



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติ
ด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และ คณะ

30 มิถุนายน 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติ
ด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า

(Determination of ammonium remainder in natural rubber latex
using a conductivity technique)

คณะวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี
นายฐณณณ สมานธิ

สังกัด

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ การพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปของผู้บริหาร
(Executive Summary)

ชื่อโครงการ: การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า

(Determination of ammonium remaining in natural rubber latex using a conductivity technique)

หัวหน้าโครงการ หน่วยงานที่สังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล : ศศ. เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรัมย์

หน่วยงาน : ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

ที่อยู่ : 181 ถนนเจริญประดิษฐ์ อ.เมือง จ. ปัตตานี

โทรศัพท์/โทรสาร : 073 312213 / 073 331099

E-mail : ksaovane@bunga.pn.psu.ac.th

นักศึกษาวิจัย : นายฐณณ สมาน

ระยะเวลาดำเนินงาน 10 เดือน

ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2550 ถึง 30 มิถุนายน 2551

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

สารละลายแอมโมเนียที่ใช้เก็บรักษาน้ำยาง ส่วนหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวในน้ำยาง เกิดเป็นสบู่แอมโมเนียม จะช่วยเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยาง กรณีที่ความเสถียรของน้ำยางไม่เพียงพอ ผู้ผลิตก็จะเติม สบู่เพิ่มลงไป ในน้ำยางอีก หากมีสบู่ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดฟองยาง มีปัญหาในการทำผลิตภัณฑ์ ทำนอง เดียวกัน แอมโมเนียที่มีในน้ำยางมาก ทำให้น้ำยางมีความเสถียรจนเกินไป ควบคุมความหนาของแผ่นยางบนแบบ ชุบยาก ดังนั้นการตรวจหาปริมาณสบู่และแอมโมเนียที่มีอยู่จริงในน้ำยางก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตจริงจึงมี ความสำคัญ ผู้ผลิตน้ำยางขึ้นและใช้น้ำยางธรรมชาติทำผลิตภัณฑ์ที่สามารถตรวจสอบสมบัติของน้ำยางดังกล่าว เพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำยาง และ เพื่อลดปัญหาการผลิตได้

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำ ไฟฟ้า

ผลการดำเนินงาน

การตรวจหาปริมาณสบู่ และแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางโดยใช้เทคนิคการไทเทรตร่วมกับการวัด การนำไฟฟ้า ตามขั้นตอนที่ได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรเลขที่ 103783 คือ นำตัวอย่างน้ำยางธรรมชาติมาเจือจางด้วยน้ำ ใช้ สบู่ที่ไม่มีประจุ เพื่อรักษาความเสถียรน้ำยาง ใช้สารไอโซโพรพานอล เพื่อสกัดและแขวนลอยสบู่ให้อยู่ในรูป

สารละลายของผสม ใช้กรดเกลือ เพื่อปรับเปลี่ยนสบู่มิอยู่ในน้ำยางให้เป็นกรดไขมันอิสระ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายด่างร่วมกับการวัดค่าการนำไฟฟ้า คำนวณปริมาณสบู่มิและแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง ที่มีอยู่ในน้ำยางจากการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในช่วงที่ 2 และ 3 ของการไทเทรตด้วยด่าง ตามลำดับ

ศึกษาปริมาณสารและ ลักษณะกราฟการนำไฟฟ้าของสารละลายผสมที่ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่างความเข้มข้น 0.02 โมล/ลิตร โดยใช้สารตัวอย่างผสมที่ประกอบด้วย แอมโมเนียมคลอไรด์ หรือสบู่มิหรือผสมสารละลายแอมโมเนีย ตรวจสอบโดยใช้เทคนิคเดียวกับการตรวจหาปริมาณสบู่มิในน้ำยางที่ได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรแล้ว พบว่า สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ตรวจพบมีความคลาดเคลื่อน 0.01% ส่วนสารตัวอย่างผสมที่ประกอบด้วย สบู่มิและสารละลายแอมโมเนียไม่มีน้ำยาง (blank) ผสมอยู่ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปมีลักษณะกราฟทำนองเดียวกับกราฟการตรวจหาปริมาณสบู่มิในน้ำยาง หลังการตรวจสอบปริมาณของสบู่มิและสารละลายแอมโมเนียในสารละลายผสม พบว่าปริมาณของสบู่มิและ สารละลายแอมโมเนีย มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.03% และ 0.02% ตามลำดับ

จากกราฟการไทเทรตสารผสมด้วยสารละลายมาตรฐานต่าง ปริมาตรของด่างที่ใช้ช่วงที่ไทเทรตมีลักษณะความลาดชันของการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป จะเป็นช่วงปริมาตรของด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารที่มีอยู่ในของผสมตรวจหาจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดปฏิกิริยาโดยด้วยวิธีการลากเส้นความลาดชันของค่าการนำไฟฟ้า 2 เส้นมาตัดกันตรงตำแหน่งของจุดตัด ลากเส้นตั้งฉากมาตัดกับแนวแกน X ตรงจุดตัดแกน X จะเป็นค่าปริมาตรของด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับสารตัวอย่างในของผสม ได้แก่ อีออนของกรดแก่ กรดไขมันอิสระที่เป็นองค์ประกอบของสบู่มิและแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในสารละลายผสมตามลำดับ

เก็บตัวอย่างน้ำยางจากสวนยางพาราในเขตอำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี และจากโรงงานในอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี นำมาตรวจสอบสมบัติพื้นฐาน ตามมาตรฐาน ASTM D1076 ได้แก่ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC), ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC), ค่าอัลคาไลน์ตี (Alkalinity), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (Electro Conductivity, EC) ของน้ำยางสด (FL) และน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA)

ตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า ทำตามขั้นตอนการตรวจหาปริมาณสบู่มิ โดยการแปรชนิดของน้ำยางที่ทดสอบ คือ น้ำยางสด และ น้ำยางข้น LA ปรับความเข้มข้นเท่ากับ 5, 10, 15, 20 และ 30% ใช้น้ำหนักที่เจือจางแล้ว 8 กรัม จะมีปริมาณเนื้อยางแห้งแตกต่างกัน คือ 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.4 กรัม ตามลำดับ พบว่าน้ำยางเจือจางความเข้มข้นต่ำกว่า 30% มีค่าความเที่ยงตรงสูง (> 90%) อย่างไรก็ตาม เมื่อความเข้มข้นของน้ำยางมากขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักเนื้อยางแห้งมีค่ามากด้วย ต้องใช้ปริมาตรของด่างและเวลาในการไทเทรตนาน ดังนั้นในการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง จะเลือกใช้น้ำยางที่เจือจาง 15% แปรน้ำหนักน้ำยางเจือจางอยู่ในช่วง 2-15 กรัม

น้ำยางข้น (LA) เจือจาง DRC = 15% แปรน้ำหนัก 4, 8, 10 และ 15 กรัม นำมาไทเทรตด้วยสารละลายด่างและวัดค่าการนำไฟฟ้า สามารถตรวจพบปริมาณสบู่มิและแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สบู่มิมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.21-1.35% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04-0.07 มีความเที่ยงตรง

มากกว่า 90% ส่วนแอมโมเนียมอิสระมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.25-0.27% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.02 และมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 89% โดยค่าเฉลี่ยปริมาณสบู่และแอมโมเนียมอิสระ ในน้ำยางข้นอาจมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บน้ำยาง และพบว่าน้ำยางจะมีสบู่ปริมาณสูงขึ้น และแอมโมเนียมที่เหลือจะมีปริมาณลดต่ำลง

น้ำยางสด (FL) ที่ใช้ทดสอบปริมาณน้อย (2 กรัม) มีผลทำให้สบู่และแอมโมเนียมอิสระที่ตรวจพบ มีค่าความเที่ยงตรงต่ำกว่า 85% หากใช้น้ำยางที่มีปริมาณน้อยอย่างแท้จริง 15 % น้ำหนักช่วง 4-12 กรัม พบว่าปริมาณสบู่แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนียม ที่ตรวจพบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ มีความน่าเชื่อถือ มีความเที่ยงตรงสูง (> 90%) แต่การใช้น้ำหนักน้ำยางปริมาณมาก จะต้องใช้สารละลายต่าง ปริมาณมากด้วย ทำให้เสียเวลาในการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้าเพื่อให้ถึงจุดเปลี่ยนเว้า ดังนั้น น้ำยางที่เจือจาง 15% DRC น้ำหนัก 4-8 กรัม เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

น้ำยางสดเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4 และ 0.6% นำมาตรวจสอบค่าอัลคาไลน์ดี แอมโมเนียม สบู่ และแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง ที่ระยะเวลาเก็บน้ำยาง 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน พบว่า ค่าอัลคาไลน์ดี มีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางไว้ โดยค่าอัลคาไลน์ดีในน้ำยาง จะเป็นค่าที่แสดงปริมาณของด่างที่รวมอออนที่มีประจุลบทั้งหมด โดยรวมถึงประจุลบของสบู่ที่แตกตัวในน้ำยางด้วย แต่ไม่รวมอออนของแอมโมเนียมส่วนที่เปลี่ยนไปอยู่รูปของเกลือแอมโมเนียม หรือแอมโมเนียมอิสระที่มีประจุบวก

น้ำยางสดเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย เป็นเวลา 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน จะมีสบู่ปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บน้ำยางไว้แล้วจะมีปริมาณลดน้อยลงหลังการเก็บน้ำยางไว้ (เช่น > 15 วัน) การเก็บน้ำยางไว้แล้วแอมโมเนียมในน้ำยางมีปริมาณลดน้อยลงและมีกรดเกิดขึ้นในน้ำยาง สบู่บางส่วนจะเกิดการตกตะกอน สูญเสียสภาพไป ส่งผลให้สบู่ในน้ำยางมีปริมาณลดลง แต่ปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยางคงมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากสบู่แอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางและแอมโมเนียมที่เกิดจากกรดที่ระเหยง่ายเกิดขึ้นในน้ำยางที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น

ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง ($\text{NH}_4^+_{\text{total}}$) ตรวจสอบด้วยวิธีการเดียวกับการตรวจหาปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียมที่ละลายในน้ำยางและแอมโมเนียมที่ระเหยได้ในขณะนั้นได้ถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นเกลือแอมโมเนียม ซึ่งไม่ระเหย แต่ละลายน้ำได้ 100% โดยปริมาตรของด่างที่ตรวจวัดในช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ของการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า จะเป็นจำนวนโมลของด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระของสบู่และแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำยาง ($\text{NH}_4^+_{\text{total}}$) ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่จริง ($\text{NH}_4^+_{\text{actual}}$) ในน้ำยาง สามารถหาได้จากการปริมาณ แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด ($\text{NH}_4^+_{\text{total}}$) ลบด้วยปริมาณแอมโมเนียมที่ตรวจวัดด้วยวิธีการหาค่า KOH number ($\text{NH}_4^+_{\text{KOH}}$) ดังสมการ

$$(\text{NH}_4^+_{\text{actual}}) = (\text{NH}_4^+_{\text{total}}) - (\text{NH}_4^+_{\text{KOH}})$$

สรุปผลการวิจัย

แอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติสามารถตรวจวัดได้ด้วยเทคนิคการนำไฟฟ้า ด้วยการเปลี่ยนปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำยางให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ทำให้แอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางไม่สามารถระเหยออกไปอีก โดยน้ำยางธรรมชาติที่ใช้จะนำมาเจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 15% น้ำหนักน้ำยางช่วงที่ใช้ตรวจสอบที่เหมาะสม คือ 4-8 กรัม สามารถตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ได้ค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 90% ซึ่งเทคนิคนี้สามารถตรวจสอบปริมาณสบู่และแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางพร้อมกัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถควบคุมคุณภาพของน้ำยางในระหว่างการผลิตได้ง่ายขึ้น

ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของน้ำยางที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางไว้
- ศึกษาสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้ากับปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง และกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้น รวมทั้งปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นจากการเก็บน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง

ผลงานวิชาการ

เผยแพร่ผลงานในรูปแบบโปสเตอร์และบทความผลงานวิจัย ในงานประชุมวิชาการ จัดโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

บทคัดย่อ

น้ำยางธรรมชาติมักจะใส่แอมโมเนียในการเก็บรักษา แอมโมเนียที่ใส่ลงไปนั้นจะอยู่ในรูปสารระเหย และส่วนหนึ่งจะละลายในน้ำยาง ส่วนที่เป็นสารระเหยอาจจะเหวี่ยงออกไประหว่างการเก็บ และส่วนที่อยู่ในน้ำยางจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำยาง ในที่สุดจะเปลี่ยนรูปเป็นเกลือแอมโมเนียม ดังนั้นการเปลี่ยนแอมโมเนียที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำยางให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม ซึ่งไม่ระเหยและสามารถละลายในน้ำ เป็นแอมโมเนียมอิสระ $[\text{NH}_4^+]$ ที่มีประจุบวก แล้วตรวจสอบปริมาณของแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยวิธีการไทเทรตร่วมกับวัดการนำไฟฟ้า จึงน่าสนใจ การทดลองนี้จะเก็บตัวอย่างน้ำยางจากพื้นที่จังหวัดปัตตานี ตรวจสอบสมบัติทั่วไปตามมาตรฐาน ASTM D1076 ปรับน้ำยางให้เจือจางมีเนื้อเยื่อต่าง ๆ น้ำยางที่เจือจางแล้วน้ำหนักปริมาณต่าง ๆ มาตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำยางโดยใช้เทคนิคการไทเทรตร่วมกับวัดการนำไฟฟ้า ปริมาตรของค่าที่ใช้ในช่วงที่ 3 ของค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป จะเป็นปริมาตรของค่าที่ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง รวมทั้งตรวจสอบปริมาณแอมโมเนีย จำนวนโปตัสเซียม สบู่ และ แอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางระหว่างการเก็บไว้ 1 เดือน

Abstract

Natural rubber latex is usually preserved with ammonia. Added ammonia is generally presented as gassy state and dissolved in latex. Some ammonia might be evaporated during storage. Ammonia in aqueous phases leads to hydrolysis of proteins and phospholipids and finally is transformed to ammonium. All presented ammonia in latex was therefore changed to ammonium salt which was dissolved in latex as ammonium ion $[\text{NH}_4^+]$. Determination of ammonium remaining in natural rubber latex using a conductivity technique is interested. In this work, fresh natural rubber latex and low ammonia concentrated latex were collected from local area in Pattani province. General latex properties were investigated following ASTM D1076 standard. The latex was diluted to different concentrations. Difference in weight of dilution latex was used for determination of total ammonium ion using titration technique together with conductometric method. Added volume of standard alkaline during titration in the third part of conductivity titration measurement was equivalent to the total free ammonium in latex. During storage of latex for one month, the alkalinity, KOH number, soap content and total ammonium remainder in natural rubber latex were investigated.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปของผู้บริหาร	i
บทคัดย่อ	v
Abstract	v
สารบัญ	vi
สารบัญ รูปภาพ	viii
สารบัญ ตาราง	ix
เนื้อหาวิจัย	
1. ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	1
2. วัตถุประสงค์	1
3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง	1
4. วิธีการ	
4.1 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมในสารละลาย Blank	3
4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำยาง และตรวจสอบสมบัติทั่วไป	3
4.3 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติ	3
4.4 การตรวจหาความเป็นด่าง ในน้ำยาง	4
4.5 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยาง	4
5 ผลการวิจัย	
5.1 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรต	5
5.2. เทคนิคและการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในสารละลาย Blank	6
5.2.1 การตรวจสอบปริมาณสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์	6
5.2.2 การตรวจสอบความเข้มข้นสบู่อลเรต	10
5.2.3 การตรวจสอบความเข้มข้นสบู่อลเรต และแอมโมเนียมอิสระ	11
5.3 การตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง	13
5.3.1 สมบัติพื้นฐานของน้ำยาง	13
5.3.2 เทคนิคการตรวจหาปริมาณสบู่อลเรตและแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง	14
5.3.3 การปรับปริมาณเนื้อยางแห้งน้ำยางให้เหมาะสม	15
1) การเจือจางน้ำยางขึ้น LA	15
2) การแปรน้ำหนักร้อยขึ้น LA	17
3) การแปรน้ำหนักร้อยสด	19

5.4 การตรวจหาความเป็นด่างในน้ำยาง	22
5.5 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียม ในน้ำยาง	23
5.6 ติดตามความสัมพันธ์ของการวัดปริมาณแอมโมเนียมอิสระกับค่า KOH Number และ อัลคาไลน์ตี	24
5.6.1 แอมโมเนียมอิสระกับค่า KOH Number และ อัลคาไลน์ตี	24
5.6.2 สบู่แอมโมเนียมอิสระ และ อัลคาไลน์ตี	27
5.6.3 แอมโมเนียมอิสระรูปแบบต่างๆ และค่าอัลคาไลน์ตีในน้ำยาง	30
6. สรุป	32
7. ข้อเสนอแนะ	32
8. เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	35

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ปริมาณ 10 และ 30 กรัม ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่าง	6
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าและ pH ของสารละลายผสมต่อปริมาณต่างที่ใช้ไทเทรต	6
รูปที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้า และ pH ของสารละลายสบู่ เมื่อไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่าง	10
รูปที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า และ pH ของสารผสมสบู่ลอเรต กับสารละลายแอมโมเนีย ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่าง	11
รูปที่ 5 การลากเส้นความลาดชันเพื่อหาปริมาณต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระ และแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง	14
รูปที่ 6 การไทเทรตและตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาง LA แปรความเข้มข้นต่างๆ (5%-30%) โดยใช้น้ำยาง 8 กรัม	15
รูปที่ 7 ความเที่ยงตรงของการตรวจวัดปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนีย ของน้ำยางข้น LA ที่แปรปริมาณเนื้อยางแห้งต่างๆ	16
รูปที่ 8 เปรียบเทียบลักษณะการนำไฟฟ้าของน้ำยางข้นเจือจาง 15%DRC แปรน้ำหนักปริมาณต่างๆ ไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน	17
รูปที่ 9 ปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนีย ของน้ำยางข้น LA เจือจาง 15% DRC โดยแปรน้ำหนักน้ำยางต่างๆ	18
รูปที่ 10 เปรียบเทียบความเที่ยงตรงของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียของน้ำยางข้น ที่เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักต่างๆ	18
รูปที่ 11 เปรียบเทียบลักษณะการนำไฟฟ้าของน้ำยางสดเจือจาง 15%DRC แปรน้ำหนักปริมาณต่างๆ ไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน	19
รูปที่ 12 ปริมาณสบู่ แอมโมเนียม และ แอมโมเนีย ของน้ำยางสดเจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักน้ำยางต่างๆ	20
รูปที่ 13 เปรียบเทียบความเที่ยงตรง ของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียของน้ำยางสด ที่เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักต่างๆ	21
รูปที่ 14 ค่า Alkalinity ของน้ำยางสดเก็บรักษาด้วย 0.4 % และ 0.6% NH_3 ในระยะเวลาต่างๆ	22
รูปที่ 15 จำนวนโปรตีนเชื่อมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ	23
รูปที่ 16 เปรียบเทียบ จำนวนโปรตีนเชื่อมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมอิสระ ในน้ำยาง ที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ	24

