



คู่มือปฏิบัติงาน

เรื่อง  
ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง

นางสาวมาชิตา เลขผล  
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญ

มหาวิทยาลัยทักษิณซึ่งเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความเป็นเลิศ ผลิตบัณฑิตมืออาชีพที่มีความสามารถรอบรู้ในหลากหลายมิติ พร้อมด้วยคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม ขยายงานทางด้านการศึกษา และการบริการวิชาการ ให้เป็นที่ยอมรับต่อสังคมและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ เพื่อเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา และนวัตกรรม จึงได้มีคำสั่งที่ 2300/2557 ลงวันที่ 18 เมษายน 2557 แต่งตั้งคณะกรรมการยกร่างโครงการจัดตั้งคณะและศูนย์มหาวิทยาลัยทักษิณ และคำสั่งที่ 2662/2557 ลงวันที่ 12 มิถุนายน 2557 แต่งตั้งอนุกรรมการยกร่างโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อจัดทำโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยบรรจุอยู่ในแผนพัฒนามหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ระยะที่ 2 (พ.ศ.2559 – 2564) มีภาระงานหลักในการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรแบบบูรณาการเน้นผลิตวิศวกรมืออาชีพที่มีความรู้ ความสามารถในการวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่เข้าใจกระบวนการทางอุตสาหกรรมบนพื้นฐาน มีจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม และความรับผิดชอบต่อสังคม มีส่วนร่วมทำนุบำรุง ศิลปวัฒนธรรม ให้บริการวิชาการให้แก่สังคม ชุมชนอุตสาหกรรมต่างๆ สภามหาวิทยาลัยทักษิณ ในการประชุมครั้งที่ 6/2557 เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2557 มีมติอนุมัติการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และสำนักนายกรัฐมนตรีได้นำประกาศเรื่อง การจัดตั้งส่วนงานของมหาวิทยาลัย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2558 ตราลงในราชกิจจานุเบกษา มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2558 โดยจัดทำแผนการเปิดหลักสูตร เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 (พ.ศ.2558 – 2562) ระยะที่ 2 (พ.ศ.2563 – 2567)

เปิดสอนทั้งในระดับปริญญาตรีและบัณฑิตวิทยาลัย รายละเอียดของหลักสูตรในระยะที่ 1 (พ.ศ.2558 – 2562) คณะวิศวกรรมศาสตร์จะเปิดสอนหลักสูตรในระดับปริญญาตรี จำนวน 3 หลักสูตร คือ

- 1) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
- 2) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์
- 3) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

และระดับบัณฑิตศึกษา คือ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต และปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน

การเรียนการสอนในทุกหลักสูตรระดับปริญญาตรีของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จะมีการจัดการเรียนการสอนออกเป็น 2 หมวดรายวิชาสำคัญ ประกอบด้วย หมวดที่ 1 รายวิชาความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และสังคมศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้บัณฑิตมีความรู้กว้าง มีคุณธรรมจริยธรรม และมีจิตวิญญาณของการนำความรู้ที่เหมาะสมไปพัฒนาชุมชนและสังคม หมวดที่ 2 รายวิชาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์เฉพาะสาขา

เพื่อให้บัณฑิตมีความรู้ความชำนาญและมีทักษะในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้หมวดดังกล่าวประกอบด้วยวิชา พื้นฐานเฉพาะด้านทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งจัดการเรียนการสอนโดยคณะวิทยาศาสตร์ และวิชา พื้นฐานเฉพาะด้านจะจัดการเรียนการสอนโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ ประกอบด้วย รายวิชาบรรยาย รายวิชา ปฏิบัติการ และรายวิชาบรรยายร่วมกับรายวิชาปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์ให้นิสิตศึกษากระบวนการทาง วิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสาขาต่างๆ รายวิชาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่มีรายวิชาปฏิบัติการ ซึ่งมีความ จำเป็นต้องใช้ห้องปฏิบัติการ เช่น รายวิชาปฏิบัติการเคมีพอลิเมอร์ รายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง รายวิชา ปฏิบัติการกระบวนการขึ้นรูปยางและพอลิเมอร์ รายวิชาโครงการทางวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ 1 และ 2 เป็น ต้น โดยรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง เป็นรายวิชาปฏิบัติการที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนสาขา วิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ โดยในรายวิชาดังกล่าวจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของยางแห้ง และน้ำยาง เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์ผลในการแปรรูปยางในลำดับถัดไป

คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยียาง ใช้ประกอบในการปฏิบัติการของนิสิต หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมยางและ พอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยจะใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นเป็นเวลา 1 ภาคการศึกษา โดยแบ่งการ ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของยางแห้ง และน้ำยาง ที่จำเป็นต้องทราบก่อนการซื้อขาย ต่อจากนั้นยังมีการเพิ่มการ ทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

เนื่องจาก นิสิตทุกคนไม่ได้เริ่มต้นทำปฏิบัติการตั้งแต่บทที่ 1 เรื่อยไปจนจบ นิสิตบางคนต้องเริ่มต้นจากบท ที่ 2 หรือ 3 ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือปฏิบัติการที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นนิสิตอาจจะต้องทำการทดลองบางบทที่ยังไม่ได้ เรียนทฤษฎีมาก่อน ทำให้บทการทดสอบจึงต้องมีการปูทางทฤษฎีให้กับนิสิตด้วย

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง
2. เพื่อเป็นคู่มือให้บุคลากร ศึกษา ทำความเข้าใจ หลักเกณฑ์ วิธีการ ขั้นตอน เทคนิคการ ทดสอบคุณสมบัติต่างๆของยางธรรมชาติชนิดยางแห้งและน้ำยาง
3. เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เครื่องทดสอบ อุปกรณ์ และวัสดุต่างๆในรายวิชาปฏิบัติการ เทคโนโลยียาง แทนกันได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง
2. เป็นคู่มือให้บุคลากร ศึกษา ทำความเข้าใจ หลักเกณฑ์ วิธีการ ขั้นตอน เทคนิคการทดสอบ คุณสมบัติต่างๆของยางธรรมชาติชนิดยางแห้งและน้ำยาง
3. ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เครื่องทดสอบ อุปกรณ์ และวัสดุต่างๆในรายวิชาปฏิบัติการ เทคโนโลยียาง แทนกันได้

### ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือฉบับนี้ครอบคลุมปฏิบัติการเทคโนโลยียาง ที่เป็นการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของยางแห้งและน้ำยางที่เกิดจากยางธรรมชาติ และการทำผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำยางธรรมชาติ ทั้งการใช้เครื่องมือ เครื่องทดสอบ อุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมีต่างๆ

### คำจำกัดความ

เครื่องทดสอบ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของยางแห้งและน้ำยาง  
อุปกรณ์ และวัสดุ หมายถึง อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการเรียนการสอน เช่น กะละมัง กระจก ถังน้ำ  
สารเคมี หมายถึง สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผสมยางแห้งหรือน้ำยาง

## บทที่ 2

### โครงสร้าง ภารกิจของหน่วยงานและบทบาท

#### หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง

#### โครงสร้างการบริหารจัดการของคณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยทักษิณซึ่งเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความเป็นเลิศ ผลิตบัณฑิตมืออาชีพที่มีความสามารถรอบรู้ในหลากหลายมิติ พร้อมด้วยคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม ขยายงานทางด้านการศึกษา และการบริการวิชาการ ให้เป็นที่ยอมรับต่อสังคมและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ เพื่อเป็นการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา และนวัตกรรม จึงได้มีคำสั่งที่ 2300/2557 ลงวันที่ 18 เมษายน 2557 แต่งตั้งคณะกรรมการยกร่างโครงการจัดตั้งคณะและศูนย์มหาวิทยาลัยทักษิณ และคำสั่งที่ 2662/2557 ลงวันที่ 12 มิถุนายน 2557 แต่งตั้งอนุกรรมการยกร่างโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อจัดทำโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง โดยบรรจุอยู่ในแผนพัฒนามหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ระยะที่ 2 (พ.ศ.2559 – 2564) มีภาระงานหลักในการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรแบบบูรณาการเน้นผลิตวิศวกรมืออาชีพที่มีความรู้ ความสามารถในการวิจัยและพัฒนาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ที่เข้าใจกระบวนการทางอุตสาหกรรมบนพื้นฐาน มีจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม และความรับผิดชอบต่อสังคม มีส่วนร่วมทำนุบำรุง ศิลปวัฒนธรรม ให้บริการวิชาการให้แก่สังคม ชุมชนอุตสาหกรรมต่างๆ สภามหาวิทยาลัยทักษิณ ในการประชุมครั้งที่ 6/2557 เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2557 มีมติอนุมัติการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และสำนักนายกรัฐมนตรียังได้นำประกาศเรื่อง การจัดตั้งส่วนงานของมหาวิทยาลัย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2558 ตราลงในราชกิจจานุเบกษา มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2558 โดยจัดทำแผนการเปิดหลักสูตร เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 (พ.ศ.2558 – 2562) ระยะที่ 2 (พ.ศ.2563 – 2567)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จัดทำแผนการเปิดหลักสูตร เป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2558 - 2562) ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2563 - 2567) เปิดสอนทั้งในระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ในระยะที่ 1 (พ.ศ. 2558 - 2562) เปิดสอนหลักสูตรในระดับปริญญาตรี จำนวน 3 หลักสูตร คือ 1) วศ.บ. สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ 2) วศ.บ. สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ 3) วศ.บ. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และระดับบัณฑิตศึกษา คือ วศ.ม. และ ปร.ด. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