รูปที่ 17 จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียมอิสระ และ ค่าอัลคาไลน์ดี ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	24
รูปที่ 18 จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียม และค่าอัลคาไลน์ดีในน้ำยาง ที่เก็บรักษาด้วย 0.6%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	25
รูปที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณสบู ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และ อัลคาไลน์ดี ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.4%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	27
รูปที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณสบู ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และ อัลคาไลน์ดี ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.6%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	27
รูปที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณ สบู ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีรูปแบบต่างๆ และอัลคาไลน์ดี ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.4%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	31
รูปที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณสบู ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีรูปแบบต่างๆ และอัลคาไลน์ดี ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.6%NH ₃ ที่ระยะเวลาต่างๆ	31

สารบัญ ตาราง

ตารางที่ 1 การนำไฟฟ้าของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรตวัดการนำไฟฟ้า	5
ตารางที่ 2 การหาปริมาณสบูลอเรตในของผสมสบูลอเรต และแอมโมเนีย	12
ตารางที่ 3 การหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียในของผสม	12
ตารางที่ 4 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง	13
ตารางที่ 5 ปริมาณสบู แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนีย ของน้ำยางชั้น LA ที่แปรปริมาณเนื้อยางแห้งต่างๆ	15
ตารางที่ 6 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง LA ที่ปรับความเข้มข้นและน้ำหนักที่ทดสอบต่างๆ กัน	17
ตารางที่ 7 ค่าปริมาณสบู แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนีย ของน้ำยางสดเจือจาง 15% DRC แปร น้ำหนักน้ำยาง 2, 4, 8 และ 12 กรัม	

เนื้อหาวิจัย

1. ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

น้ำยางสดหลังการกรีดจากต้นยางจะคงสภาพอยู่ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการสูญเสียสภาพ จึงมีการใส่แอมโมเนีย เพื่อทำให้น้ำยางธรรมชาติมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยแอมโมเนียประมาณ 0.2 % สามารถเก็บรักษาน้ำยางได้ในระยะเวลาดสั้น ถ้าต้องการเก็บรักษาน้ำยางไว้นานต้องใส่สารเพิ่มความเสถียรอื่นเพิ่มลงไป หรือใส่แอมโมเนียในปริมาณสูงถึง 0.7 % โดยแอมโมเนียและสบู่ มีผลต่อสมบัติของน้ำยางธรรมชาติอย่างมาก ในระหว่างการเก็บน้ำยาง แอมโมเนียส่วนหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวในน้ำยาง เกิดเป็นสบู่แอมโมเนียม ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความเสถียรแก่น้ำยาง กรณีที่ความเสถียรของน้ำยางไม่เพียงพอ ผู้ผลิตก็จะเติมสบู่เพิ่มลงไป ในน้ำยางอีก หากมีสบู่ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดฟองยาง ผลิตภัณฑ์ยางเกิดรูรั่วได้ ทำนองเดียวกันแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางจะเพิ่มความเสถียรให้น้ำยาง หากมีปริมาณแอมโมเนียมากเกินไป น้ำยางจะมีความเสถียรจนเกินไป ความหนาของแผ่นยางบนแบบชุบจะบาง ดังนั้นในการตรวจหาปริมาณสบู่และแอมโมเนียที่มีอยู่จริงในน้ำยางก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตจึงมีความสำคัญ ผู้ผลิตน้ำยางขึ้นและใช้น้ำยางธรรมชาติในการทำผลิตภัณฑ์ยางจึงได้หาวิธีการตรวจสอบสมบัติของน้ำยางดังกล่าว เพื่อควบคุมคุณภาพของน้ำยาง และเพื่อลดปัญหาการผลิต

ผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคการตรวจหาปริมาณสบู่ในน้ำยางด้วยวิธีการไทเทรตร่วมกับการวัดค่าการนำไฟฟ้า มีความเห็นว่า น่าจะสามารถต่อยอดการทดลองออกไปอีก โดยการใช้เทคนิควิธีการเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่จริงทั้งหมดในน้ำยางก่อนนำมาใช้ในการผลิต ซึ่งจะสะดวก รวดเร็ว ไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเลย แต่ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่ายขึ้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า

3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

น้ำยางธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นน้ำยางสดหรือน้ำยางข้น จะใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยาง เพื่อให้ให้น้ำยางธรรมชาติมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โรงงานที่ผลิตน้ำยางข้น จะใช้วิธีการผลิตโดยการปั่นด้วยเครื่องที่หมุนด้วยความเร็วสูง เพื่อแยกส่วนของเหลวที่เป็นน้ำที่มีปริมาณมาก (60-70%) ออกไป ทำให้ได้น้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งไม่น้อยกว่า 60% โดยโรงงานที่ผลิตน้ำยางข้นจะใส่แอมโมเนียเพื่อเก็บรักษาน้ำยาง ซึ่งอาจมีแอมโมเนียสูงถึง 0.7% (HA-latex) หรือแอมโมเนียต่ำ (LA latex)

สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางที่เป็นด่าง เช่น แอมโมเนียในปริมาณมากพอที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง ทำให้เกิดสบู่ขึ้นเองตามธรรมชาติในน้ำยาง เสาวนีย์ และคณะ (2550) ได้ศึกษาปริมาณสบู่ในน้ำยาง 3 ชนิด คือ

น้ำยางสด (FL), น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA) และน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4%, 0.2% และ 0.7% ตามลำดับ พบว่าน้ำยางจะมีสนับเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเรียงตามลำดับตามปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง คือ $HA > FL > LA$

แอมโมเนียที่ใส่ลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาสภาพน้ำยาง ส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของแอมโมเนียม ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของน้ำยาง โดยแอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยางจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีนและไขมันฟอสโฟไลปิกที่ผิวของอนุภาคยาง โดยสารพวกโปรตีนจะแตกตัวให้พอลิเปปไทด์กับกรดอะมิโน และฟอสโฟไลปิกจะแตกตัวให้สารพวกกลีเซอรอล อนุผลของกรดไขมัน อนุผลของฟอสโฟไลปิก และอนุผลของสารอินทรีย์ (วราภรณ์, 2525) โดยอนุผลที่เกิดขึ้น จะทำปฏิกิริยากับอนุผลบวกของแอมโมเนีย เกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมหรือสนับขึ้นในน้ำยาง ส่งผลให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น และค่า KOH number มีค่าเพิ่มขึ้น (บุญธรรม, 2532)

สนับ เป็นเกลือของกรดไขมันที่มีจำนวนความยาวของสายโซ่คาร์บอนตั้งแต่ 6-18 Cockbain และ Philiphot (1963) พบว่า เกลือของกรดไขมันหรือสนับมีสายโซ่ของคาร์บอน 10-12 อะตอม สามารถเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางได้ดี และสนับที่มีจำนวนคาร์บอน 12 อะตอม สามารถเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางได้ดีที่สุด โดยตรงผิวของอนุภาคยางมีการดูดซึมสนับไว้ (Pendel and Gorton, 1978) ทำให้ผิวอนุภาคยางมีประจุลบมากขึ้น เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยางเพิ่มขึ้น สนับชนิดลอเรตมีสายโซ่คาร์บอน 12 อะตอม จะลดความตึงผิวของน้ำยางทำให้เกิดฟองได้ง่าย นอกจากนี้ ภูษิต (2538) พบว่าสนับโพแทสเซียมลอเรตให้ค่า MST สูงกว่าสนับโพแทสเซียมจากน้ำมันละหุ่งเล็กน้อย เมื่อปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางเพิ่มขึ้น ค่า MST ของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับเสาวนีย์ และคณะ (2547) ได้ใส่สนับโพแทสเซียมลอเรตปริมาณต่างๆ (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1.5 และ 2.0%) ในน้ำยางชั้น LA พบว่า MST และการนำไฟฟ้าในน้ำยาง (Electrical conductivity) มีค่าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณสนับที่เพิ่มขึ้น

สนับที่มีปริมาณมากเกินไป เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาในระหว่างกระบวนการผลิต มีการศึกษาตรวจหาปริมาณสนับในน้ำยางมานานแล้ว (Maron, et al. 1949) ในปี พ.ศ. 2546 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยได้ให้ทุนสนับสนุนแก่เสาวนีย์ และคณะ (2550) เพื่อศึกษาวิธีการตรวจหาปริมาณสนับในน้ำยางธรรมชาติ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการไทเทรตร่วมกับการวัดค่าการนำไฟฟ้าสามารถตรวจหาปริมาณสนับในน้ำยางได้ ต่อมาได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการหาปริมาณสนับ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำยางที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหาปริมาณสนับคือ 15% DRC และน้ำหนักที่เหมาะสม คือ 2-10 กรัม และสารเพิ่มความเสถียร Emulwin W, Lutensol TO 8, Lutensol XL 80 และ Terric N 30 สามารถใช้เป็นสารเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางได้

ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเทคนิคการตรวจหาปริมาณสนับในน้ำยางด้วยวิธีการไทเทรตร่วมกับการวัดค่าการนำไฟฟ้าจะสามารถต่อยอดออกไปอีก เพื่อหาปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่จริงในน้ำยาง ซึ่งในวิธีการนี้แอมโมเนียที่มีอยู่จริงจะถูกเปลี่ยนให้อยู่รูปของแอมโมเนียมอิสระที่มีประจุบวก ดังนั้นในขณะที่ทำการไทเทรตด้วยด่าง และติดตามวัดค่าการนำไฟฟ้า จะสามารถหาปริมาณของสนับ และแอมโมเนียที่มีอยู่จริงในน้ำยางได้ ทำให้ทราบปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่จริงในรูปของแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางก่อนนำมาใช้ในการผลิต ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของการผลิตได้ง่ายยิ่งขึ้น และผลิตภัณฑ์ยังเกิดการสูญเสียน้อยลง โดยวิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ใช้เวลาในการตรวจสอบไม่นาน

4. วิธีการ

4.1 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมในสารละลาย Blank

1) เตรียมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.02 โมล/ลิตร

- ตรวจสอบความเข้มข้นสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

โดยใช้เทคนิคการไทเทรตวัดการนำไฟฟ้า และการไทเทรตย้อนกลับ

ใช้สารตัวอย่าง 10.0 และ 30.0 กรัม

2) เตรียมสารละลายสบู (แอมโมเนียมลอเรต) ความเข้มข้น 2 %

- ตรวจสอบความเข้มข้นแอมโมเนียมลอเรต

โดยใช้เทคนิคการไทเทรตและวัดการนำไฟฟ้า

ใช้สารตัวอย่างสารละลายสบู 4.0 กรัม

3) ตรวจหาปริมาณสบูและแอมโมเนียม ในสารละลาย Blank โดยเทคนิคการไทเทรตวัดการนำไฟฟ้า และการไทเทรตย้อนกลับ

- ใช้สารตัวอย่าง สารละลายแอมโมเนีย: สบู = 1 : 2 โดยน้ำหนัก

วิธีการทดลองตรวจสอบปริมาณสบูและแอมโมเนียมทำตามขั้นตอนการตรวจหาปริมาณสบูที่ได้ยื่นจดสิทธิบัตร เลขที่ 103783 *

หมายเหตุ * วิธีการทดลองโดยย่อ คือ นำสารตัวอย่างมา เจือจางด้วยน้ำกลั่น และใส่สารเพิ่มความเสถียร (20% อัลคิล อะริล พอลิไกลคอล อีเทอร์) สารแอลกอฮอล์ และ กรดเกลือ แล้วนำมาไทเทรตแบบย้อนกลับด้วย NaOH ร่วมกับการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductometric Titration)

วิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยใช้หัวจุ่ม (Probe) เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Conductometer) ชนิดที่ตรวจวัดความถูกต้องอัตโนมัติ (auto-calibration) ที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว จุ่มลงในสารตัวอย่าง แล้วอ่านค่าจากหน้าปัดเครื่องวัดการนำไฟฟ้า

4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำยาง และตรวจสอบสมบัติทั่วไป

เก็บตัวอย่างน้ำยางจากสวนยางพาราในเขตอำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี และจากโรงงานในอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ตรวจสอบสมบัติพื้นฐาน ตามมาตรฐาน ASTM D1076 ได้แก่ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC), ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC), ความเป็นด่างหรืออัลคาไลน์ตี (Alkalinity), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (Electro Conductivity, EC) ของน้ำยางสด (FL) และน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA)

4.3 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติ

โดยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า ทำตามขั้นตอนการตรวจหาปริมาณสบู

1) แปรชนิดของน้ำยางที่ทดสอบ คือ น้ำยางสด และ น้ำยางข้น LA

2) ปรับความเข้มข้นน้ำยางข้น 5, 10, 15, 20 และ 30%

- ใช้น้ำหนักที่เจือจางแล้ว 8 กรัม

(จะมีปริมาณเนื้อยางจริงในน้ำยางตัวอย่างที่ทดสอบแตกต่างกัน)

- 3) แปรน้ำหนักน้ำยางที่เจือจาง (DRC = 15%) ใช้น้ำหนัก 2, 4, 8, 10, 12 และ 15 กรัม
 - น้ำยางข้นเจือจาง ใช้น้ำหนัก 4, 8, 10 และ 15 กรัม
 - น้ำยางสดเจือจาง ใช้น้ำหนัก 2, 4, 8 และ 12 กรัม
- 4) แปรระยะเวลาเก็บน้ำยาง 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน

4.4 การตรวจหาความเป็นด่างในน้ำยาง

ปริมาณด่างหรืออัลคาไลน์ดี ตรวจสอบตามมาตรฐาน ASTM D1076 โดยใช้ น้ำยาง 5 ถึง 10 กรัม ทำการไทเทรตด้วยกรดเกลือมาตรฐาน มี methyl red เป็นอินดิเคเตอร์)

การคำนวณ Alkalinity, % = $1.7 \times N \times V / m$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน, นอร์มัล
 V = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้, มิลลิลิตร
 m = น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้, กรัม

4.5 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยาง

ปริมาณเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง จะตรวจวัดเป็นตัวเลขจำนวนกรัมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ที่จำเป็นที่จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมในน้ำยางที่มีของแข็งอยู่ 100 กรัม ตรวจสอบค่า KOH number ตามมาตรฐาน BS 6057-3.5. 1996 มีวิธีการโดยย่อดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักน้ำยางที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ให้มีปริมาณของแข็งประมาณ 50 กรัม
 น้ำหนักน้ำยางที่ใช้, W กรัม = $50 \times 100 / TS$ กรัม
2. ปรับแอมโมเนียในน้ำยาง (A) ให้ได้เท่ากับ 0.5% ในส่วนของน้ำ
 โดยการเติม 5% ฟอสฟอรัส (F) ลงไปในน้ำยาง = $W(100-TS)(A-0.5) / 189$ มิลลิลิตร
3. เติมน้ำลงไปเพื่อปรับให้มีปริมาณของแข็ง 30 %
 กรณีน้ำยางข้น 60% (หนัก W กรัม) มีปริมาณของแข็ง 50 กรัม
 ต้องเติมน้ำลงไปจนมีปริมาตร = $166.7/2 \times 60/30 = 166.7$ กรัม
 ดังนั้น ปริมาณของน้ำที่เติมน้ำลงไปนี้ = $166.7 - W - F$ กรัม
4. นำมาไทเทรต ด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.5 N KOH
5. จดบันทึกค่า pH (หลังตั้งทิ้งไว้ 10 วินาที) ทุกครั้งที่เติมสารละลาย 0.5 N KOH ครั้งละ 1 มิลลิลิตร จนกระทั่งค่า pH ของน้ำยางผ่านจุดเปลี่ยนแล้ว

คำนวณ KOH No. = $(N \times V \times 561) / (TS \times W)$ กรัม

เมื่อ N = ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน, นอร์มัล
 V = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้, มิลลิลิตร
 TS = ปริมาณของแข็งทั้งหมด, %
 W = น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้, กรัม

5. ผลการวิจัย

5.1 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรต

น้ำยางสด เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4% และ 0.6% (FL-4N และ FL-6N) น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2% (LA) และสารเคมีที่ใช้หาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยเทคนิคการไทเทรตร่วมกับวัดค่าการนำไฟฟ้า มีค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง (27.5°C) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การนำไฟฟ้าของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรตวัดการนำไฟฟ้า

สารเคมี	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}$) *
FL-4N	5.21×10^3
FL-6N	5.47×10^3
LA	5.14×10^3
Isopropanol	0.1
20% Emulwin W	17.8
0.100 N HCl	39.8×10^3
0.023 N NaOH	4.95×10^3
น้ำที่ไม่มีประจุ	1.2

* ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) เป็นค่าที่แสดงถึง ความสามารถที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารตัวอย่าง มีหน่วยวัด คือ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SI unit) ย่อมาจาก micro siemens cm^{-1} มีค่าเท่ากับ micro mho cm^{-1}

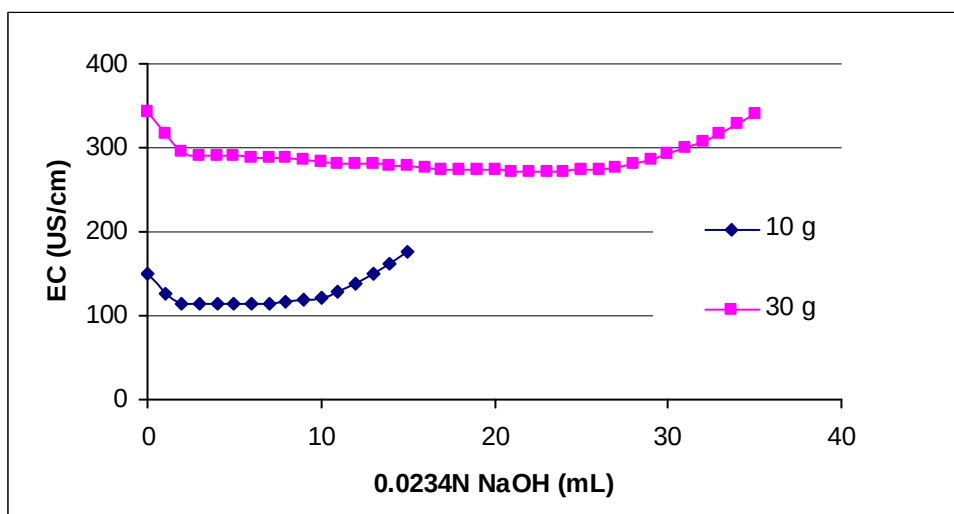
$$(\text{mho} = \text{ohm}^{-1} = \Omega^{-1} = \text{S} = \text{Siemens})$$

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าน้ำยางสด มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า น้ำยางข้น (LA) เนื่องจากน้ำยางสดมีสิ่งเจือปนที่มีประจุไฟฟ้า ได้แก่ อีออนของโลหะ โปรตีน ไขมัน แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น รวมทั้งมีสารละลายแอมโมเนียที่เติมลงไป และมีสบู่ออกฤทธิ์ตามธรรมชาติในน้ำยางด้วย โดยน้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.6% (FL-6N) จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4% (FL-4N) สารแอลกอฮอล์ชนิด Isopropanol ที่ใช้สกัดหรือละลายสบูในน้ำยาง มีการนำไฟฟ้าน้อยมาก หากใส่ปริมาณมากในของผสมน้ำยาง มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของผสมลดลงได้ สาร Emulwin W เจือจางความเข้มข้น 20% มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 17.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ใช้เพื่อเพิ่มความเสถียร ป้องกันน้ำยางจับตัว สารที่ใช้ปรับสภาพความเป็นกรดที่ใช้คือ 0.1 N HCl มีค่าการนำไฟฟ้า $39.8 \times 10^3 \mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง ค่าการนำไฟฟ้านี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย ค่าสมมูลการนำไฟฟ้าของ HCl (Equivalent Ionic Conductances in Aqueous Solution) มีค่า H^+ และ Cl^- ในของเหลวเท่ากับ 350 และ 76 micromhos/cm. ตามลำดับ (Hobart et al, 1974) ส่วน NaOH เป็นด่างแก่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นกับความเข้มข้นเช่นเดียวกับกรดเกลือ สามารถแตกตัว 100% ในน้ำ มีค่าสมมูลการนำไฟฟ้าของประจุ Na^+ และ OH^- เท่ากับ 50 และ 198 micromhos/cm. ตามลำดับ สำหรับน้ำกลั่นมาใหม่ๆ ไม่มีประจุ แต่เมื่อเก็บไว้ระยะหนึ่ง โมเลกุลของน้ำบางส่วนจะเกิดการแตกตัวของประจุได้ H^+ และ OH^- มีค่าการนำไฟฟ้าเกิดขึ้นเล็กน้อย เช่น วัดค่าการนำไฟฟ้าได้ 1.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้น้ำชนิดที่ไม่มีประจุ ซึ่งมีกระบวนการผลิตจากการใช้เม็ดยับคาร์บอน เม็ดยับเรซิน เพื่อทำการกำจัดประจุที่มีอยู่ในน้ำ เช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} เป็นต้น)

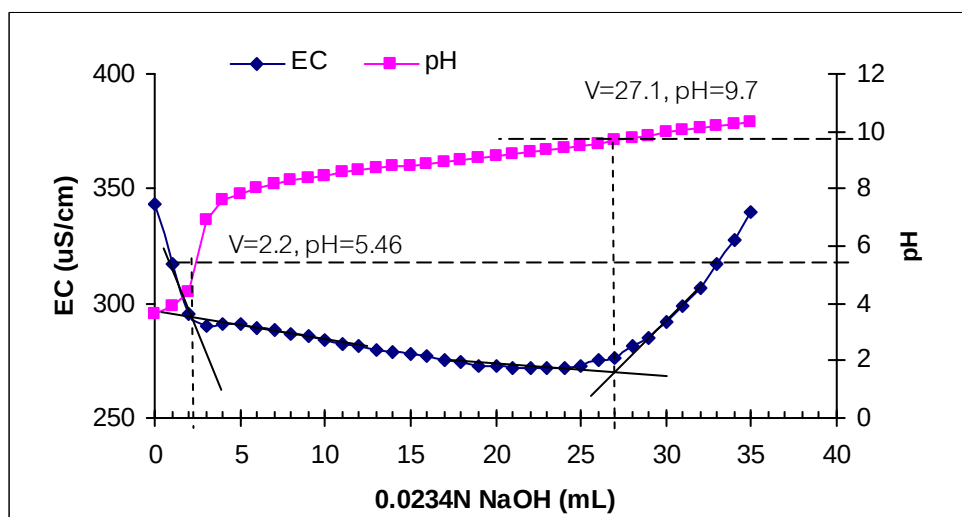
5.2. เทคนิคและการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในสารละลาย Blank

5.2.1 การตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียมในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

สารละลายตัวอย่างแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.02 โมล/ลิตร นำสารตัวอย่างนี้มา 10.0 และ 30.0 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ใส่สารเพิ่มความเสถียร แอลกอฮอล์ และใส่กรดเกลือเพื่อปรับ pH ให้ < 4 แล้วนำมาไทเทรตย้อนกลับด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.02 โมล/ลิตร ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป ลักษณะการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนค่าการนำไฟฟ้า pH และวิธีการตรวจวัดค่าปริมาณสารละลายต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพื่อตรวจหาปริมาณแอมโมเนียม $[\text{NH}_4^+]$ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 2

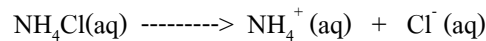


รูปที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์ปริมาณ 10 และ 30 กรัม ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานด่าง

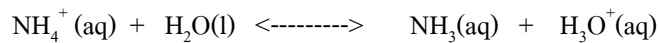


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าและ pH ของสารละลายผสมต่อปริมาณด่างที่ใช้ไทเทรต

NH_4Cl เป็นเกลือของกรดแก่ ละลายน้ำ NH_4Cl จะแตกตัว 100% เป็นอออนอิสระที่มีประจุบวกและประจุลบ ดังสมการ



NH_4^+ ที่ละลายในน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ซึ่งที่จุดสมดุลจะให้โปรตอนแก่น้ำ เกิดเป็นอออนของน้ำที่มีประจุบวก คือ H_3O^+ โดยปฏิกิริยาการไฮโดรลิซิสที่เกิดขึ้น จาก NH_4^+ ในน้ำดังสมการ



NH_4^+ ที่ระดับความเข้มข้นหนึ่งเท่านั้นที่จะทำปฏิกิริยากับน้ำ เกิดเป็นสารละลายของแอมโมเนีย คือ $\text{NH}_3(\text{aq})$ หรือ NH_4OH ทำให้ NH_4Cl ที่ละลายน้ำมีสภาพเป็นกรดอ่อน มีค่าคงที่ของการแตกตัว (K_a) เท่ากับ 5.6×10^{-10} ดังสมการค่าคงที่การแตกตัว (Raymond Chang, 2006) คือ

$$K_a = [\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{NH}_4^+] = K_w / K_b$$

แทนค่า $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ และ K_b ของ NH_3 เท่ากับ 1.8×10^{-5} (Raymond Chang, 2006)

$$K_a = 10^{-14} / 1.8 \times 10^{-5} = 5.6 \times 10^{-10}$$

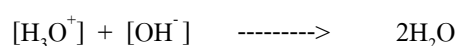
จากการทดลอง เมื่อเตรียมสารละลาย NH_4Cl โดยการชั่ง NH_4Cl ในรูปของแข็งมา 0.1070 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นที่เริ่มต้นของ NH_4Cl เท่ากับ 0.02 mol/L เมื่อละลายน้ำถึงจุดสมดุลจะมีความเข้มข้นของอนุภาครดอิสระที่แตกตัวเท่ากับ 3.32×10^{-6} และอ่านค่าจากเครื่องวัด pH ได้เท่ากับ 5.46 (ถือว่าค่า pH ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่า $\text{p}K_a = 5.48$) *

* หมายเหตุ

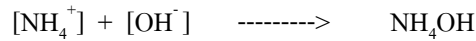
ถ้าคำนวณตามทฤษฎี NH_4Cl ความเข้มข้น 0.02 M ละลายในน้ำ จะได้ค่า $\text{p}K_a$ เท่ากับ 5.48 ดังนี้

$$\begin{aligned} K_a &= [\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{NH}_4^+] \\ 5.6 \times 10^{-10} &= (x)(x) / (0.02 - x) \\ x &= 3.32 \times 10^{-6} \\ \text{p}K_a &= -\log 3.32 \times 10^{-6} = 5.48 \end{aligned}$$

จากรูปที่ 1 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ปริมาณเพิ่มขึ้นจะมีค่านำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น การไทเทรตด้วยด่าง ช่วงแรกค่าการนำไฟฟ้าจะลดลง เนื่องจากอออนบวกของกรดเกลือ $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ที่มีปริมาณมากเกินไปพอจะทำปฏิกิริยากับด่าง $[\text{OH}^-]$ ที่เติมลงไป ได้สารที่เป็นกลาง ดังปฏิกิริยา



ต่อจากนั้นค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ตามปริมาณของเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในสารละลาย อออนบวกของกรดอ่อน $[\text{NH}_4^+]$ จะทำปฏิกิริยากับอออนลบของด่าง $[\text{OH}^-]$ ที่เติมลงไป ดังปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



หลังจาก $[\text{NH}_4^+]$ ทำปฏิกิริยาหมด ค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการนำไฟฟ้าของสารละลายต่างที่เดิมลงไป

ดังนั้น ในการคำนวณปริมาณ NH_4^+ ที่มีอยู่ จะใช้ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับ NH_4Cl ซึ่งเป็นปริมาณในช่วงที่ 2 ของการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

รูปที่ 2 การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) และ pH ที่เปลี่ยนไปในระหว่างการไทเทรตสารละลายผสมเกลือแอมโมเนียมและกรดเกลือ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายด่าง พบว่าค่า EC และ pH มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในช่วงแรกของการไทเทรต ซึ่งเป็นช่วงที่ต่างทำปฏิกิริยากับกรดเกลือที่เดิมลงไป ในสารละลายผสม ต่อจากนั้นค่า pH ของสารละลายผสมที่ได้จากการไทเทรตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน แต่ค่า EC ของสารละลายผสมจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่สองอย่างชัดเจน

ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้าต่อปริมาณด่างที่ใช้ ในรูปที่ 2 สามารถหาปริมาตรสารละลายด่างที่ใช้จากตำแหน่งจุดเปลี่ยนเว้าของค่าการนำไฟฟ้า โดยวิธีการลากเส้นความลาดชันของค่าการนำไฟฟ้า 2 เส้นตัดกันตรงตำแหน่งของจุดตัด ลากเส้นตั้งฉากมาตัดกับแนวแกน X ตรงจุดตัดแกน X จะเป็นค่าปริมาตรของด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายกรดและเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในสารละลายผสมตามลำดับ

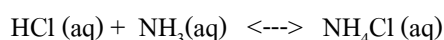
จากการเตรียมสารตัวอย่างเกลือแอมโมเนียม ด้วยการชั่งเนื้อสาร NH_4Cl มาปริมาณ 0.1070 กรัม แล้วเติมน้ำจนครบ 100 กรัม หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาน้ำหนัก 30.70 กรัม ตรวจสอบโดยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า พบว่าปริมาตรด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในช่วงที่ 2 ที่ตรวจวัดได้จากรูปที่ 2 มีปริมาตร (27.1-2.2) = 24.9 มิลลิลิตร นั่นคือ สารตัวอย่าง 0.1070% NH_4Cl ที่เตรียม นำมาไทเทรตด้วยวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า พบว่ามีเนื้อสาร NH_4Cl เท่ากับ 0.1015% คิดเป็นความผิดพลาด (0.1070-0.1015) เท่ากับ 0.0055% *

* การคำนวณ

สารละลายด่างมาตรฐานที่ใช้ทำปฏิกิริยาเท่ากับ 0.0234*24.9 มิลลิโมล

ดังนั้น NH_4Cl ที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีเท่ากับ 0.0234*24.9 มิลลิโมล หรือ 0.0234*24.9/1000 โมล/ลิตร
สารตัวอย่างที่เตรียม 0.1070% NH_4Cl ชั่งมาน้ำหนัก 30.7 กรัม และน้ำหนักโมเลกุลของ NH_4Cl =53.5
จะได้ปริมาณ NH_4Cl ที่มีอยู่จริงจากการทดลอง คือ 0.0234*24.9/1000*53.5*100/30.7 = 0.1015%

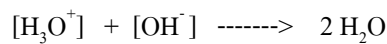
ในการทดลองนี้สารตัวอย่าง คือ NH_4Cl เมื่อนำมาละลายน้ำ จะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวก และประจุลบ สำหรับไอออนบวกของแอมโมเนียม $[\text{NH}_4^+]$ ที่ละลายในน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้สารละลาย NH_3 และ H_3O^+ เกิดขึ้น เมื่อเติมกรด HCl ปริมาณที่มากเกินไป สารละลาย NH_3 ที่มี จะทำปฏิกิริยากับ HCl จนหมด ที่จุดสมมูลจะได้ตั้งปฏิกิริยา คือ



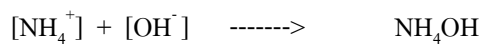


ดังนั้น หลังจากการเติมกรด HCl ปริมาณมากเกินไปในสารละลายตัวอย่าง NH_4Cl จนมี $\text{pH} < 4$ HCl จะทำปฏิกิริยากับเบส ทำให้ $\text{NH}_3(\text{aq})$ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำปฏิกิริยากับกรด HCl เกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมหมด เท่ากับเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่เดิม สารละลายผสมตัวอย่าง ในขณะนี้จะประกอบด้วย NH_4^+ , Cl^- , H_3O^+ มีสภาพเป็นกรด

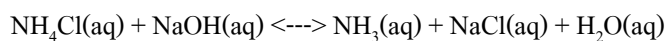
จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่มีสภาพเป็นกรด มาไทเทรตย้อนกลับด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.02 mol/L โดยอนุมูลอิสระประจุบวก คือ H_3O^+ ที่มาจากการเติมกรดเกลือปริมาณมากเกินไปจะทำปฏิกิริยากับด่างก่อนจนหมด จะเห็นค่าการนำไฟฟ้าลดลงอย่างชัดเจน



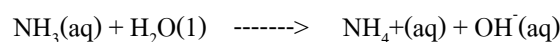
ต่อจากนั้น ด่างจึงทำปฏิกิริยากับกรดอ่อน ซึ่งเป็นเกลือแอมโมเนียมที่เติมลงไป คือ NH_4^+ มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้ามีความลาดชันเปลี่ยนไป



จะเห็นว่า สารละลายผสมสารตัวอย่างที่มีอนุมูลอิสระบวกของเกลือแอมโมเนียม $[\text{NH}_4^+]$ จะทำปฏิกิริยากับด่างจนหมด เกิดสารละลายของแอมโมเนีย $[\text{NH}_3(\text{aq})]$ หรือ NH_4OH เกิดขึ้นมาอีก และอนุมูลอิสระของเกลือแอมโมเนียม จะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดสมดุล ดังปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้น คือ



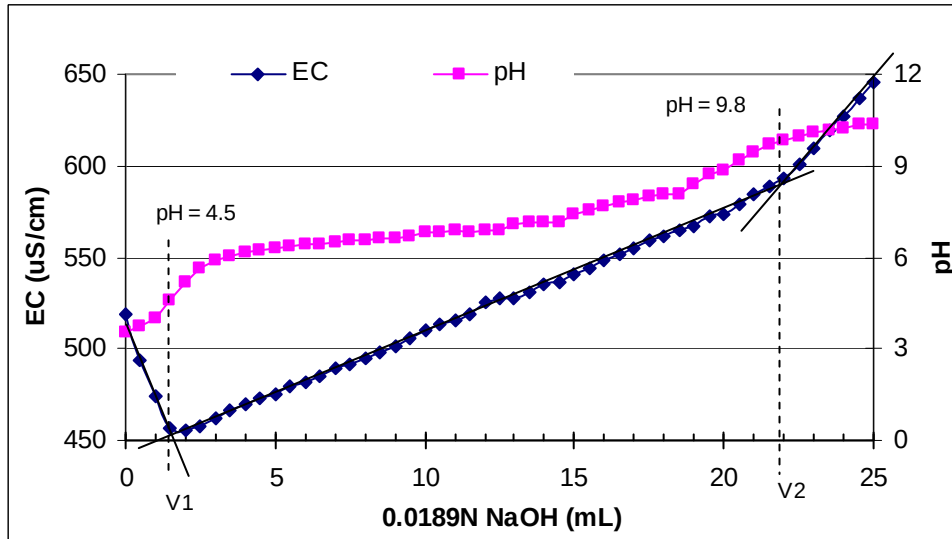
เมื่อถึงจุดสมดุล จำนวนโมลของ NH_4Cl จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ NaOH ได้สารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา คือ NH_3 ซึ่งละลายน้ำ ดังปฏิกิริยา



ดังนั้นหลังจากทำปฏิกิริยาแล้วตรวจวัดค่า pH สารละลายที่ได้จึงมีสภาพเป็นด่าง

5.2.2 การตรวจสอบความเข้มข้นสบู่ลอเรต

ซึ่งสารละลายสบู่ลอเรตตัวอย่างมา 4.0 ± 0.1 กรัม นำมาเจือจางด้วยน้ำที่ไม่มีประจุ 200 มิลลิลิตร ใส่สารเพิ่มความเสถียร แอลกอฮอล์ กรดเกลือเพื่อปรับเปลี่ยนสบู่ที่มีอยู่ในน้ำยางให้เป็นกรดไขมันอิสระ แล้วนำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3



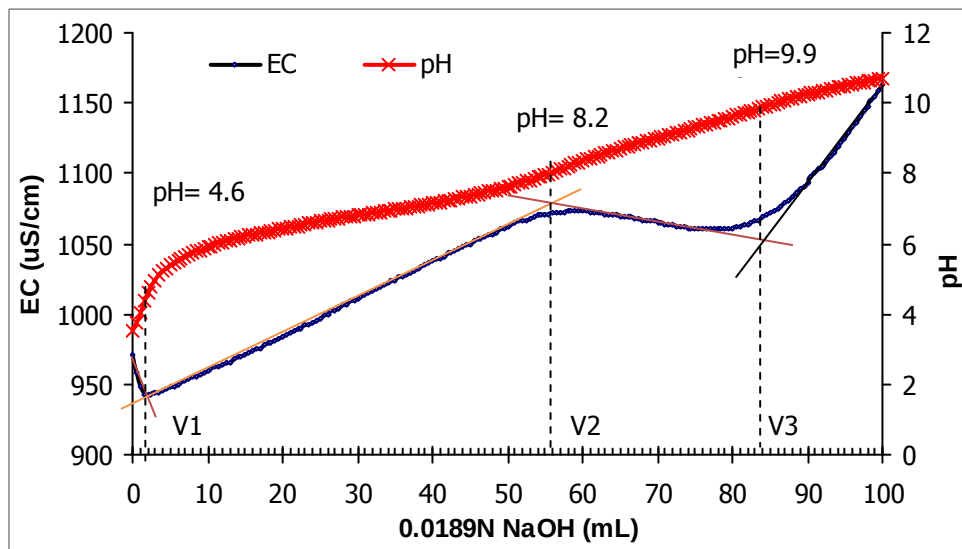
รูปที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้า และ pH ของสารละลายสบู่ เมื่อไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานด่าง

รูปที่ 3 การตรวจหาความเข้มข้นของสบู่ลอเรต โดยใช้เทคนิคการไทเทรตวัดการนำไฟฟ้า และการไทเทรตย้อนกลับด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน จากการวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) และ pH ที่เปลี่ยนไปในระหว่างการไทเทรตสารละลายผสมสบู่และกรดเกลือ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายด่าง พบว่าค่า EC มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ในช่วงแรกของการไทเทรตเป็นช่วงที่ด่างทำปฏิกิริยากับกรดเกลือที่เดิมลงไปในสารละลายผสม ปริมาณที่มากเกินไป ต่อจากนั้นค่า EC จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ถือเป็นช่วงที่กรดไขมันอิสระของสบู่ทำปฏิกิริยากับด่าง ซึ่งช่วงนี้ค่า pH ของสารละลายผสมจากการไทเทรตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน แต่ค่า EC ของสารละลายผสมจะเห็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่สองอย่างชัดเจน หลังจากช่วงที่ 2 ที่กรดไขมันอิสระของสบู่ทำปฏิกิริยากับด่างจนหมด ค่า EC ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นค่าการนำไฟฟ้าของด่างที่เดิมลงไป ซึ่งจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ที่ชัดเจนนัก

การตรวจหาความเข้มข้นของสบู่ลอเรต โดยการลากเส้นความลาดชันของเส้นกราฟค่าการนำไฟฟ้า (EC) จะได้ปริมาตรของด่าง เริ่มทำปฏิกิริยากับสบู่ที่ปริมาตร (V_1) 1.4 มิลลิลิตร (มีค่า pH 4.5) และสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ปริมาตรของด่าง (V_2) 21.9 มิลลิลิตร (มีค่า pH 9.8) ปริมาตรของด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยากับสบู่ คือ $21.9 - 1.4 = 20.5$ มิลลิลิตร ความเข้มข้นของสารละลายด่างมาตรฐานที่ใช้ คือ 0.0189 โมล/ลิตร ดังนั้น จำนวนโมลของสบู่ที่ไทเทรตได้เท่ากับจำนวนโมลสารละลายด่างที่ใช้ คือ 0.0189×20.5 มิลลิโมล หากน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันอิสระของสบู่ลอเรตที่ทำปฏิกิริยาเท่ากับ 200.32 กรัม/โมล จะได้สารละลายสบู่ที่ไทเทรตมีความเข้มข้น $[0.0189 \times 20.5 / 4 \times 20.032]$ เท่ากับ 1.94% โดยน้ำหนัก