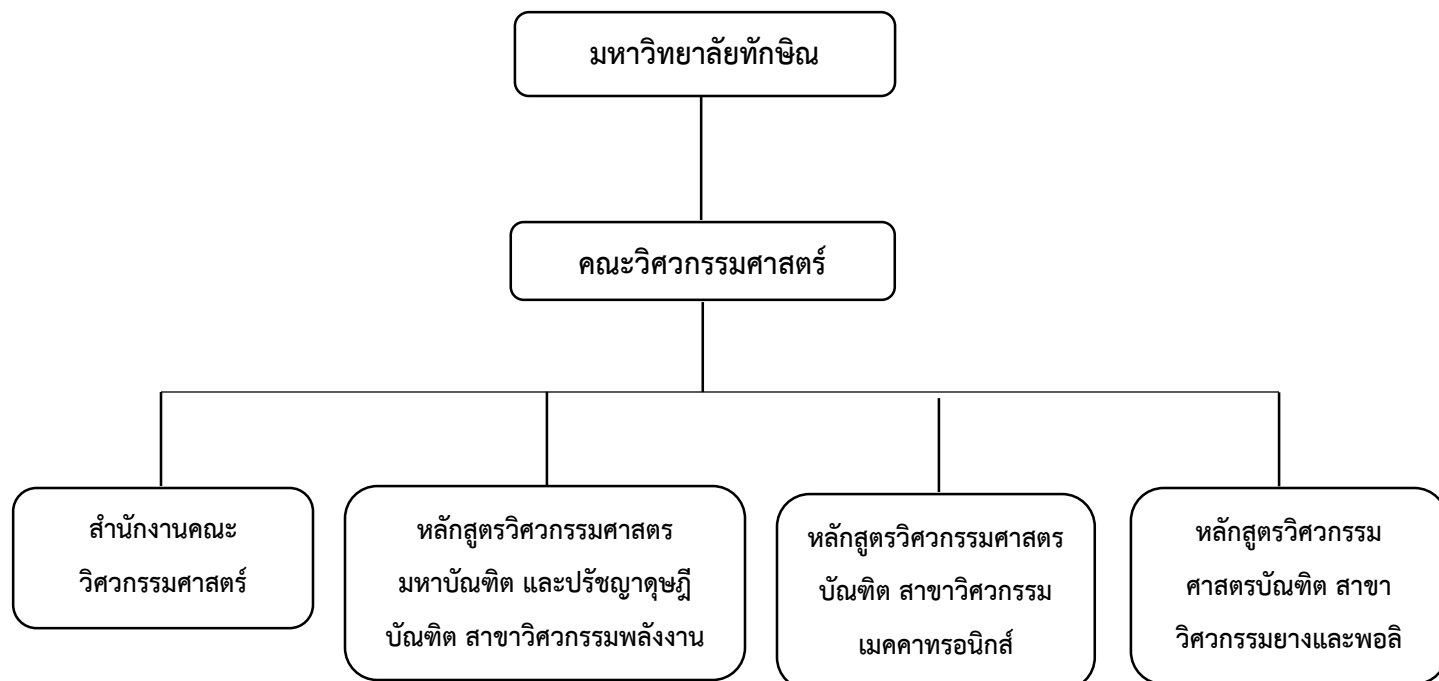
- หลักสูตรวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ผลิตวิศวกรช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การออกแบบเครื่องจักรกล รวมถึงการดูแล บำรุงรักษา เพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมในพื้นที่พัทลุงและภาคใต้ในอนาคต (เปิดสอนตั้งแต่ปีการศึกษา 2560)

- หลักสูตรวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ ด้วยสถานการณ์ยางพาราที่มีราคาตกต่ำ ส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรชาวสวนยาง ซึ่งเป็นอาชีพหลักของประชากรในพื้นที่พัทลุงและภาคใต้ วิศวกรรมยางและพอลิเมอร์จะเข้ามาช่วยบริหารจัดการ กระบวนการแปรรูป และการสร้างงานวิจัยใหม่ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ให้กับยางพารา (เปิดสอนตั้งแต่ปีการศึกษา 2560)

- หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล ผลิตวิศวกรที่สามารถออกแบบเครื่องจักรกล สามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการผลิต การออกแบบเครื่องจักรกลที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่และลักษณะการใช้งาน เพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม (อยู่ระหว่างการจัดซื้อจัดจ้างครุภัณฑ์ และยื่นการ รับรองหลักสูตรจากสภาวิศวกร ซึ่งคาดว่าจะสามารถเปิดสอนในปีการศึกษา 2565)

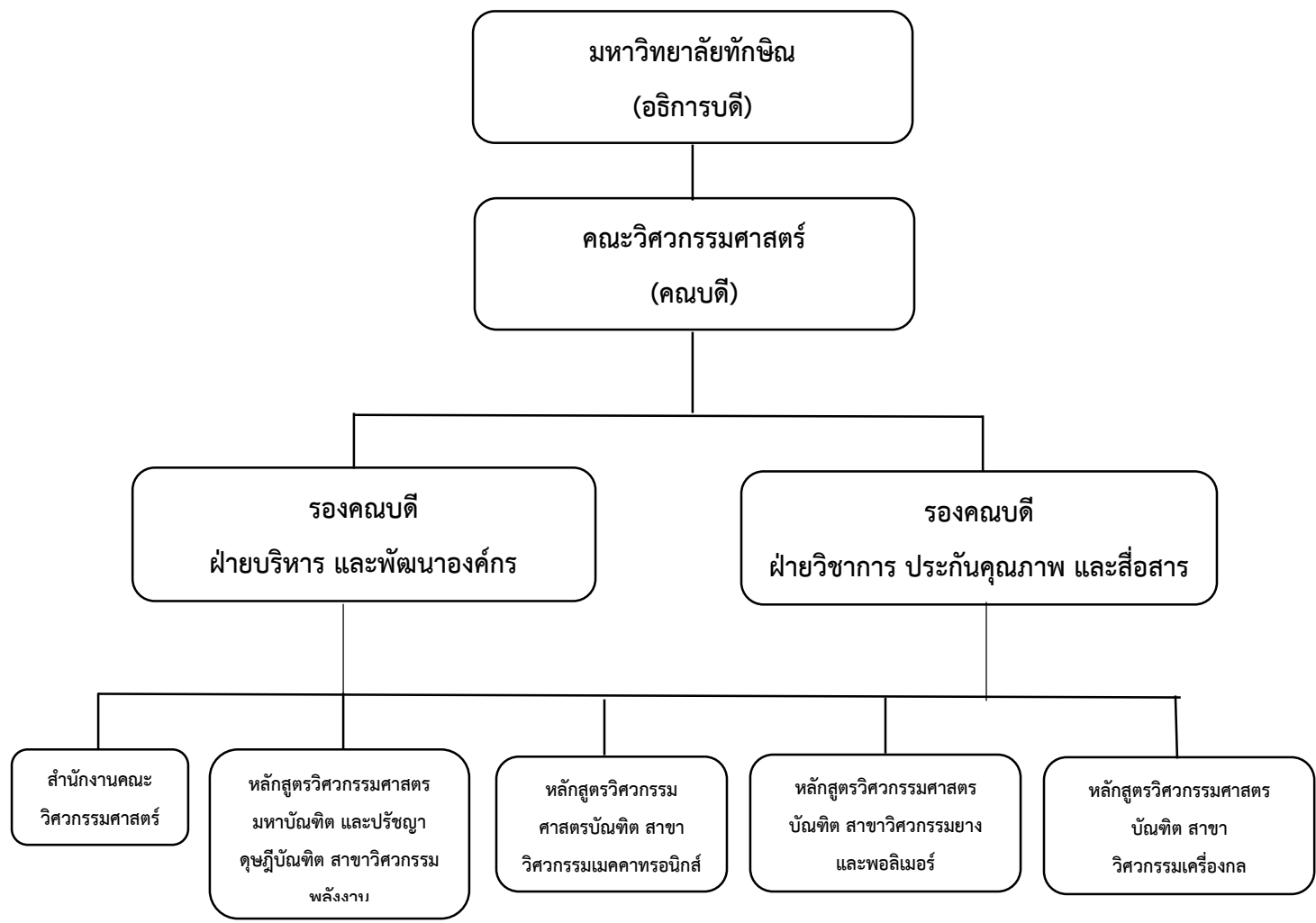
- หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน เป็นหลักสูตรที่เปิดที่แรกในพื้นที่ ด้วยภาคอุตสาหกรรมเป็นหน่วยงานที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดของประเทศไทย และมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งภาคอุตสาหกรรมจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์พลังงานในตลาดโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนมาใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น เพื่อลดการพึ่งพิงการนำเข้า พลังงานจากต่างประเทศ บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมพลังงาน จึงเป็นที่ต้องการเป็นอย่างมากในภาคอุตสาหกรรม เพื่อเข้ามาช่วยในการแสวงหาและพัฒนาพลังงานทดแทน และวิธีการใช้ทรัพยากรด้านพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (เปิดสอนตั้งแต่ปี การศึกษา 2559 ภาคเรียนที่ 2) ปีการศึกษา 2563 คณะวิศวกรรมศาสตร์มีบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาทั้งในระดับปริญญาตรีและระดับ บัณฑิตศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์มีการแบ่งส่วนงานภายในคณะฯ เป็น 4 ส่วนงาน ได้แก่ สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ และสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน และสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ การบริหารงานภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการบริหารแบบรวมศูนย์กลาง รวมบริการประสานภารกิจ มีผู้บริหารสูงสุด คือ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นผู้กำหนดนโยบายและแนวทางในการปฏิบัติงาน มีการแต่งตั้งผู้บริหารระดับต่างๆเพื่อกำกับ ดูแล และนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติงาน ได้แก่ รองคณบดีฝ่ายบริหาร และพัฒนาองค์กร รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ประกันคุณภาพ และสื่อสารองค์กร และหัวหน้าสำนักงานที่รับผิดชอบงานบุคคล และงานบริหารสำนักงาน อีกทั้งงานหรือกิจกรรมพิเศษอื่นๆ เพื่อสนับสนุนการบริการแก่บุคลากร นิสิต และบุคคลากรภายนอก โดยมีโครงสร้างองค์กรคณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างองค์กรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