5.2.3 การตรวจสอบความเข้มข้นสบู่ลดแรงตึงผิว และแอมโมเนียมอิสระ

นำสารละลาย 0.2% NH_3 โดยน้ำหนัก ใส่ใน 2.0% สบู่ลดแรงตึงผิว โดยอัตราส่วน 1 : 2 โดยน้ำหนัก แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำที่ไม่มีประจุ ใส่กรดเกลือเพื่อปรับเปลี่ยนสบู่ที่มีอยู่ในน้ำยาให้เป็นกรดไขมันอิสระ และเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นแอมโมเนียมทั้งหมด ต่อจากนั้นนำมาไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน ได้ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4



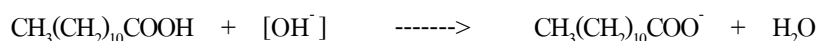
รูปที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า และ pH ของสารผสมสบู่ลดแรงตึงผิว กับสารละลายแอมโมเนีย ไทเทรตด้วยสารละลายต่าง

สารตัวอย่างผสมประกอบด้วย 2% สบู่ลดแรงตึงผิว 10.0715 กรัม และ 0.2% NH_3 น้ำหนัก 5.0405 กรัม เมื่อใส่กรดเกลือเพื่อปรับให้มีสภาพเป็นกรด ($\text{pH} < 4$) ทำให้ในสารผสมประกอบด้วยไอออนที่มีประจุบวกของกรดเกลือที่เติมลงไปมากเกินพอเพื่อทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเป็นเกลือแอมโมเนียม และมีกรดไขมันอิสระของสบู่เกิดขึ้น เมื่อไทเทรตย้อนกลับด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน สามารถเห็นจุดเปลี่ยนเว้าของค่าการนำไฟฟ้าที่ชัดเจนที่ปริมาตรของสารละลายต่างที่ใช้คือ V1, V2 และ V3 สำหรับลักษณะของกราฟสามารถแบ่งออกเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลง เนื่องจาก $[\text{OH}^-]$ จะทำปฏิกิริยากับ $[\text{H}^+]$ จนกระทั่งกรดเกลือที่มีปริมาณมากเกินพอทำปฏิกิริยาหมดไป ดังปฏิกิริยา



ช่วงที่ 2 ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากค่าที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระของสบู่ลดแรงตึงผิวที่มีอยู่ในของผสม เกิดเป็นเกลือของสบู่ลดแรงตึงผิวซึ่งละลายน้ำได้ และเกิดอนุมูลอิสระของสบู่ลดแรงตึงผิว ทำให้การนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังปฏิกิริยา



ช่วงที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจาก เกลือแอมโมเนียมทำปฏิกิริยากับค่า



ช่วงที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก สารละลายต่างที่เติมลงไป

รูปที่ 4 แสดงการวัดและบันทึกค่าการนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างผสมที่มีสบู่และแอมโมเนีย เพื่อตรวจวัดปริมาณของค่าที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระ แอมโมเนียมอิสระในของผสม และหาความเข้มข้นของสบู่ลอเรต จะพบจุดเปลี่ยนเว้าที่ชัดเจน ลากเส้นความชันของค่าการนำไฟฟ้า จะได้ มีปริมาณของค่า ($V_2 - V_1$) เท่ากับ 54 มิลลิลิตร และค่าที่ใช้ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอิสระในของผสม มีปริมาณ ($V_3 - V_2$) เท่ากับ 28 มิลลิลิตร ตรวจสอบปริมาณของสบู่และแอมโมเนียที่มีอยู่ในสารละลายผสม ได้ผลดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2 การหาปริมาณสบู่ลอเรตในของผสมสบู่ลอเรต และแอมโมเนีย

Sample	V_1	V_2	$V_2 - V_1$	Weight, g	NaOH, N	%Soap
Soap+NH ₃	2	56	54	15.1120	0.0189	1.35
2%Soap	2	56	54	10.0715	0.0189	2.03

ตารางที่ 3 การหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียในของผสม

Sample	V_2	V_3	$V_3 - V_2$	Weight, g	NaOH, N	%NH ₄ ⁺	%NH ₃
Soap+NH ₃	56	84	28	15.112	0.0189	0.063	0.060
0.2%NH ₃	56	84	28	5.0405	0.0189	0.189	0.178

จากตารางที่ 2 พิจารณาน้ำหนักของผสมซึ่งประกอบด้วยสารละลายสบู่ลอเรตและแอมโมเนียปริมาณ 10.0715 กรัม และ 5.0405 กรัม ตามลำดับ หรือน้ำหนักของผสมเท่ากับ 15.112 กรัม พบว่า ความเข้มข้นของสบู่ลอเรต [$54 \times 0.0189 / 15.112 \times 20.032$] ตรวจวัดได้เท่ากับ 1.35% ในส่วนของผสม หรือความเข้มข้นสบู่ลอเรตที่นำมาตรวจสอบ [$54 \times 0.0189 / 10.0715 \times 20.032$] เท่ากับ 2.03% โดยน้ำหนัก ทำนองเดียวกัน ตารางที่ 3 แสดงการหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระและแอมโมเนียในของผสมที่ตรวจวัดได้จากการไทเทรต ซึ่งเป็นส่วนที่สามของเส้นกราฟ จะได้ความเข้มข้นแอมโมเนียมอิสระและแอมโมเนียในของผสม เท่ากับ 0.063% และ 0.060% ตามลำดับ หากต้องการทราบความเข้มข้นของแอมโมเนียที่นำมาตรวจสอบซึ่งใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับค่า จะมีปริมาณอยู่ในช่วงที่สามของเส้นกราฟรูปที่ 4 จะได้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมอิสระเท่ากับ 0.189% คิดเป็นความเข้มข้นของแอมโมเนียเท่ากับ 0.178% โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าสารละลายมาตรฐานต่างเริ่มทำปฏิกิริยากับสบู่ที่ค่า pH 4.6 และถึงจุดสมมูลที่ค่า pH 8.2 ต่อจากนั้นสารละลายมาตรฐานต่างทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอิสระถึงจุดสมมูลที่ pH 9.9 ซึ่งไม่สามารถเห็นจุดเปลี่ยนเว้าที่ชัดเจน จึงไม่สามารถตรวจหาปริมาณของสบู่ แอมโมเนียมอิสระ หรือแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางได้ด้วยวิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH เพื่อหาปริมาณของค่าที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจนถึงจุดสมมูลได้ชัดเจนเท่ากับการบันทึกค่าการนำไฟฟ้า

จากการตรวจหาปริมาณเกลือแอมโมเนียมจากสารตัวอย่างในสารละลาย Blank ในหัวข้อ 5.2.1, 5.2.2 และ 5.2.3 ใช้เทคนิคเดียวกับการตรวจหาปริมาณสบู่ที่มีอยู่ในน้ำยางที่ได้ยื่นจดสิทธิบัตรเลขที่ 103783 จะเห็นจุดเปลี่ยนเว้าของค่าการนำไฟฟ้าได้ชัดเจน สามารถตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้ง่าย และถูกต้อง ดังนั้นจึงใช้เทคนิคเดียวกันนี้ตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางต่อไป

5.3 การตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง

5.3.1 สมบัติพื้นฐานของน้ำยาง

ในวันแรกของการเก็บตัวอย่างน้ำยางขึ้นจากโรงงานในอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี และน้ำยางสดจากสวนยางพาราในเขตอำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี นำตัวอย่างน้ำยางมาตรวจสอบสมบัติทั่วไปบางประการตามมาตรฐาน ASTM D1076 เช่น ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (DRC), ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC), ความเป็นด่างในน้ำยางหรือค่าอัลคาไลน์ตี (Alkalinity) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (LA) และ น้ำยางสด (FL-4N และ FL-6N) เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4% และ 0.6% ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติพื้นฐานของน้ำยางสดและน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

Type of latex	DRC (%)	TSC (%)	pH	Alkalinity (%)
LA	60.43 ± 0.19	62.31±0.32	10.19	0.23±0.01
FL-4N	33.54 ± 0.07	35.66 ± 0.04	10.25	0.39±0.01
FL-6N	33.31 ± 0.09	35.32 ± 0.04	10.50	0.58±0.001

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าน้ำยางชั้น (LA) มีค่า DRC และ TSC แตกต่างกัน < 2.0% เนื่องจากสิ่งเจือปนที่เป็นของแข็งในน้ำยางส่วนหนึ่งถูกแยกออกไปช่วงกระบวนการเส้นตริฟิวจ์ ทำน้ำยางชั้น ส่วนน้ำยางสด (FL) มีค่า DRC น้อยกว่ามาก มีสิ่งเจือปน (TSC-DRC) > 2.0% ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในน้ำยาง ได้แก่ แป้ง น้ำตาล โปรตีน สารเรซิน และอื่นๆ (Blackley, 1997) น้ำยางชั้นเก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.2% มีค่า pH เท่ากับ 10.19 และ ค่าอัลคาไลน์ตี 0.23% ส่วนน้ำยางสด (FL-4N และ FL-6N) เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย 0.4% และ 0.6% มีค่า pH เท่ากับ 10.25 และ 10.50 ส่วนอัลคาไลน์ตี มีค่า 0.39 และ 0.58% ตามลำดับ

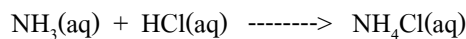
การเก็บรักษาน้ำยางด้วยแอมโมเนีย 0.2, 0.4 และ 0.6% โดยน้ำหนักน้ำยาง พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางมีค่า 5.14, 5.21 และ 5.47 mS/cm แสดงว่า การนำไฟฟ้าของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาในการเก็บน้ำยางไว้ (เสาวนีย์, 2552) เนื่องจากสารละลายแอมโมเนียระเหยออกไปได้ตลอดเวลาของการเปิดภาชนะบรรจุน้ำยางไว้ และช่วงที่เก็บน้ำยางไว้ จะมีกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวและกรดไขมันที่ระเหยได้เกิดขึ้นในน้ำยาง ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนั้นหากเก็บรักษาน้ำยางสดหรือน้ำยางชั้นไว้ไม่ดี น้ำยางจะมีค่า EC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยน้ำยางที่มีค่า Alkalinity ต่ำ จะมีค่า EC มากกว่าน้ำยางที่มีค่า Alkalinity สูงได้

การเก็บน้ำยางสดและน้ำยางชั้นไว้ระยะหนึ่ง สมบัติของน้ำยาง เช่น pH และค่าอัลคาไลน์ตี จะเปลี่ยนแปลงไปได้ เนื่องจากแอมโมเนียเป็นสารระเหยออกไปได้ และแอมโมเนียบางส่วนเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ทำให้เกิดสบู่ขึ้นในน้ำยาง และมีไอออนของแอมโมเนียมอิสระเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในน้ำยาง ดังนั้นในการทดลองนี้จะตรวจหาปริมาณสบู่และแอมโมเนียมอิสระเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในน้ำยางที่ระยะเวลาในการเก็บรักษาน้ำยางไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

5.3.2 เทคนิคการตรวจหาปริมาณสบู่และแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง

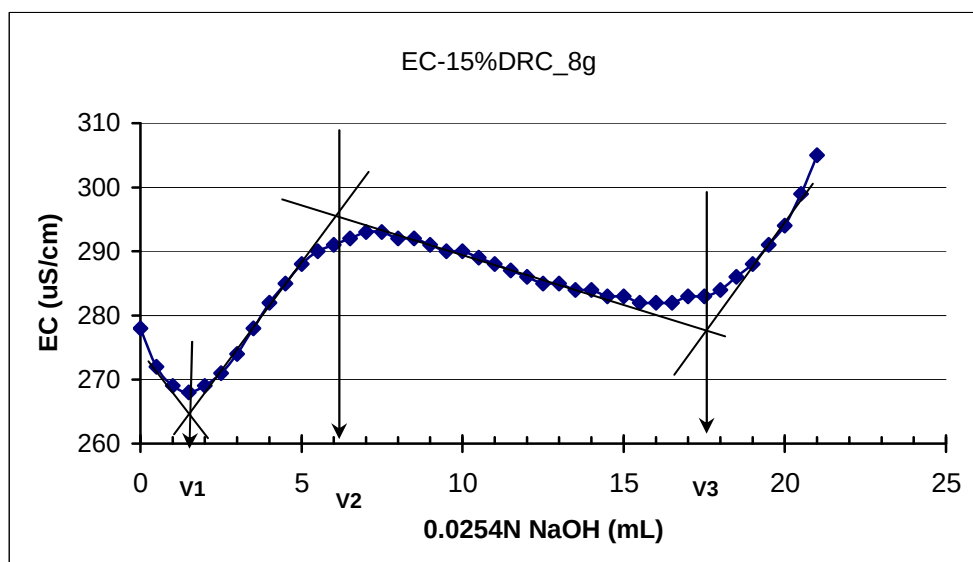
การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางใช้เทคนิควิธีเดียวกับการตรวจหาปริมาณสบู่ในน้ำยาง โดยปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางจะมีปริมาณเท่ากับสารละลายต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาช่วงที่ 3 ของการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ถัดจากการหาปริมาณสบู่ในน้ำยาง

โดยทั่วไปน้ำยางที่ใส่สารละลายแอมโมเนียในน้ำยางเพื่อรักษาสภาพน้ำยางมีสภาพเป็นเบส หากใส่กรดเกลือปริมาณมากเกินไปตามวิธีการตรวจหาสบู่ กรดเกลือจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมที่ละลายน้ำได้ ดังสมการ



น้ำยางจะเกิดการจับตัวในเวลาต่อมา จำเป็นต้องมีสารรักษาความเสถียรอื่นใส่ลงไปเพื่อรักษาสภาพน้ำยางแทน เทคนิคการตรวจหาปริมาณสบู่ในน้ำยางจะใส่สารเพิ่มความเสถียรแก่น้ำยางคือ Emulwin W ซึ่งเป็นสารเพิ่มความเสถียรชนิดที่ไม่มีประจุ ปรับสภาพน้ำยางให้มี pH น้อยกว่า 4 ด้วยกรดเกลือ และไทเทรตด้วยสารละลายต่าง

สำหรับการตรวจสอบปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง มีวิธีการทำนองเดียวกัน โดยการหาปริมาณของสารละลายต่างมาตรฐานที่ใช้ไทเทรต ด้วยการหาปริมาณที่จุดเปลี่ยนเว้า (V_1 , V_2 และ V_3) ใช้เทคนิคการลากเส้นความลาดชันของเส้นกราฟการนำไฟฟ้ามาตัดกันดังรูปที่ 5 ปริมาตรช่วงที่สอง ($V_2 - V_1$) จะเป็นปริมาตรที่ต่างทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง ส่วนปริมาตรช่วงที่สาม ($V_3 - V_2$) จะเป็นปริมาตรที่ต่างทำปฏิกิริยาพอดีกับแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง

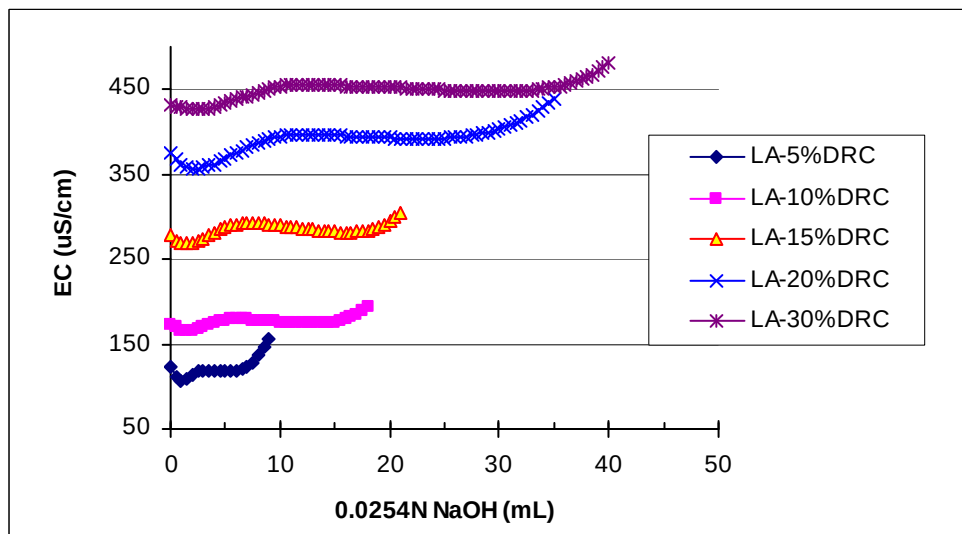


รูปที่ 5 การลากเส้นความลาดชันเพื่อหาปริมาณต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระและแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง

5.3.3 การปรับปริมาณเนื้อยางแห้งน้ำยางให้เหมาะสม

1) การเจือจางน้ำยางข้น LA

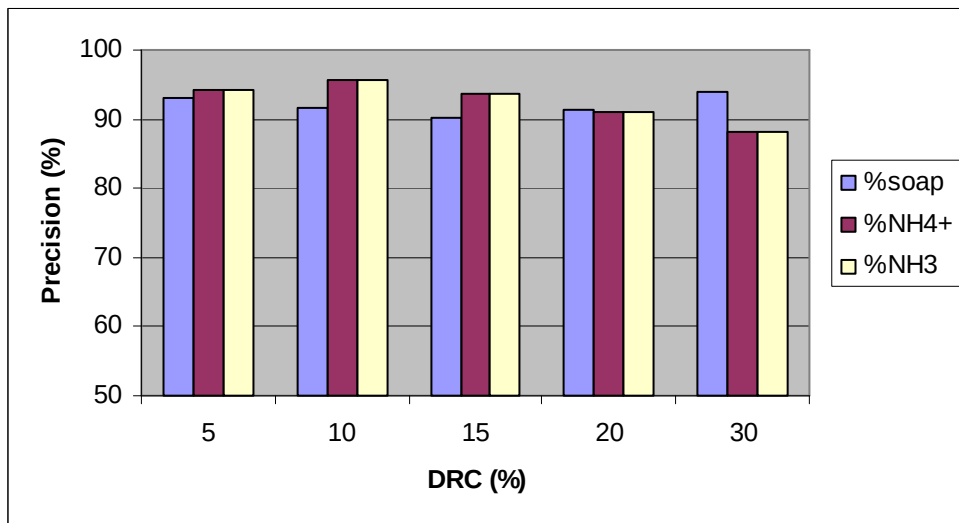
น้ำยางข้น LA มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% นำมาปรับให้มี DRC = 5, 10, 15, 20 และ 30% (ใช้สัดส่วนน้ำยางข้น : น้ำ = 1 : 11, 1 : 5, 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1) ก่อนที่จะดำเนินการตรวจหาปริมาณสบู่และแอมโมเนียอิสระในน้ำยางตามวิธีการตรวจหาปริมาณสบู่ ใช้ น้ำยางที่เจือจางแล้วน้ำหนัก 8.0 ± 0.5 กรัม ลักษณะของกราฟที่ได้ดังรูปที่ 6 และปริมาณสบู่ แอมโมเนียอิสระ แอมโมเนียในน้ำยาง และความเที่ยงตรงดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 การไทเทรตและตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาง LA แปรความเข้มข้นต่างๆ (5%-30%) โดยใช้ น้ำยาง 8 กรัม

ตารางที่ 5 ปริมาณสบู่ แอมโมเนียอิสระ และแอมโมเนีย ของน้ำยางข้น LA ที่แปรปริมาณเนื้อยางแห้งต่างๆ

In LA latex 100 g			
%DRC	%Soap	%NH ₄ ⁺	%NH ₃
5	1.34 ± 0.05	0.30 ± 0.01	0.28 ± 0.01
10	1.12 ± 0.05	0.27 ± 0.01	0.25 ± 0.01
15	1.18 ± 0.06	0.25 ± 0.01	0.24 ± 0.01
20	1.27 ± 0.06	0.28 ± 0.01	0.26 ± 0.01
30	1.26 ± 0.04	0.29 ± 0.02	0.27 ± 0.02
Average	1.23 ± 0.09	0.28 ± 0.02	0.26 ± 0.02
Precision (%)	85.52	85.94	85.94



รูปที่ 7 ความเที่ยงตรงของการตรวจวัดปริมาณสบู่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนีย ของน้ำยางข้น LA ที่แปรปริมาณเนื้อยางแห้งต่างๆ

น้ำยางข้นชนิด LA นำมาเจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งระดับต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20 และ 30% DRC ต่อจากนั้นนำมาตรวจวัดปริมาณสบู่และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า ใช้ตัวอย่างทดสอบ 15 ตัวอย่าง มีปริมาณสบู่เฉลี่ยแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.14-1.32% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.04-0.06 และปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันน้อยมากอยู่ในช่วง 0.30-0.26% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.01-0.02 ความเที่ยงตรงของการตรวจวัดปริมาณสบู่และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 86%

สำหรับปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำยาง เป็นแอมโมเนียทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็นเกลือของกรดแก่ คือ แอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งสามารถละลายน้ำ 100% เกิดเป็น แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ทั้งหมดในน้ำยาง ซึ่งมีประจุบวก จะทำปฏิกิริยากับด่างที่เติมลงไปในช่วงขั้นตอนการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้าในช่วงที่ 3 ของการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า สามารถหาปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ทั้งหมดได้ คำนวณย้อนกลับเป็นปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในช่วงขณะที่ทำการทดสอบ พบว่าตัวอย่างน้ำยาง LA ขณะที่นำมาทดสอบมีปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยเท่ากับอยู่ในช่วง 0.24-0.28% แสดงให้เห็นว่าปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วงมาตรฐานน้ำยางข้น LA ชนิดแอมโมเนียต่ำ

เมื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของแต่ละชุดน้ำยางที่เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งระดับต่างๆ พบว่าน้ำยางเจือจางที่ระดับของปริมาณเนื้อยางแห้งปริมาณต่ำกว่า 30% มีค่าความเที่ยงตรงสูงเกิน 90% หากพิจารณาลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการไทเทรตและค่าการนำไฟฟ้าที่ตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 6 จะเห็นว่าเมื่อนำน้ำยางที่เจือจาง 5, 10, 15, 20 และ 30% น้ำหนัก 8 ± 0.5 กรัม จะมีปริมาณเนื้อยางแห้งแตกต่างกัน คือ 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.4 กรัม ตามลำดับ จะเห็นว่าน้ำยางที่มีความเข้มข้นมากกว่า 20% ต้องใช้ปริมาตรของด่างและเวลาในการไทเทรตนาน ดังนั้นในการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยาง จะเลือกใช้น้ำยางที่นำมาเจือจาง 15% น้ำหนัก 8 ± 0.5 กรัม ตรวจวัดปริมาณสบู่และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำยางได้ มีความเที่ยงตรงมากกว่า 90%

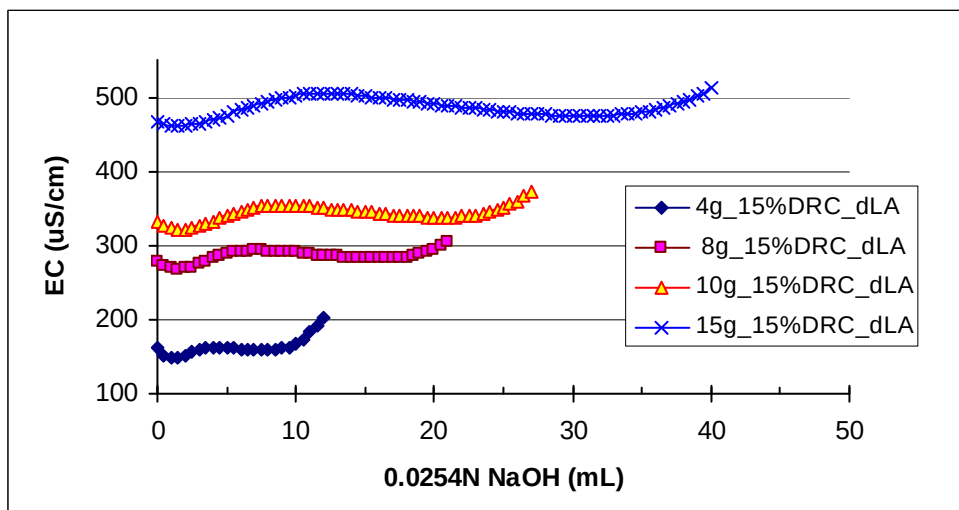
2) การเตรียมน้ำยางข้น LA

การเจือจางน้ำยางข้นที่มีแปรปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% ให้มี DRC = 5, 10, 15, 20 และ 30% โดยใช้ น้ำหนักที่เจือจางแล้ว 8 กรัม จะมีปริมาณเนื้อยางจริงในน้ำยางตัวอย่างที่ทดสอบแตกต่างกัน ทำนองเดียวกันการ เลือกใช้น้ำยางข้นมาเจือจางให้มี DRC = 15% และเลือกใช้น้ำยางที่เจือจางแล้ว น้ำหนัก 4, 8, 10 และ 15 กรัม จะมีปริมาณเนื้อยางจริงในตัวอย่างน้ำยางที่ทดสอบแตกต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 6 (แถบที่มีสีเทา)

ตารางที่ 6 ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง LA ที่ปรับความเข้มข้นและน้ำหนักที่ทดสอบต่างๆ กัน

Latex, (g)	Dry rubber content (g)				
	DRC=5%	DRC=10%	DRC=15%	DRC=20%	DRC=30%
4	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2
8	0.4	0.8	1.2	1.6	2.4
10	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
15	0.75	1.5	2.25	3.0	4.5

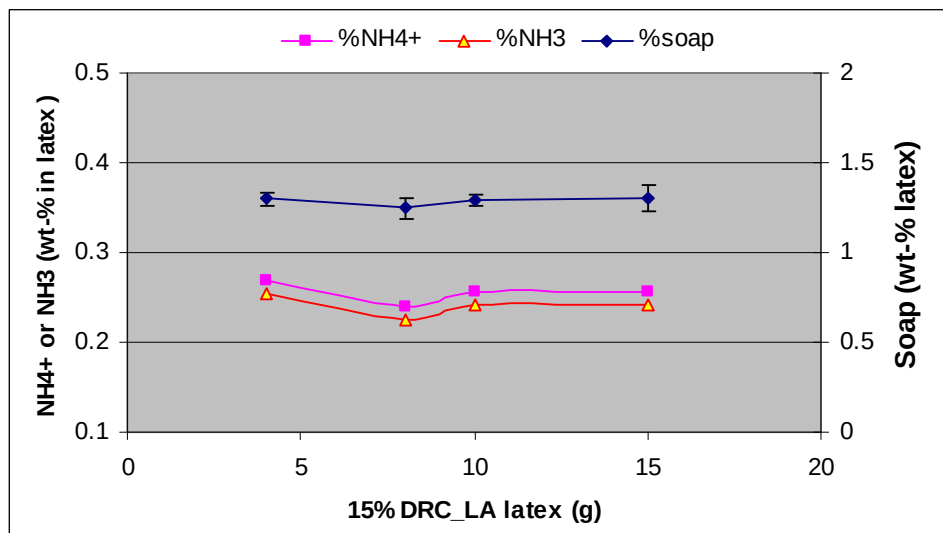
น้ำยางข้น LA มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% นำมาปรับให้มี DRC = 15% (ใช้สัดส่วน น้ำยางข้น : น้ำ เท่ากับ 1 : 3) แล้วนำมาตรวจหาปริมาณสนุ่และแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางตามวิธีการตรวจหาปริมาณสนุ่ โดยใช้ น้ำยางที่เจือจางน้ำหนัก 4, 8, 10 และ 15 กรัม ทำการตรวจสอบทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ลักษณะของกราฟที่ได้ดังรูปที่ 8 ผลการตรวจวัดปริมาณสนุ่และแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง ดังแสดงในรูปที่ 9 และ มีความเที่ยงตรงดังแสดงใน รูปที่ 10



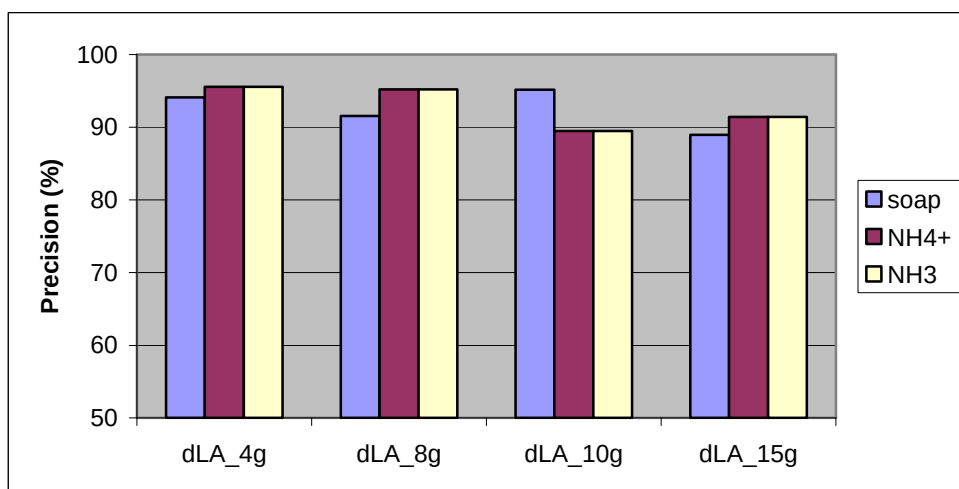
รูปที่ 8 เปรียบเทียบลักษณะการนำไฟฟ้าของน้ำยางข้นเจือจาง 15%DRC แปรน้ำหนักปริมาณต่างๆ ไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน

น้ำยางข้นเจือจางมีความเข้มข้น 15% DRC น้ำหนัก 4, 8, 10 และ 15 กรัม ไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน มีลักษณะการนำไฟฟ้าของน้ำยางเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำหนักน้ำยางที่ใช้ ดังรูปที่ 8 ค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำหนักน้ำยางที่ใช้ เนื่องจากในขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณสบู่มีการใส่น้ำในปริมาณที่คงที่เพิ่มเติมลงไป ส่งผลให้การนำไฟฟ้ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของน้ำหนักของน้ำยางที่ใช้ทดสอบ

หลังจากได้เส้นกราฟการนำไฟฟ้าแล้ว ทำการตรวจวัดปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง โดยใช้เทคนิคการลากเส้นความลาดชันของเส้นกราฟมาตัดกัน ส่วนเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียทั้งหมดที่ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมอิสระ (ในช่วงที่สามของค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป) จะมีจำนวนโมลเท่ากับจำนวนโมลของแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางทั้งหมด ซึ่งทำให้สามารถคำนวณปริมาณของแอมโมเนียได้ ผลดังแสดงรูปที่ 9 เปรียบเทียบความเที่ยงตรงของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนีย ในน้ำยางที่เจือจาง 15%DRC แปรน้ำหนักน้ำยาง ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 ปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียในน้ำยางข้น LA เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักน้ำยางต่างๆ



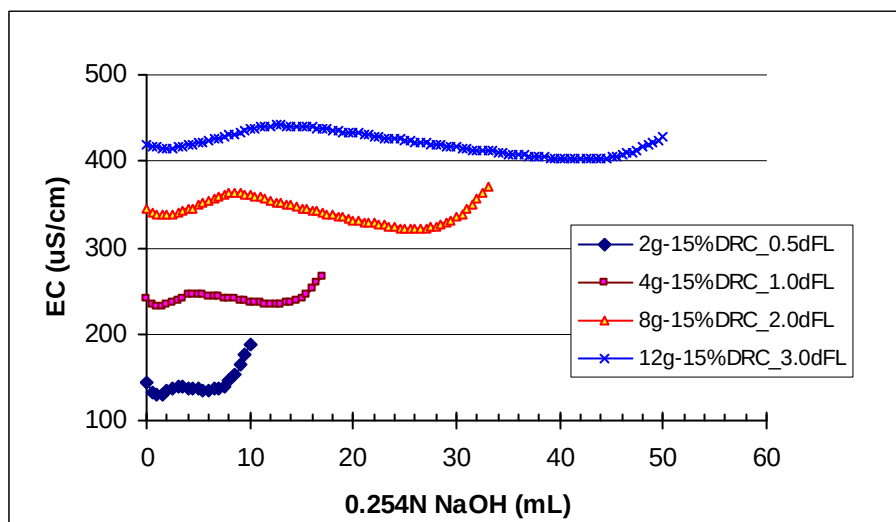
รูปที่ 10 เปรียบเทียบความเที่ยงตรงของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียของน้ำยางข้นที่เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักต่างๆ

จากรูปที่ 9-10 น้ำยางข้น LA เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15% แล้วนำมาไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐานและวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยแปรน้ำหนัkn้ำยางทดสอบ คือ 4, 8, 10 และ 15 กรัม พบว่าน้ำยางที่ทดสอบมีปริมาณสนุ่เฉลี่ยแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.21-1.35% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.04-0.07 และปริมาณแอมโมเนียมอิสระมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.25-0.27% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.01-0.02 ซึ่งถือว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความเที่ยงตรงของการตรวจวัดปริมาณสนุ่มีค่ามากกว่า 90% และแอมโมเนียมอิสระเท่ากับ 89% โดยค่าเฉลี่ยปริมาณสนุ่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียในน้ำยางข้นอาจมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บน้ำยางไว้ โดยสนุ่จะมีปริมาณสูงขึ้น และปริมาณแอมโมเนียจะมีปริมาณลดต่ำลง

สำหรับปริมาณเฉลี่ยของแอมโมเนียมีค่าเท่ากับ 0.24% แสดงให้เห็นว่าน้ำยางข้น LA มีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วงมาตรฐานน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ

3) การแปรน้ำหนัkn้ำยางสด

การตรวจสอบหาปริมาณสนุ่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยนำน้ำยางสดมาเจือจางให้มีความเข้มข้น 15 % DRC แปรน้ำหนัkn้ำยางที่ใช้ คือ 2, 4, 8 และ 12 กรัม แล้วนำมาตรวจหาปริมาณสนุ่ และแอมโมเนียมอิสระ ที่มีอยู่ในน้ำยาง ด้วยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า โดยตรวจสอบทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 11



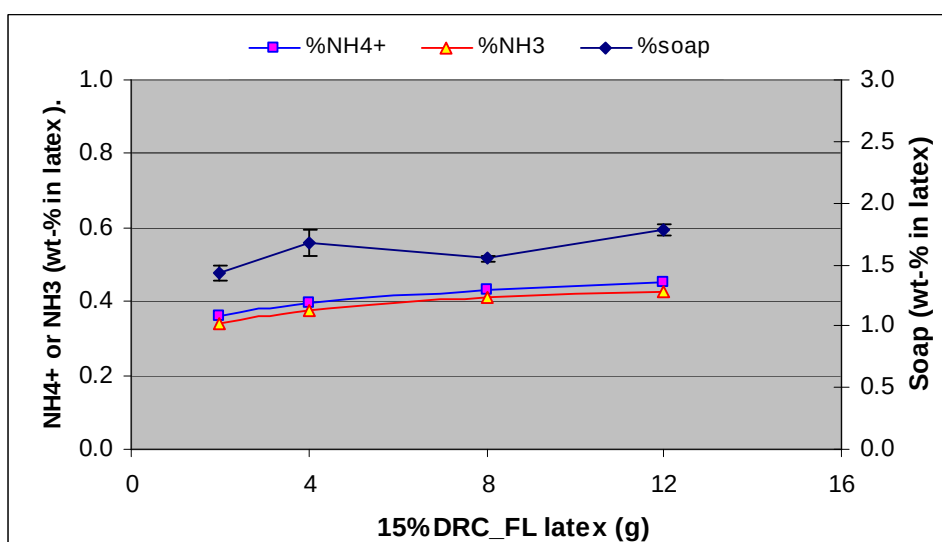
รูปที่ 11 เปรียบเทียบลักษณะการนำไฟฟ้าของน้ำยางสดเจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนัkn้ำยางสดต่างๆ ไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน

น้ำยางสดจากสวนยางเก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15% นำมาทดสอบแปรน้ำหนัkn้ำยาง 2, 4, 8 และ 12 กรัม หลังจากไทเทรตด้วยสารละลายต่างมาตรฐาน มีลักษณะการนำไฟฟ้า

ของน้ำยางเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำหนัkn้ำยางที่ใช้ ดังรูปที่ 11 ค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำหนัkn้ำยางที่ใช้ทำนองเดียวกับน้ำยางชั้น LA ที่เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15%

ค่าการนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในช่วงที่ 3 จากการเติมสารละลายค่างลงไปในน้ำยาง ดังจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอิสระซึ่งมีประจุบวก $[NH_4^+]$ ในน้ำยาง ค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นกับความเข้มข้นของแอมโมเนียมอิสระในน้ำยาง และความเข้มข้นของค่างที่เติมลงไป ความลาดชันของค่าการนำไฟฟ้าอาจเปลี่ยนไป ซึ่งอาจจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นหรือลดน้อยลง ลักษณะของกราฟการนำไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 11

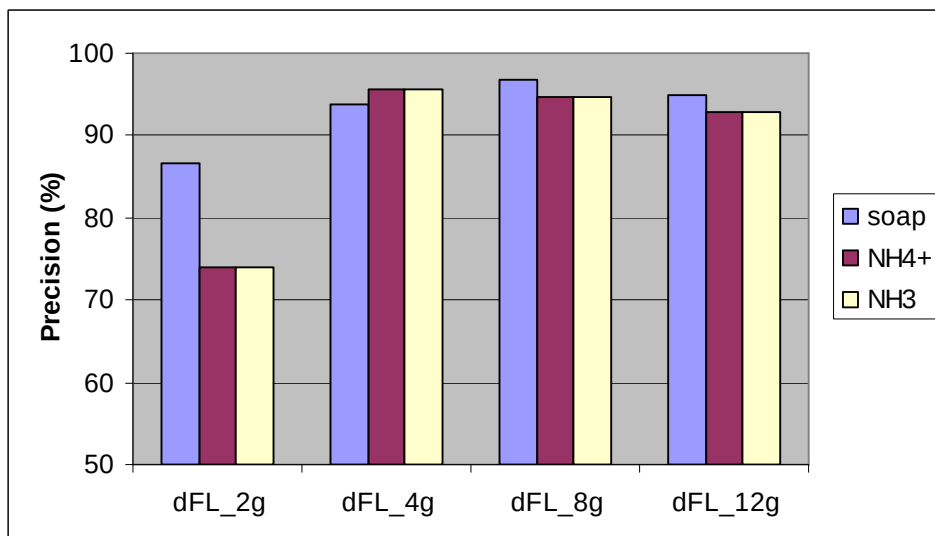
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณค่างที่ใช้ในการไทเทรต สามารถตรวจวัดปริมาณสารละลายมาตรฐานค่างที่ใช้ทำปฏิกิริยาในช่วงที่ 2 และ 3 ได้จากตำแหน่งความลาดชันของเส้นกราฟมาตัดกัน เป็นปริมาณของสารละลายค่างที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับสบู่ในรูปกรดไขมันอิสระในน้ำยาง และปริมาณของแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดในน้ำยางตามลำดับ ปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนียในน้ำยาง ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนีย ของน้ำยางสดเจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนัkn้ำยางต่างๆ