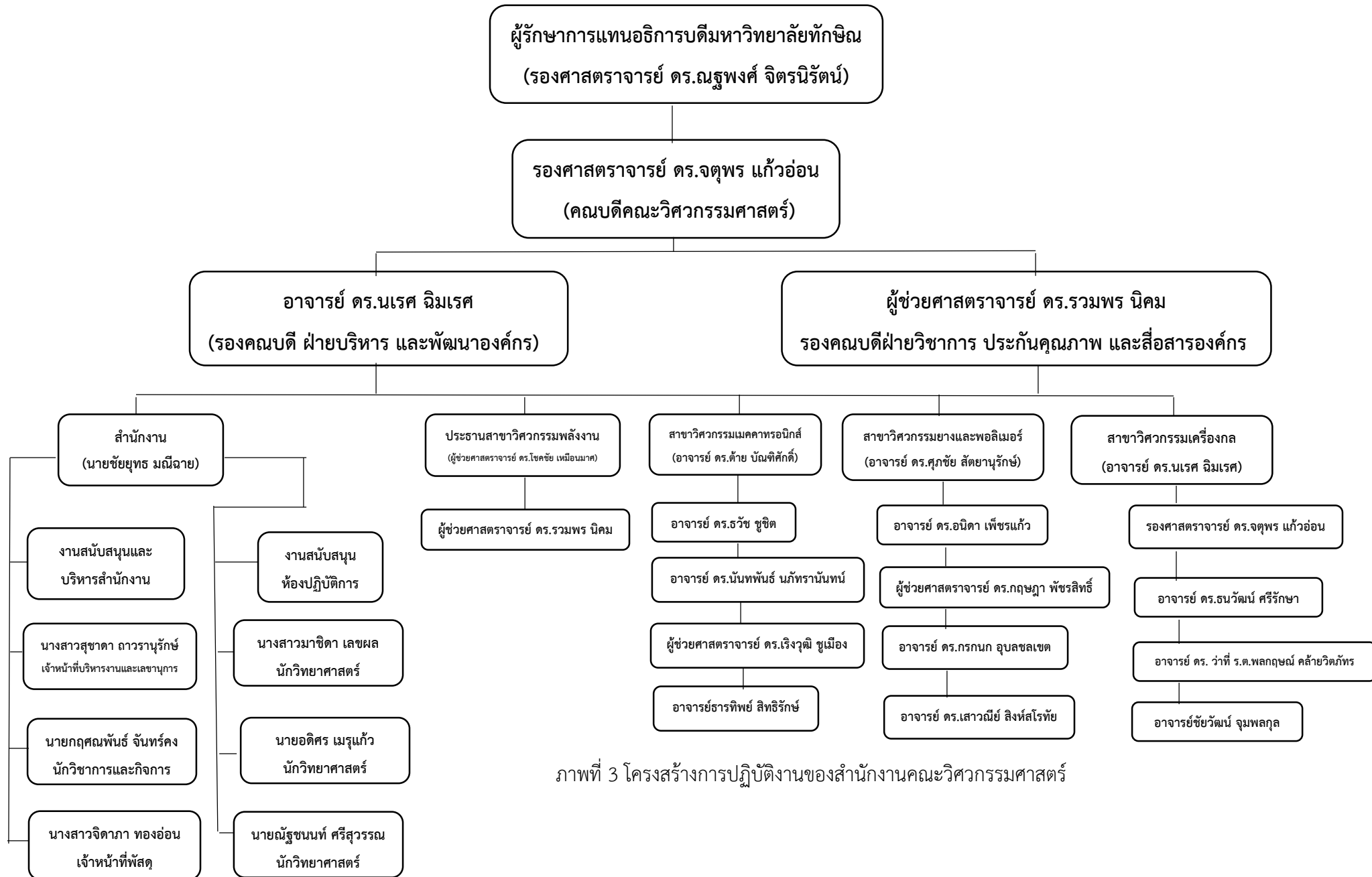
โครงสร้างการบริหารงานหน่วยงาน (Administration Chart)