รูปที่ 12 ปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง จะเป็นปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นในน้ำยาง รวมถึงแอมโมเนียที่อยู่ในรูปสารละลายและแอมโมเนียที่ระเหยได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำยางช่วงที่ทดสอบ โดยขณะที่ทำการทดสอบ มีการปรับสภาพแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางด้วยการเติมกรดเกลือที่มีปริมาณมากเกินพอลงไปเพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางไปอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม ซึ่งไม่ระเหยอีกต่อไป แล้วไทเทรตย้อนกลับด้วยสารละลายค่างมาตรฐาน จำนวนโมลของค่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับจำนวนโมลของแอมโมเนียมอิสระที่เกิดขึ้นในน้ำยาง สามารถคำนวณหาปริมาณของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางได้

เปรียบเทียบความเที่ยงตรง (% precision) ของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และแอมโมเนียของน้ำยางสดที่เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนัkn้ำยางต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 เปรียบเทียบความเที่ยงตรง ของปริมาณสบู่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียของน้ำยางสด ที่เจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนักต่างๆ

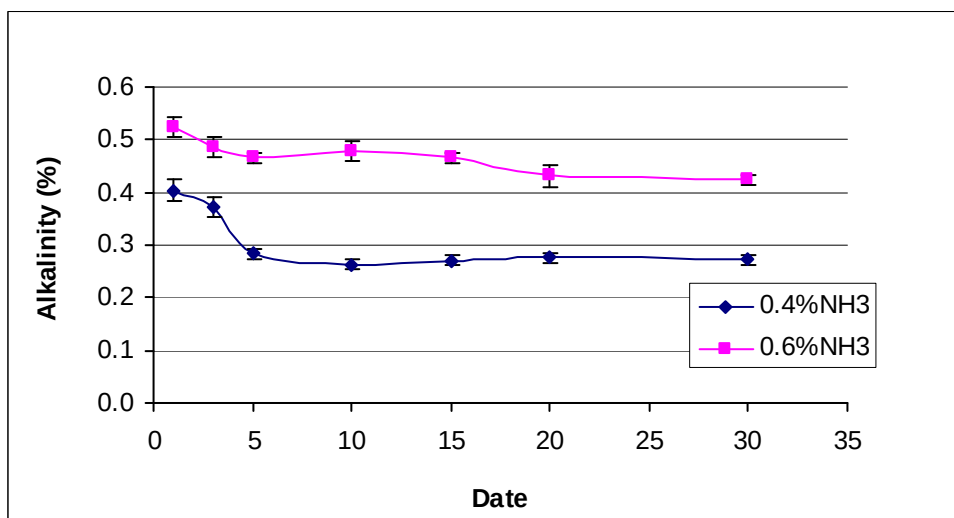
น้ำยางสด (FL) เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15% แล้วนำมาแปรน้ำหนักน้ำยาง 2, 4, 8 และ 12 กรัม พบว่า ปริมาณสบู่และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.49-1.73% และ 0.37-0.47% โดย น้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าน้ำยางที่ใช้ปริมาณน้อย (2 กรัม) มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงกว่าน้ำยางที่ใช้ ปริมาณมาก (4-12 กรัม) นั่นคือ ตัวอย่างน้ำยางที่ใช้ทดสอบปริมาณน้อย มีผลทำให้มีความเที่ยงตรงของปริมาณ สบู่และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ตรวจพบมีค่าแตกต่างกันมาก ดังรูปที่ 13

น้ำยางสดที่เจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15 % หากใช้น้ำหนักทดสอบ 2 กรัม จะมีสัดส่วนของปริมาณเนื้อ ยางแห้งน้อยมาก ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจึงมีมาก เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงตรงที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่าการใช้น้ำหนักน้ำ ยางทดสอบที่มีปริมาณมาก (ดูภาคผนวก ข) คือ น้ำยางที่ใช้ตรวจวัดน้ำหนัก 2 กรัม มีค่าความเที่ยงตรงต่ำกว่า 85% สำหรับการใช้น้ำยางที่มีปริมาณเนื้อยางแห้ง 15 % น้ำหนัก 4-12 กรัม พบว่าปริมาณสบู่ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนีย ที่ตรวจพบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ ถือว่ามีความน่าเชื่อถือ มีความเที่ยงตรงสูง (> 90%)

การใช้น้ำหนักน้ำยางปริมาณมาก (12 กรัม) จะต้องใช้สารละลายต่างปริมาณมากด้วย ทำให้เสียเวลาใน การไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้าเพื่อให้ถึงจุดเปลี่ยนเว้า (ดังรูปที่ 11) ดังนั้นการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ น้ำยางที่เก็บไว้ช่วงระยะเวลาต่างๆกันก็จะทำการทดลองต่อไป จะใช้ช่วงน้ำหนักน้ำยางที่เหมาะสม มีปริมาณเนื้อ ยางแห้ง 15% และน้ำหนักน้ำยางทดสอบอยู่ในช่วง 4-8 กรัม ซึ่งอยู่ในช่วงน้ำหนักที่เสนอในการศึกษาตัวแปรที่มี ผลต่อการหาปริมาณสบู่ในน้ำยางธรรมชาติของเสาวนีย์และคณะ ในปี 2550

5.4 การตรวจหาความเป็นด่างในน้ำยาง

น้ำยางสด เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 โดยน้ำหนัก นำมาตรวจหาค่าอัลคาไลน์ดีของน้ำยาง ตามมาตรฐาน ASTM D1076 ใช้เมทริลเลตเป็นอินดิเคเตอร์ ตรวจสอบหลังการเก็บน้ำยางไว้เป็นเวลา 1, 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน ได้ผลดังรูปที่ 14



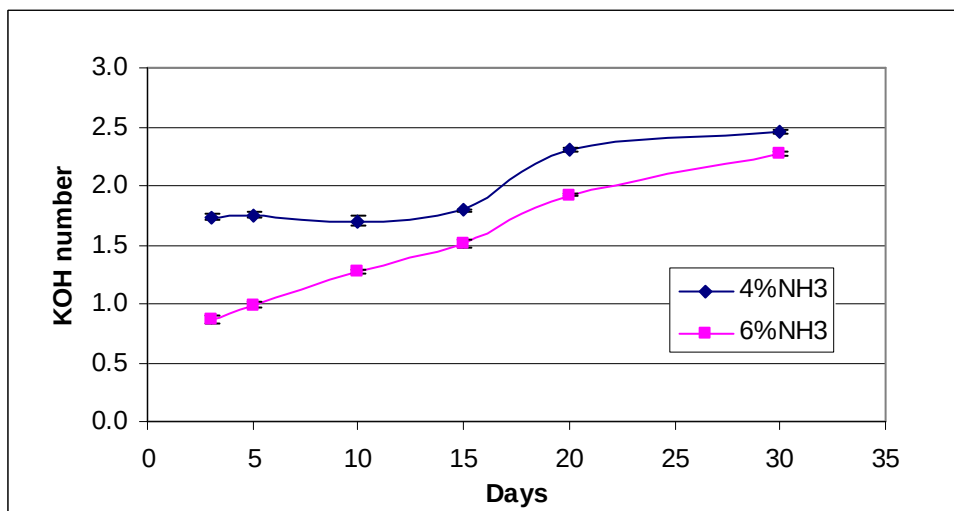
รูปที่ 14 ค่า Alkalinity ของน้ำยางสดเก็บรักษาด้วย 0.4 % และ 0.6% NH_3 ในระยะเวลาต่างๆ

รูปที่ 14 จะเห็นว่าค่าอัลคาไลน์ดีของน้ำยางมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ นั่นคือในช่วงวันที่ 1- 5 วันแรกของการเก็บน้ำยางไว้ ปริมาณของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางที่ตรวจสอบมีค่าลดลงค่อนข้างมาก ต่อจากนั้นแอมโมเนียที่มีอยู่จะค่อยๆ ลดลงจะกระทั่งมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยสารละลายแอมโมเนียที่ใส่ลงไปในน้ำยางส่วนหนึ่งจะละลายน้ำอยู่ในน้ำยาง และทำปฏิกิริยากับอ็อกซิเจนที่มีประจุบวกในน้ำยาง หรือสารที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียที่กินสารอาหารในน้ำยาง และให้สารที่เป็นกรดที่ระเหยได้ในน้ำยาง เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก นอกจากนี้ในน้ำยางจะมีสารพวกฟอสฟอไลปิก และโปรตีน ซึ่งจะถูกไฮโดรไลซิสตามธรรมชาติให้สารพวกกรดอะมิโน เปปไทด์ อยู่ในน้ำยาง ซึ่งสารเหล่านี้จะมีปริมาณที่แตกต่างกันตามระยะเวลาในการเก็บน้ำยาง (เสาวนีย์, 2547) กรดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในน้ำยางจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียที่ใส่ลงไป และถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของน้ำยางด้วย สารที่มีอยู่ในน้ำยางเหล่านี้ จะทำให้การตรวจวัดโดยวิธีการหาค่าอัลคาไลน์ดี หรือวิธีการไทเทรตด้วยสารละลายกรดมาตรฐานไม่ถูกต้องได้ ปริมาณแอมโมเนียที่วัดได้จากในน้ำยางมีปริมาณลดน้อยลง นอกจากนี้ในช่วงแรกที่มีการเก็บรักษา น้ำยางไว้ด้วยแอมโมเนีย นั้น แอมโมเนียที่อยู่ในสภาวะที่เป็นสารระเหยได้ สามารถระเหยออกไปได้ง่ายระหว่างการเปิด-ปิดภาชนะทดสอบ ดังนั้นจึงเห็นว่าในช่วง 5 วันแรกของการเก็บน้ำยางไว้ ค่าอัลคาไลน์ดีของน้ำยางจะลดลงอย่างรวดเร็ว และจะมีค่าค่อนข้างคงที่ในระยะเวลาต่อมา

ในวันที่ 30 ของการเก็บน้ำยาง น้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 จะค่อยๆ หนืดขึ้น และมีกลิ่น แสดงถึงแอมโมเนียมีปริมาณลดน้อยลง จุลลินทรีย์ที่มีในน้ำยางเริ่มต้นเจริญเติบโตและเกิดกรดที่ระเหยง่ายขึ้นในน้ำยาง หลังจากนั้นอีกไม่นานน้ำยางนี้จะเกิดการสูญเสียสภาพ ส่วนน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 จะคงมีสภาพของความเสถียรเป็นน้ำยางคืออยู่ โดยค่าอัลคาไลน์ดีที่ตรวจวัดได้คงมีค่าค่อนข้างสูงมากกว่า 0.4% โดยน้ำหนักน้ำยาง

5.5 การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยาง

น้ำยางสดเก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ตรวจหาจำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ตามมาตรฐาน BS 6057-3.5. 1996 ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ของน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

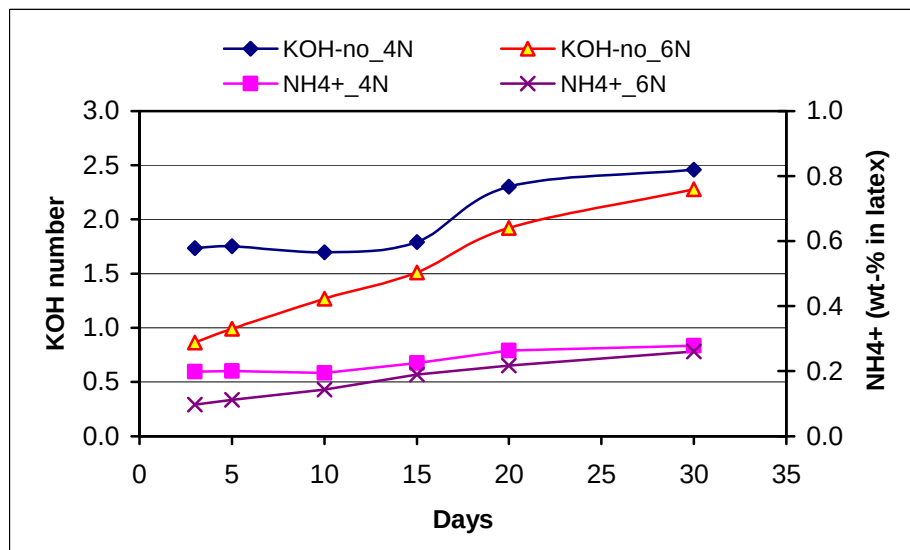
รูปที่ 15 ช่วงเวลาการเก็บน้ำยางไว้ 30 วัน น้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4 % NH_3 มีค่า KOH number สูงกว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 แสดงว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 มีปริมาณของแอมโมเนียมมากกว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 โดยเกลือแอมโมเนียมที่มีอาจเกิดจากกรด 2 ชนิด คือ กรดที่ระเหยได้และ กรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของน้ำยางที่เก็บไว้ด้วย

น้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 พบว่า ในช่วง 15 วันแรก ค่า KOH number จะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 0.05 ± 0.01) เท่านั้น ต่อจากนั้นในช่วงวันที่ 15-20 วันของการเก็บน้ำยางไว้ พบว่าค่า KOH number จะมีการเพิ่มที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน หากสังเกตลักษณะของน้ำยางจะพบว่าน้ำยางสดที่เก็บไว้เริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้นในวันที่ 20 ของการเก็บน้ำยางไว้ แสดงว่าความเสถียรของน้ำยางเริ่มลดลง มีกรดไขมันชนิดที่มีโมเลกุลสั้นๆ (VFA) เกิดขึ้น กรดนี้จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางให้อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียม จึงทำให้ค่า KOH number ที่มีอยู่ในน้ำยาง มีค่าสูงด้วย แอมโมเนียมที่คงเหลืออยู่ลดน้อยลง น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความเสถียรลดลง และจะเกิดการสูญเสียสภาพในระยะเวลาไม่นานต่อมา สำหรับวันที่ 30 ของการเก็บน้ำยางไว้ พบว่าน้ำยางจะมีสภาพที่หนืดเพิ่มขึ้น แสดงถึงการเก็บรักษาน้ำยางไม่ดี น้ำยางจะเกิดการสูญเสียสภาพในระยะเวลาอันสั้นต่อมา ค่า KOH number มีค่าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ส่วนน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 สามารถรักษาสภาพน้ำยางได้ดี ปริมาณเกลือแอมโมเนียมที่เกิดจากกรดที่ระเหยได้มีค่าน้อย ค่า KOH number ที่ตรวจวัดได้จึงเป็นค่าแอมโมเนียมที่เกิดจากกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียม ซึ่งกรดที่มีโมเลกุลยาวนี้เป็นกรดที่เกิดจากการสลายตัวของไขมันและฟอสโฟไลปิดที่อยู่ตรงผิวของอนุภาคน้ำยาง มีผลทำให้เกิดเป็นสบู่ขึ้นในน้ำยาง น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น จากการตรวจสอบพบว่าค่า KOH number มีค่าเพิ่มขึ้นตลอด 30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ โดยค่า KOH number มีปริมาณค่อยๆ เพิ่มขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วง 15 วันแรก และมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นอีกเล็กน้อยในช่วงวันที่ 15-20 วันของการเก็บน้ำยางไว้

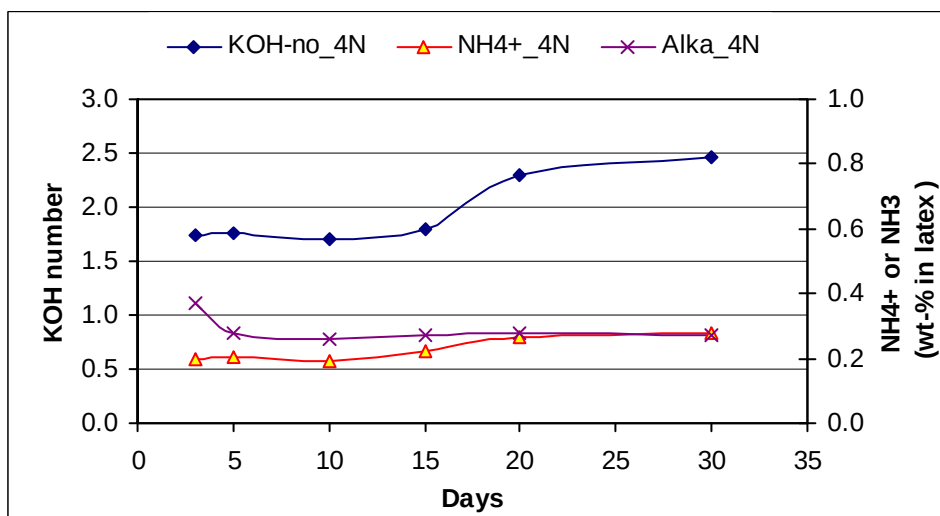
5.6 ติดตามความสัมพันธ์ของการวัดปริมาณแอมโมเนียมอิสระกับค่า KOH number และ อัลคาไลน์ตี้

5.6.1 แอมโมเนียมอิสระกับค่า KOH number และ อัลคาไลน์ตี้

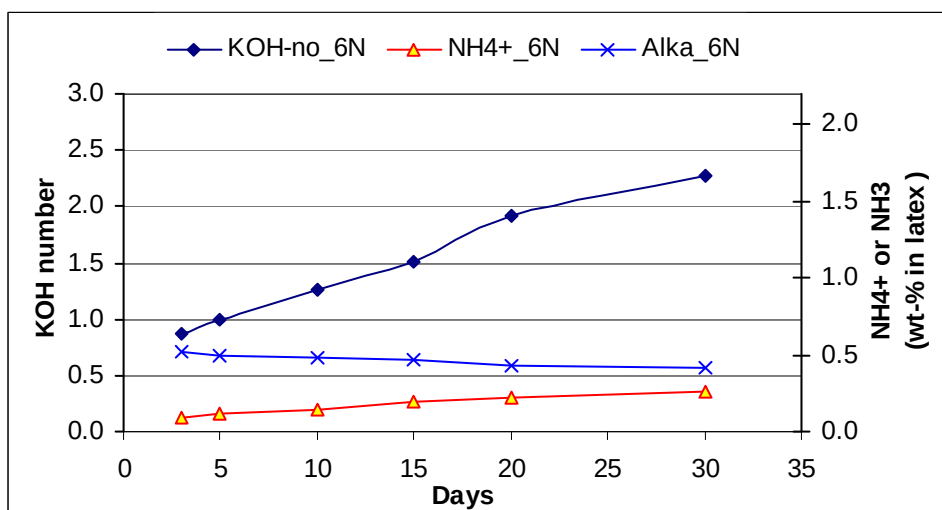
น้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ (3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน) ติดตามการเปลี่ยนแปลงของ KOH number หรือ จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมในน้ำยางที่มีของแข็งอยู่ 100 กรัม จำนวนโมล ของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง จะเท่ากับจำนวนโมล ของเกลือแอมโมเนียม หรือแอมโมเนียที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 6% NH_3 โดยน้ำหนักน้ำยาง ดังแสดงในรูปที่ 16-18 ตามลำดับ



รูปที่ 16 เปรียบเทียบจำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมอิสระ ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

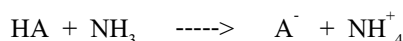


รูปที่ 17 จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียมอิสระ และค่าอัลคาไลน์ตี้ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

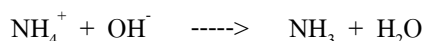


รูปที่ 18 จำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ แอมโมเนียม และค่าอัลคาไลน์ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

จากรูปที่ 16-18 น้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% และ 0.6% NH_3 เพียงอย่างเดียว ตรวจวัดปริมาณของแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางจากวิธีการตรวจสอบค่า KOH number โดยน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียซึ่งมีเกิดการคั่งขึ้นในน้ำยาง กรดจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย เกิดเป็นแอมโมเนียมขึ้น ดังปฏิกิริยา



ปริมาณของแอมโมเนียมสามารถหาได้โดยการไตเตรทย้อนกลับด้วยด่างแก่ เช่น โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยไฮดรอกไซด์อ่อนจะไปทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียม ได้แอมโมเนียกลับออกมา ดังสมการ



สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากด่าง (โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์) ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง จะเห็นว่า จำนวนโมลของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา มีค่าเท่ากับจำนวนโมลของเกลือแอมโมเนียม หรือแอมโมเนียที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง

จากรูปที่ 16 ในช่วงเวลาของการเก็บน้ำยางไว้ 30 วัน จะเห็นว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 มีค่า KOH number สูงกว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6 % NH_3 แสดงว่า น้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 มีเกลือแอมโมเนียมเกิดขึ้นในปริมาณมากกว่าน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 ซึ่งเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางนี้เกิดจากกรด 2 ชนิด คือ กรดที่ระเหยได้ และกรดที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งกรดที่ระเหยได้เป็นกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลสั้นๆ ที่เกิดจากแบคทีเรียในอากาศและจากเปลือกของต้นยางลงไปในน้ำยาง เพื่อกินสารอาหารซึ่งไม่ใช่ยาง เช่น น้ำตาล และโปรตีน เป็นต้น ปริมาณแบคทีเรียในน้ำยางจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการที่แบคทีเรียกินสารอาหารในน้ำยาง และเกิดการย่อยสลายให้สารซึ่งเป็นกรดที่มีความยาวโซ่สั้น ซึ่งเป็นกรดระเหยง่าย ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และโพรไพโอนิก โดยกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้นมีจำนวนมาก กรดนี้จะทำปฏิกิริยากับสารละลายแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางเป็นเกลือแอมโมเนียม จึงทำให้ค่า

KOH number ที่มีอยู่ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4 % NH_3 มีค่าสูงด้วย ส่วนกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวเป็นกรดที่เกิดจากการสลายตัวของฟอสโฟไลปิดที่มีอยู่ตรงผิวของอนุภาคยาง จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย มีผลทำให้เกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมของกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวหรือสบู่ในน้ำยาง ส่งผลให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะพบสบู่ในน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียสูงมากกว่าน้ำยางที่มีปริมาณแอมโมเนียต่ำ

รูปที่ 17-18 แสดงการความสัมพันธ์ของการวัดปริมาณแอมโมเนียมกับค่า KOH number และ Alkalinity (หลังการเก็บน้ำยางที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน พบว่าน้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 จะมีปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางไว้อย่างช้าๆ จาก 0.20 เป็น 0.28% และ 0.1% เป็น 0.26% ตามลำดับ หากติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียมจากค่า KOH number และ แอมโมเนียที่ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยาเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า แอมโมเนียมในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 จะมีปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางไว้ โดยในช่วงเวลา 30 วันจะ มีปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้น 0.08% และ 0.0.16% โดยน้ำหนักน้ำยางตามลำดับ

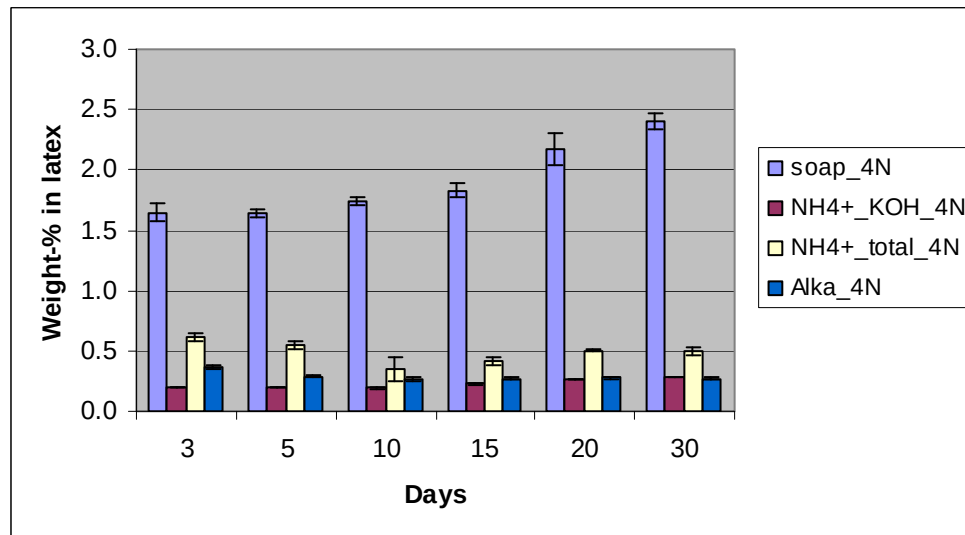
น้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 จะมีค่า KOH number หรือ แอมโมเนียมเพิ่มขึ้นตลอด 30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ ส่วนน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 จะมีปริมาณแอมโมเนียมเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเก็บน้ำยางไว้ ต่อจากนั้นช่วง 15-20 วันของการเก็บน้ำยางไว้ด้วย 0.4% NH_3 พบว่าปริมาณของแอมโมเนียมหรือแอมโมเนียที่ถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยาเกิดเป็นเกลือแอมโมเนียม จะมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำยางเริ่มมีความหนืดเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจำนวนของแอมโมเนียมที่ตรวจสอบในน้ำยางรูปของ KOH number ที่มีอยู่ในน้ำยางในช่วง 20-30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ด้วย 0.4% NH_3 พบว่าแอมโมเนียมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากใน 20 วันของการเก็บน้ำยางไว้ และค่า KOH number จะมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลา 30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ แสดงว่ามีเกลือแอมโมเนียมที่เกิดขึ้น เกิดจากกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลเล็กๆ หรือ ค่า VFA ของน้ำยางมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากพบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำยางมีความหนืดมากขึ้น น้ำยางมีความเสถียรลดน้อยลง และเกิดการสูญเสียสภาพ ภายหลังจากเก็บไว้ 1 เดือน

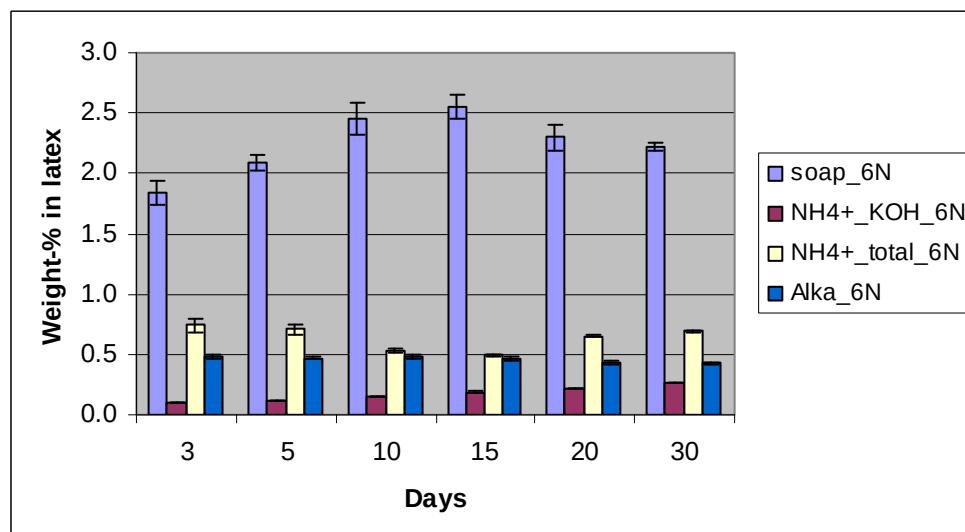
สำหรับค่า alkalinity ของ น้ำยางที่เก็บรักษาน้ำยางด้วย 0.4% NH_3 ในช่วง 5 วันแรก (รูปที่ 17) พบว่าปริมาณของแอมโมเนียที่เหลืออยู่ในน้ำยางจะลดลงค่อนข้างมาก (ประมาณ 0.2%) ขณะที่ปริมาณของแอมโมเนียมไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แสดงว่าแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยางบางส่วนเท่านั้นที่ถูกไฮโดรไลซิสเปลี่ยนเป็นรูปแอมโมเนียม บางส่วนทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว เกิดเป็นสบู่ขึ้น นอกจากนั้นในช่วงวันแรกๆ แอมโมเนียที่อยู่ในรูปของสารระเหยได้ ก็จะถูกระเหยออกไปด้วย หลังจาก 5 วันของการเก็บน้ำยางไว้ ปริมาณของแอมโมเนียจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมาก

5.6.2 สบู่ แอมโมเนียมอิสระ และ อัลคาไลไนต์

น้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 เป็นเวลา 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน ตรวจสอบปริมาณสบู่ และแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในสารผสมน้ำยาง ด้วยเทคนิคการไทเทรต และวัดค่าการนำไฟฟ้า ตรวจสอบจำนวนแอมโมเนียมที่มีอยู่เดิมในน้ำยางด้วยวิธีการวัดค่า KOH number ในน้ำยาง และตรวจวัดปริมาณค่าที่มีอยู่ในน้ำยางด้วยการตรวจวัดค่าอัลคาไลไนต์ ได้ผลดังแสดงรูปที่ 19-20 ตามลำดับ



รูปที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และอัลคาไลไนต์ในน้ำยาง เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ



รูปที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และอัลคาไลไนต์ในน้ำยาง เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

รูปที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และค่าอัลคาไลน์ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 เป็นเวลา 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน พบว่าปริมาณสบู่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอด 30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ แสดงว่า สารพวกฟอสโฟไลปิด หรือ โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางเกิดปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส เกิดเป็นกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลยาวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งกรดไขมันอิสระที่มีโมเลกุลยาวจะทำให้ปฏิกิริยาต่อกับสารที่เป็นเบส หรือแอมโมเนีย ทำให้สบู่ค่อย ๆ เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างช้าๆ

สบู่ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอด 30 วันของการเก็บน้ำยางไว้ โดยเสาวนีย์ และคณะ (2550) ได้รายงานว่าหลังจากเก็บรักษาน้ำยางสด ด้วย 0.4% NH_3 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง น้ำยางจะมีสบู่เกิดขึ้น และสบู่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันแรก และสบู่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากในน้ำยางธรรมชาติจะมีสบู่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยสารฟอสโฟไลปิดชนิด α -Lecithin บนผิวของอนุภาคยางเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกลายเป็นอนุมูลของกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในสภาวะที่เป็นด่างในน้ำยาง จึงเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกันเกิดเป็นสบู่ขึ้น (Blackley, 1997) ในช่วง 15 วันแรกของการเก็บน้ำยาง จะมีสบู่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และอัตราการเกิดสบู่จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อยในช่วงวันที่ 15-20 ของการเก็บน้ำยางไว้

ปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 ซึ่งเป็นปริมาณแอมโมเนียมที่ตรวจวัดจากจำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือ KOH number เป็นจำนวนกรัมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอนุมูลกรด (acid radical) ที่รวมตัวกับแอมโมเนียในรูปของเกลือแอมโมเนียมในน้ำยางที่มีของแข็งทั้งหมด 100 กรัม (ซึ่งค่า KOH number ที่ได้จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเสถียรของน้ำยางและบอกถึงคุณภาพของน้ำยาง เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ยางบางชนิดหรือไม่ มีกำหนดในมาตรฐานต่าง ๆ เช่น มาตรฐานสากล ISO 127, มาตรฐานอังกฤษ BS 6057-3.5 และมาตรฐานอเมริกัน ASTM D1076 เป็นต้น) ในช่วงแรกของการเก็บน้ำยางสดด้วย 0.4% NH_3 น้ำยาง พบว่าจำนวนโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือ KOH number มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเพิ่มมากขึ้นในวันที่ 20 ของการเก็บน้ำยางไว้ (ดังรูปที่ 16) แสดงให้เห็นว่าแอมโมเนียมที่เพิ่มขึ้นในช่วงหลังจาก 20 วัน จะปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดจากกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาวทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเกิดเป็นสบู่ขึ้นในน้ำยาง สบู่ในช่วงวันที่ 20-30 จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

ส่วนปริมาณของแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง มีปริมาณสูงกว่าค่าอัลคาไลน์ของน้ำยางที่วัดโดยการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดประมาณ 0.1-0.2% เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่ตรวจวัดโดยวิธีการไทเทรตและวัดการนำไฟฟ้า เป็นปริมาณแอมโมเนียทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ซึ่งสารละลายแอมโมเนียที่เหลืออยู่ในน้ำยางได้ถูกทำให้รูปของเกลือแอมโมเนียมหมด แล้วจึงนำมาไทเทรตย้อนกลับด้วยสารละลายมาตรฐานด่าง ดังนั้นวิธีการไทเทรตและวัดการนำไฟฟ้า จึงเป็นการตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่จริงทั้งหมดในน้ำยางขณะที่ทำการทดสอบ หรือก่อนที่จะนำน้ำยางมาทำผลิตภัณฑ์ ส่วนวิธีการไทเทรตด้วยกรดและใช้อินดิเคเตอร์ ตรวจวัดค่าอัลคาไลน์ จะมีแอมโมเนียบางส่วนอาจจะหายออกระหว่างการไทเทรต และค่าที่ตรวจวัดได้จะเป็นปริมาณของด่างที่คงมีเหลืออยู่ในน้ำยางเท่านั้น

รูปที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณสปู ปริมาณแอมโมเนียม แอมโมเนียมอิสระทั้งหมด และค่าอัลคาไลน์ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3, 5, 10, 15, 20 และ 30 วัน จะเห็นว่าปริมาณสปูเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บน้ำยางไว้ แสดงว่าสารละลายแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางมีปริมาณมากพอ จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของโปรตีนและฟอสโฟไลปิกที่ผิวของอนุภาคยาง โดยโปรตีนจะแตกตัวให้สารที่เป็นกรดไขมันโมเลกุลยาว กลุ่มคาร์บอกไซด์ได้แก่ สารพวกพอลิเปปไทด์ กรดอะมิโน ฟอสโฟไลปิก และสารกลีเซอรอล (วรากรณ์, 2525) อนุผลของกรดไขมัน อนุผลของฟอสเฟต และอนุผลอินทรีย์ จะทำปฏิกิริยาต่อกับแอมโมเนียมในน้ำยางเกิดเป็นสปู หรือเกลือแอมโมเนียมของกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว มีผลทำให้น้ำยางมีความเสถียรเพิ่มขึ้นด้วย (Pendel and Gorton (1978) สปูที่เกิดขึ้นจะเป็นสปูที่มีองค์ประกอบแอมโมเนียม ดังนั้นปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย

หลังจาก 15 วันของการเก็บน้ำยางด้วย 0.6% NH_3 ปริมาณสปูที่ตรวจวัดได้จะมีปริมาณลดน้อยลง สภาพความเป็นเบสของน้ำยางจะลดลง ค่าอัลคาไลน์ที่ตรวจวัดได้มีค่าน้อยลง ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียมจากจำนวนไปดัสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือ KOH number ที่มีในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 พบว่าปริมาณแอมโมเนียมมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้น (ตลอด 30 วัน) แสดงว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียมจากการตรวจวัดค่า KOH number ในช่วง 15 วันแรกแอมโมเนียมที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นแอมโมเนียมที่เกิดจากสปูที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในน้ำยาง ส่วนหลังจาก 15 วัน สปูมีปริมาณลดน้อยลงแต่แอมโมเนียมมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่า แอมโมเนียมที่ตรวจวัดได้เป็นเกลือแอมโมเนียมที่เกิดจากกรดไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น ฟอรั่มิก อะซิติก โพรไพโอนิก สามารถตรวจสอบได้จากค่า VFA ที่เกิดขึ้น และสปูที่มีอยู่เดิมบางส่วนเกิดการสูญเสียสภาพไป เนื่องจากสปูทำปฏิกิริยากับกรดที่เกิดขึ้นในน้ำยาง อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบด้วยเทคนิคการไทเทรตแล้ววัดการนำไฟฟ้า พบว่าปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ จะมีปริมาณสูงเช่นเดิม

น้ำยางธรรมชาติเป็นสารแขวนลอยที่มีสิ่งเจือปน ประเภทสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ รวมทั้งอออนประกอบ เช่น Amino Acids และ N-Bases อยู่ด้วย (Blackley, 1997) ส่งผลทำให้ปริมาณของแอมโมเนียมที่ตรวจสอบได้มีค่ามากกว่าปริมาณแอมโมเนียมที่เดิมลงไปจริง และช่วงระยะเวลาที่เก็บน้ำยางไว้มีผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียมที่ตรวจสอบได้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสมบัติของน้ำยาง ปริมาณสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่เจือปนในน้ำยาง รวมทั้งสารเคมีที่ใช้เก็บรักษาน้ำยาง และประสิทธิภาพของการเก็บรักษาน้ำยางด้วย

ค่าอัลคาไลน์ของน้ำยางมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียมในน้ำยางคือ แอมโมเนียมในน้ำยางซึ่งตรวจวัดจากค่า KOH number มีปริมาณค่อยๆ เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับสปูในน้ำยาง แต่ค่าอัลคาไลน์ของน้ำยางจะมีค่าค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ สำหรับการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้าพบว่าค่าแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง จะเป็นผลรวมของปริมาณแอมโมเนียมทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมด ($\text{NH}_4^+_{\text{total}}$) ที่ตรวจวัดได้ แสดงประจุบวกทั้งหมดซึ่งทำปฏิกิริยากับด่างที่เดิมลงไป ทำให้สามารถตรวจหาปริมาณของแอมโมเนีย หรือแอมโมเนียมที่มีอยู่ขณะที่ทำการไทเทรตโดยวิธีการการย้อนกลับ

5.6.3 แอมโมเนียมอิสระรูปแบบต่างๆ และค่าอัลคาไลน์ดีในน้ำยาง

น้ำยางสดที่เก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 โดยน้ำหนักน้ำยาง ที่ระยะเป็นเวลาต่างๆ แล้วนำมาตรวจสอบปริมาณสนุ่ และแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ด้วยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า ตรวจสอบจำนวนแอมโมเนียมที่มีอยู่เดิมในน้ำยางด้วยวิธีการวัดค่า KOH number ในน้ำยาง และตรวจสอบปริมาณค่าที่มีอยู่ในน้ำยางด้วยการวัดค่าอัลคาไลน์ดี สามารถหาปริมาณของแอมโมเนียมอิสระหรือแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่จริงในน้ำยาง เปรียบเทียบปริมาณสนุ่ ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีรูปแบบต่างๆ และอัลคาไลน์ดีในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 และ 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 21-22 ตามลำดับ