ภาพที่ 2 โครงสร้างการบริหารงานหน่วยงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ



โครงสร้างการปฏิบัติงานของสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์



ภาพที่ 3 โครงสร้างการปฏิบัติงานของสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์

## บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง

### หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้น ที่ต้องใช้ความรู้ความสามารถทางวิชาการในการทำงานภาระงานตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ระดับปฏิบัติการงานเกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้การกำกับ ให้นำ ตรวจสอบ และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

#### 1. ด้านการปฏิบัติงาน

- 1.1 ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ ผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสร้างองค์ความรู้
- 1.2 วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจสอบ สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้อง จัดทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการ ส่งเสริมพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการเรียนการสอน
- 1.3 ให้การบริการวิชาการต่างๆ เช่น ให้คำปรึกษา ให้นำในการปฏิบัติงานแก่นิสิต นักเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผู้ที่มีความสนใจ ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆเกี่ยวกับงานในหน้าที่เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพและปฏิบัติงานหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

#### 2. ด้านการวางแผน

วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมวางแผนการทำงานของหน่วยงานหรือโครงการเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมาย และสัมฤทธิ์ที่กำหนด

#### 3. ด้านการประสานงาน

- 3.1 ประสานการทำงานร่วมกันระหว่างทีมงานหรือหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้
- 3.2 ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจหรือความร่วมมือ ในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

#### 4. ด้านการบริการ

- 4.1 ให้คำปรึกษา ให้นำเบื้องต้น เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้ผู้รับบริการได้รับทราบข้อมูลความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์
- 4.2 จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้นและให้บริการข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน นิสิต ตลอดจนผู้รับบริการได้รับทราบข้อมูล และความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์สอดคล้องและสนับสนุนภารกิจของหน่วยงานและใช้ประกอบพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงานหลักเกณฑ์ มาตรการต่างๆ

## ลักษณะงานที่ปฏิบัติ

บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของ ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ ตามที่ได้รับมอบหมายมีดังนี้

1. เป็นผู้ช่วยสอนรายวิชาปฏิบัติการในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ รายวิชาปฏิบัติการเคมีพอลิเมอร์(1002201) รายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง (1002202) ปฏิบัติการกระบวนการขึ้นรูปยางและพอลิเมอร์(1002301)
2. จัดเตรียมห้องปฏิบัติการ สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ ครุภัณฑ์ เครื่องมือประกอบการเรียนบทปฏิบัติการให้มีความพร้อมสำหรับการใช้งาน
3. วางแผนดำเนินงาน ปรับปรุง และประสานงานการแก้ไขปัญหาต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการและจัดการวางแผนประมาณการ สั่งซื้อวัสดุ สารเคมี ทั้งชนิดและปริมาณ เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ
4. ติดต่อ สอบถาม ประสานงานกับบริษัท และทำเอกสารประกอบการจัดซื้อจัดจ้าง สารเคมี วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆในห้องปฏิบัติการ
5. วางแผน และจัดทำรายงานแสดงปริมาณสารเคมีคงเหลือ ปริมาณของเสีย และร่วมจัดทำรายงานงบประมาณที่ใช้ในรายวิชาปฏิบัติการในแต่ละปีการศึกษา
6. อำนวยความสะดวกแก่อาจารย์ นิสิต เจ้าหน้าที่ นักเรียน และบุคคลอื่นๆ ที่จะใช้ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชา วิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ สำหรับการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการและงานวิจัย
7. ควบคุมดูแลและอำนวยความสะดวกนิสิตที่ทำปฏิบัติการในรายวิชาโครงการทางวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ 1 และ 2
8. ดูแลครุภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการสำหรับการตรวจสอบในแต่ละปีงบประมาณ
9. สนับสนุนงานปรับปรุงหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์
10. สนับสนุน ประสานงาน ในการประกันคุณภาพหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ (AUN-QA)
11. จัดทำระบบพิจารณาความสอดคล้องของหลักสูตรระดับอุดมศึกษา (CHE Curriculum Online : CHECO) ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
12. งานเลขานุการ โครงการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์
13. งานผู้ช่วยเลขานุการ หลักสูตรระยะสั้นต่างๆของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์

จากภาระหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายดังกล่าวข้างต้นผู้เขียนได้เลือกเอางานผู้ช่วยสอนรายวิชาปฏิบัติการในรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง มาเขียนคู่มือปฏิบัติงาน

### บทที่ 3

## หลักเกณฑ์การปฏิบัติงานและเงื่อนไข

### หลักเกณฑ์การปฏิบัติงาน

#### 1. หลักเกณฑ์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ

##### 1.1 ก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ

- 1.1.1 ควรสำรวจดูว่าอุปกรณ์ช่วยชีวิตยามฉุกเฉินตั้งอยู่บริเวณใดของห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้จะทราบว่ายูทิลิตี้ใดแล้ว ที่สำคัญคือต้องทราบด้วยว่าใช้อย่างไรและอุปกรณ์เหล่านั้นยังใช้การได้อยู่หรือไม่ อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ อุปกรณ์ดับเพลิง ฝักบัวและเครื่องล้างตา ก๊อกน้ำ รวมถึงทางออกฉุกเฉินในกรณีเกิดเพลิงไหม้
- 1.1.2 ทราบวิธีการป้องกันอันตรายและการปฏิบัติตนเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นในห้องปฏิบัติการ
- 1.1.3 ศึกษาคู่มือปฏิบัติการมาก่อน เพื่อให้รู้ว่าการปฏิบัติการแต่ละครั้งใช้สารเคมีอะไรบ้าง เป็นสารเคมีชนิดใด เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะได้ปฐมพยาบาลตัวเองหรือผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง

##### 1.2 สำนวญก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ

- 1.2.1 หากผมยาวควรจะรวบผม เพื่อป้องกันไม่ให้ผมถูกเผาไหม้หรือป้องกันไม่ให้เส้นผมสัมผัสกับสารละลาย
- 1.2.2 ควรสวมแว่นตา (safety glasses) ในระหว่างการปฏิบัติการทุกครั้ง นอกจากนี้ไม่ควรใส่เลนส์สัมผัส (contact lenses) เนื่องจากสารกระเด็นเข้าตาหรือไอระเหยเข้าตาจะถอดเลนส์สัมผัสออกยาก และสารจะทำอันตรายต่อตาได้นานขึ้น
- 1.2.3 แต่งกายในชุดกระชับ รัดกุม ไม่ควรนุ่งกระโปรง และควรสวมเสื้อกราวนทุกครั้งเพื่อป้องกันไม่ให้สารเคมีสัมผัสถูกผิวหนัง
- 1.2.4 รองเท้าที่สวมใส่ควรห่อหุ้มเท้าไว้อย่างมิดชิด ไม่ควรสวมรองเท้าแตะ ควรสวมรองเท้าหนัง เนื่องจากรองเท้าผ้าจะดูดซับสารเคมีไว้ทำให้ผิวหนังสัมผัสสารเคมีได้นานขึ้น

##### 1.3 ขณะปฏิบัติการ

ในขณะที่ปฏิบัติการท่านจะต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้นหากไม่มีผู้อื่นปฏิบัติการอยู่บริเวณใกล้เคียงเนื่องจากเกิดอุบัติเหตุขึ้นจะไม่มีใครช่วยเหลือท่านได้ อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งการที่มีคนมากเกินไปต้องใช้ความระมัดระวังเช่นกัน เพราะท่านอาจได้รับอันตรายจากการปฏิบัติการที่ผิดพลาดของผู้อื่นได้ ดังนั้นการตกเตือนหรือให้คำแนะนำในทันที เมื่อเห็นว่าผู้อื่นกำลังปฏิบัติตัวอยู่ในความเสี่ยงต่ออันตรายจึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง