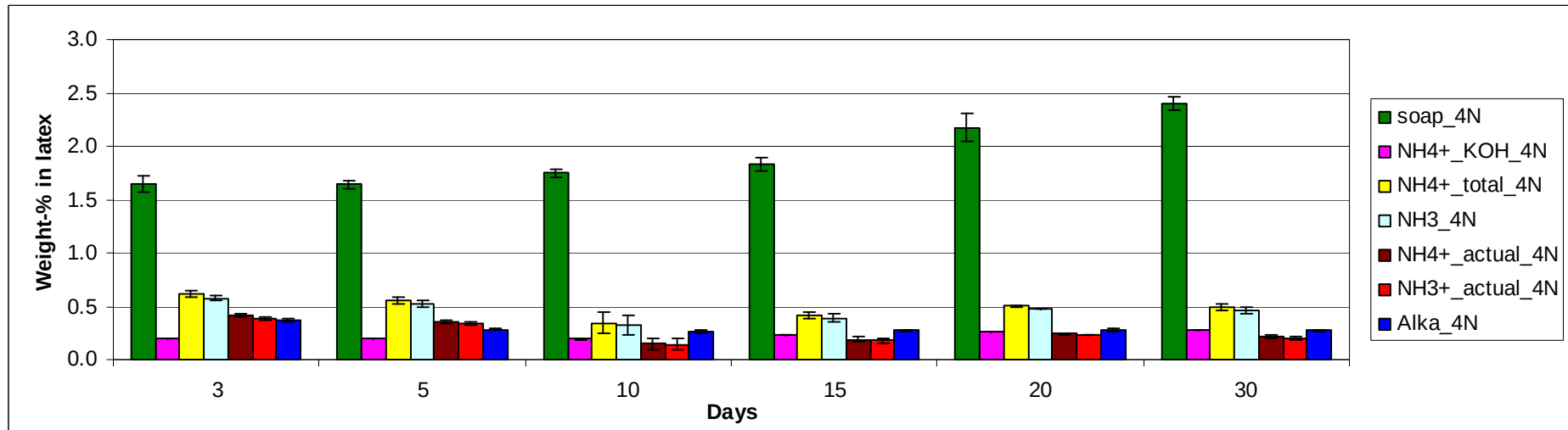
ปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมด (NH_4^+ _total) ที่มีอยู่ในน้ำยาง ตรวจสอบโดยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้า ประกอบด้วยปริมาณของแอมโมเนียมอิสระซึ่งตรวจวัดได้จากวิธีการหาค่า KOH number (NH_4^+ _KOH) และแอมโมเนียมอิสระที่มีจริง (NH_4^+ _actual) ซึ่งมาจากแอมโมเนียมที่มีอยู่จริงในขณะที่ไทเทรต ซึ่งทำให้สามารถหาปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่จริงได้เช่นเดียวกัน ดังสมการ

$$(\text{NH}_4^+_{\text{total}}) = (\text{NH}_4^+_{\text{KOH}}) + (\text{NH}_4^+_{\text{actual}})$$

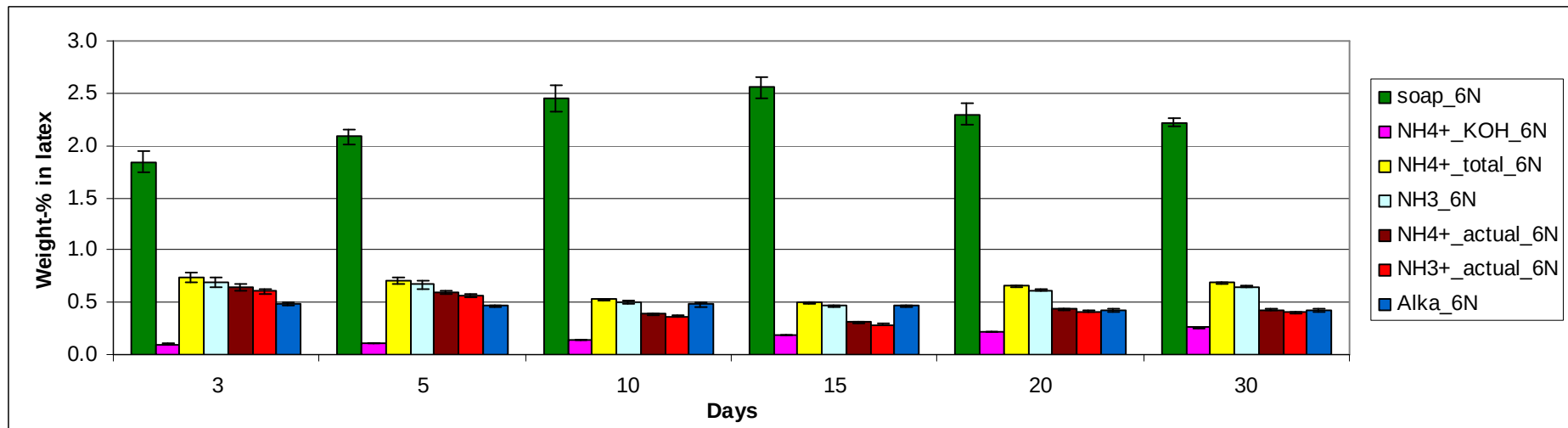
$$(\text{NH}_3_{\text{actual}}) = (\text{NH}_4^+_{\text{actual}}) / 18 \times 17$$

เทคนิคการตรวจวัดสนุ่ในน้ำยางด้วยเทคนิคการไทเทรตและวัดค่าการนำไฟฟ้านั้น ได้มีการปรับเปลี่ยนแอมโมเนียมที่มีอยู่จริง ($\text{NH}_3_{\text{actual}}$) ในน้ำยาง ซึ่งอาจเป็นสารละลายแอมโมเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำยาง และสารที่สามารถระเหยได้ที่มีอยู่ในน้ำยางจริงในขณะนั้น แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสารละลายเกลือแอมโมเนียม ซึ่งไม่ระเหย แต่สามารถละลายน้ำได้ 100% โดยปริมาณแอมโมเนียมทั้งหมดที่ละลายน้ำ จะอยู่ในรูปไอออนที่มีประจุบวก หรือ แอมโมเนียมอิสระ [NH_4^+] ในน้ำยาง ดังนั้นเมื่อทำการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่างและวัดค่าการนำไฟฟ้า จะสามารถตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางได้ โดยจะเป็นปริมาณของค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในช่วงที่ 3 ซึ่งเป็นปริมาณค่าใช้ในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอิสระทั้งหมด (NH_4^+ _total) ที่มีประจุบวกที่มีอยู่ในน้ำยาง ดังนั้นน้ำยางที่เก็บรักษาด้วย 0.4% และ 0.6% NH_3 ในช่วงระยะเวลาต่างๆ จะมีปริมาณของแอมโมเนียมอิสระ หรือแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ใน รูปแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 21-22

ปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ซึ่งแอมโมเนียมที่ตรวจพบนี้ อาจเป็นส่วนประกอบหนึ่งของกรดอะมิโน เปปไทด์ หรือกรดไขมันอิสระอื่นๆ ที่มีประจุบวกทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาง ซึ่งจะทำให้ทราบความแปรปรวนของสมบัติความเสถียรของน้ำยาง ที่ทำให้ควบคุมสมบัติของน้ำยางได้ยาก และเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต หากทราบปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่จริงในน้ำยาง ทำให้สามารถควบคุมสมบัติของน้ำยางในช่วงที่จะนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้



รูปที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีรูปแบบต่างๆ และอัลคาไลไนต์ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.4% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ



รูปที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณสบู่ ปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีรูปแบบต่างๆ และอัลคาไลไนต์ในน้ำยางเก็บรักษาด้วย 0.6% NH_3 ที่ระยะเวลาต่างๆ

6. สรุป

การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า มีการเปลี่ยนปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำยางให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน ซึ่งจะทำให้สารละลายแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางไม่สามารถระเหยออกไปอีก โดยการตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยางนี้สามารถตรวจหาได้จากช่วงที่ 3 ของเทคนิคการไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานต่างร่วมกับการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยาง โดยน้ำยางธรรมชาติที่นำมาเจือจางให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 15% น้ำหนัก 4-8 กรัม เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทดสอบหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง ผลการตรวจวัดพบว่าสามารถตรวจสอบปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยางได้ค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 90% ซึ่งเทคนิคนี้สามารถตรวจสอบปริมาณสบู่และแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยางพร้อมกัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถควบคุมคุณภาพของน้ำยางในระหว่างการผลิตได้ง่ายขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของน้ำยางที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลาการเก็บน้ำยางไว้
- ศึกษาสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้ากับปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง และกรดระเหยง่ายที่เกิดขึ้น รวมทั้งปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นจากการเก็บน้ำยางไว้ระยะหนึ่ง

8. เอกสารอ้างอิง

- บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มอ. ปัตตานี.
- ภูมิธ รัชชา. 2538. ความเสถียรของน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มอ. ปัตตานี.
- วรารณ ขจรไชยกุล. 2525. น้ำยาง. เอกสารวิชาการเลขที่ 109. ศูนย์วิจัยยางสงขลา
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2547. การผลิตยางธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มอ. ปัตตานี.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐธรรม และปิยะพร สวนจันทร์. 2547. การตรวจสอบ Ammonium Laurate ในน้ำยางธรรมชาติและสมบัติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มอ. ปัตตานี.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี และ วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐธรรม. 2548. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณรวมของสบู่อาร์บอกลีเตดในน้ำยางธรรมชาติโดยใช้เทคนิคการไทเทรตร่วมกับการวัดการนำไฟฟ้า ตามคำขอสิทธิบัตร เลขที่ 103783
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี ศิวพงศ์ ศรีเพ็ชร และ เกรียงไกร วุฒิสีกดิ์. 2550. การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการหาปริมาณสบูในน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้เทคนิคการไทเทรตร่วมกับการวัดการนำไฟฟ้า. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG 4950121.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2552. การตรวจหาปริมาณกรดอะครีอิกในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิควัดการนำไฟฟ้า สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- ASTM D1076-97, 2000, Specification for Rubber - Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed and Centrifuged Natural Latex.
- Blackley D.C., 1997, Polymer Latices Science and Technology. 2nd edition, vol 1. McClaren and sons, London.
- BS 6057-3.5, 1996, Determination of KOH number of natural rubber latices.
- Chen, S. and Ng, C, 1984, The natural higher fatty acid soaps in natural rubber latex and their effect on the mechanical stability of the latex. Rubber Chemistry and Technology, 57: 243.
- Cockbain, E.G. and Philphot, M.W., 1963, The Chemistry and Physics of Rubber Like Substances. Bateman, L. editor, John Wiley & Sona, New York.
- Hobart H. Willard, Lynne L. Merritt. JR. and John A. Dean, 1974, Instrumental methods of analysis, 5th edition, D. Van Nostrand company, New York.
- ISO 127, 1995, Rubber, natural latex concentrate - Determination of KOH number
- Maron, S.H., Ulevitch I.N. and Elder, M.E., 1949, Analytical Chemistry, 21 : 691.
- Pendel T.D. and Gotton A.D.T., 1978, The Mechanical Stability of Natural Rubber Latexes, Rubber Chemistry and Technology, 51 : 994
- Raymond Chang J., 2007, Chemistry , McGraw-Hill Education, 9th edition, Williams College, United Kingdom.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 7 ค่าปริมาณสบู่ แอมโมเนียมอิสระ และ แอมโมเนีย ของน้ำยางสดเจือจาง 15% DRC แปรน้ำหนัก น้ำยาง 2, 4, 8 และ 12 กรัม

Statistic values	FL	%soap	%NH4	%NH3
average	2g	1.50	0.36	0.34
SD		0.10	0.05	0.04
up		1.60	0.40	0.38
down		1.40	0.31	0.29
precision (%)		86.67	74.02	74.02
average	4g	1.63	0.43	0.41
SD		0.05	0.01	0.01
up		1.68	0.44	0.42
down		1.58	0.42	0.40
precision (%)		93.75	95.60	95.60
average	8g	1.55	0.43	0.41
SD		0.03	0.01	0.01
up		1.57	0.44	0.42
down		1.52	0.42	0.40
precision (%)		96.77 *	94.74	94.74
average	12g	1.78	0.47	0.44
SD		0.04	0.02	0.02
up		1.83	0.48	0.46
down		1.74	0.45	0.43
precision (%)		94.96	92.84	92.84

สูตร ผลรวมค่าที่ตรวจวัด X ตัวอย่าง :

$$\sum_{i=1}^N x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N$$

สูตรค่าเฉลี่ย (average) จากจำนวนตัวอย่าง N :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

สูตรหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation , S) :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{N - 1}}$$

สูตรหาร้อยละความแม่นยำของการตรวจวัด (%precision)

$$\%precision = 100 - [(average\ value + S\ value) - (average\ value - S\ value)] / average\ value * 100$$

* ตัวอย่างการคำนวณ

ความแม่นยำของการตรวจวัดด้วยน้ำยางเจือจาง 15% ใช้น้ำหนัก 8 กรัม

$$\%precision = 100 - [(1.57 - 1.52) / 1.55] * 100 = 96.77\%$$

ภาคผนวก ข

คำชี้แจงข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

“การตรวจหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระในน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิคการนำไฟฟ้า”

สัญญาเลขที่ RDG5050053

ความเห็นด้านวิชาการ (Technical)

1. การทดสอบสมบัติต่างๆ ของน้ำยาง หลายๆ รายการ ได้มีมาตรฐานใน ISO แล้ว ต่อกันนักวิจัยควรอ้างอิงมาตรฐาน ISO ที่ทุกๆ ประเทศกำลังใช้อ้างอิงมากกว่าการใช้ ASTM หรือ BS เพราะ ไม่ใช่สากล
 ตอบ รับพิจารณา
2. ตรวจสอบมาตรฐาน ASTM D1076 ว่าเป็นมาตรฐานอะไร specification หรือ วิธีทดสอบ Alkalinity (ทั้งในบทสรุป ผู้บริหารและหน้า 4)
 ตอบ ชื่อเต็มมาตรฐาน ASTM D1076 คือ ASTM D1076-1997 Standard Specification for Rubber—Concentrated, Ammonia Preserved, Creamed, and Centrifuged Natural Latex. เป็นมาตรฐานน้ำยางธรรมชาติขั้นที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย ในมาตรฐานนี้จะระบุวิธีการทดสอบ (Methods of Testing) ที่กำหนดในมาตรฐาน ได้แก่ Total Solids, Dry Rubber Content , Total Alkalinity , KOH Number, pH เป็นต้น
3. วิธีการดำเนินงานยังไม่มีแสดงวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า
 ตอบ วิธีการอยู่ในหัวข้อ 4.1 หมายเหตุ ** หน้า 3
4. หน้า 5 ตกลงว่างานวิจัยนี้ใช้น้ำที่มีประจุหรือไม่
 ตอบ ใช้น้ำชนิดที่ไม่มีประจุ
5. ตารางที่ 4 หน้า 13 ค่า Alkalinity pH และ EC วัดค่าเหล่านี้ในเวลาใด น้ำยางมีการเก็บรักษาไว้นานเท่าไร หรือทำการวัดทันที และค่า Alkalinity ที่ต่างกันมาก ให้ EC ต่างกันน้อย (ค่า EC 5.14 กับ 5.47 ถือว่าต่างกันหรือไม่ พิสูจน์ได้อย่างไร)
 ตอบ ตรวจวัดสมบัติในวันแรกของการเก็บตัวอย่างน้ำยาง
 ค่า Alkalinity มีความแตกต่างกัน มีค่า EC ที่วัดได้ (EC 5.14 กับ 5.47) ซึ่งมีความแตกต่างกันด้วย หากเก็บรักษาน้ำยางไม่ดี หรือมีการเกิดขึ้นในน้ำยาง น้ำยางที่มีค่า Alkalinity ต่ำ จะมีค่า EC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงกว่าน้ำยางที่มีค่า Alkalinity สูงกว่าได้ (เสาวนีย์, 2552) พิสูจน์ได้โดยการตรวจวัดค่า VFA ที่มีอยู่ในน้ำยาง
6. การอธิบายผลการทดลองต่างๆ เช่น หน้า 13 น้ำยางสดจะมี DRC น้อยกว่าน้ำยางชั้น LA หรือหน้า 16 ความเข้มข้นของน้ำยางมาก น้ำหนักเนื้อยางแห้งจะมีค่ามากด้วย เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ไม่ใช่สิ่งที่ค้นพบ แต่เป็นเรื่องปกติโดยทั่วไป
 ตอบ เพื่อให้อธิบาย ให้ชัดเจน เข้าใจง่าย
7. หัวข้อ 5.4-5.6 ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
 ตอบ มีกำหนดในแนวทางการดำเนินวิจัยในโครงการวิจัยนี้ (เลขที่สัญญา RDG5050053)

8. หากสามารถสรุปเป็นคู่มือวิธีการตรวจในลักษณะของ Direction ได้ก็จะดี

ตอบ รับพิจารณา ซึ่งต้องใช้เวลา และงบประมาณเพิ่มเติมต่อไป

ข้อสังเกต

1. เทคนิค EC ให้ความเที่ยงตรงอย่างไร เทียบกับอะไร

ตอบ เทคนิค EC เหมาะสำหรับการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำยางที่ได้จากกลุ่มคาร์บอกไซด์ เนื่องจากเห็นจุดเปลี่ยนเว้าที่ชัดเจน เมื่อเทียบกับวัดค่า pH หรือการใช้อินดิเคเตอร์ จะไม่เห็นจุดเปลี่ยนที่ชัดเจน

2. ไม่เพิ่มค่าใช้จ่ายอย่างไร เช่น ตรวจด้วยวิธีหาสนุ เสียค่าใช้จ่ายเท่าไร ตรวจโดยวิธีหาปริมาณแอมโมเนียมอิสระ เสียค่าใช้จ่ายเท่าไร ควรแสดงต้นทุนในการวิเคราะห์

ตอบ ไม่เสียค่าใช้จ่ายใดเพิ่มเติมจากที่ใช้ในการตรวจหาปริมาณสนุ

(เพราะใช้วิธีการ และขั้นตอนเดียวกันกับการตรวจหาปริมาณสนุ)

สิ่งจำเป็นต้องใช้ เป็นค่าใช้จ่าย คือ

เครื่องวัดการนำไฟฟ้า และ pH ราคาประมาณ 40,000 บาท

สารเคมีที่ใช้เป็นกรดเกลือและโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งที่ใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการเคมี คือ

Emulwin W (ราคา 350 บาท / กก.)

Propanal (ราคา 550 บาท / 2.5 ลิตร)

NaOH (ราคา 260 บาท / กก.)

HCl (ราคา 400 บาท / 2.5 ลิตร)

คิดเฉพาะราคาสารเคมี : เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 15 บาท/ 1 ครั้งทดสอบ

[สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร พร้อมที่จับ 3 อัน

บีกเกอร์ (ขนาด 250 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร) 3 อัน กระบอกตวง ขนาด 50 มิลลิลิตร เป็นต้น]

3. นักวิจัยสามารถควบคุมการผลิตได้อย่างไร

ตอบ เทคนิคการตรวจหาปริมาณสนุและวัดปริมาณแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่ในน้ำยาง

ทำให้ทราบปริมาณสนุ และแอมโมเนีย หรือแอมโมเนียมอิสระที่มีอยู่จริงในน้ำยาง ซึ่งจะเป็นค่าบ่งชี้ให้ทราบถึงคุณภาพของน้ำยางในช่วงที่ทำการผลิต และช่วยให้ควบคุมคุณภาพน้ำยางได้

ทำให้ทราบสาเหตุของปัญหาได้ง่ายขึ้น เช่น

- การเกิดฟองอากาศในน้ำยาง

- ความหนาของยางที่แบบหุบไม่สม่ำเสมอ

- น้ำยางไม่เสถียรในช่วงการผลิต

- น้ำยางเกิดการจับตัวลักษณะคล้ายเป็นเม็ดพริก เป็นต้น