#### 1.4 สิ่งที่ต้องปฏิบัติในขณะที่ปฏิบัติการ

- 1.4.1 ตั้งใจ และมีสติขณะปฏิบัติการทุกขั้นตอน ไม่เล่นหรือหยอกล้อกับบุคคลอื่น เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้
- 1.4.2 ตั้งใจฟังการอธิบายและคำแนะนำต่างๆ ของผู้คุมปฏิบัติการและหากมีข้อสงสัยควรปรึกษาผู้คุมปฏิบัติการก่อนที่จะตัดสินใจ
- 1.4.3 ไม่ควรรับประทานอาหาร ของว่าง ดื่มน้ำ หรือเครื่องดื่มใดๆ และสูบบุหรี่ในห้องปฏิบัติการ ไม่ควรนำอาหารไปเก็บในตู้เย็นเก็บสารเคมีและไม่นำภาชนะบรรจุสารเคมี เช่น บีกเกอร์ หรือขวดรูปชมพู่ไปบรรจุเครื่องดื่ม เช่น ชาหรือกาแฟ
- 1.4.4 ปฏิบัติการเฉพาะในส่วนห้องปฏิบัติการ ไม่ควรปฏิบัติในบริเวณอื่น เช่น ห้องเก็บสารเคมี หรือนอกห้องปฏิบัติการ

#### เงื่อนไข/ข้อสังเกต/ข้อควรระวัง

นิสิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ ต้องรับทราบนโยบายด้านความปลอดภัย เพื่อเป็นกาป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น และรวมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการให้แก่นิสิตที่เข้าทำการทดลองหรือวิจัย อาจารย์และเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการต้องดำเนินการดังนี้

- 1) อ่านคู่มือความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
- 2) ทราบตำแหน่งของอุปกรณ์ช่วยเหลือ และวิธีการปฏิบัติตนที่ถูกต้องเมื่อสัมผัสกับสารเคมี
- 3) ทราบวิธีการกำจัดของเสียที่เหมาะสม เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
- 4) ตรวจสอบว่าภาชนะบรรจุสารเคมีแต่ละตัว มีป้ายและฉลากที่ถูกต้อง และชัดเจน
- 5) ตรวจสอบการใช้เครื่องมือ ต้องเป็นไปตามลักษณะการใช้งานที่แท้จริงของเครื่องมือชิ้นๆ
- 6) รายงานการเกิดอุบัติเหตุใดๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการแก่ผู้บังคับบัญชาโดยทันที

#### ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

##### ข้อปฏิบัติในการทำงานในห้องปฏิบัติการเคมี และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

- 1) ไม่ควรปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการโดยลำพัง โดยเฉพาะกรณีที่ต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารอันตราย
- 2) สวมเสื้อคลุมปฏิบัติการที่พอดีตัว ตัดกระดุมตลอดเวลารวมทั้งสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลตามความเหมาะสมทุกครั้งขณะทำการทดลอง
- 3) ห้ามมิให้นำอาหาร เครื่องดื่ม เข้ามาเก็บหรือรับประทานในห้องปฏิบัติการ
- 4) ห้ามนำเครื่องแก้ว หรือภาชนะที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ไปใช้เพื่อการปรุงอาหาร

- 5) ห้ามนำเด็กและสัตว์เลี้ยงเข้ามาในห้องปฏิบัติการ
- 6) ขณะอยู่ในห้องปฏิบัติการ
  - ห้ามรบกวนผู้ที่กำลังปฏิบัติการวิจัยทดลอง
  - ห้ามใช้เครื่องมือผิดประเภท
  - ห้ามหยิบอุปกรณ์หรือเครื่องมือวิจัยของผู้อื่นก่อนได้รับอนุญาต
  - ห้ามวิ่งเล่นหยอกล้อกัน
  - ห้ามใช้อ่างน้ำในห้องปฏิบัติการล้างจานหรือแก้วน้ำ
  - ห้ามสูบบุหรี่
  - ห้ามทำกิจกรรมการแต่งใบหน้า
  - ต้องสวมรองเท้าที่ปิดหน้าเท้าและ/หรือส้นเท้าตลอดเวลา ห้ามสวมรองเท้าแตะ
  - รวบรวมให้เรียบร้อยขณะทำปฏิบัติการ
- 7) นักศึกษาต้องลงชื่อเข้า-ออกห้องปฏิบัติการทุกครั้งที่ใช้ห้องปฏิบัติการ
- 8) ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้ห้องปฏิบัติการ
- 9) ต้องลงบันทึกการใช้งาน (log book) เมื่อมีการใช้เครื่องมือ
- 10) รักษาพื้นที่ทำวิจัยส่วนตนและส่วนรวมให้สะอาดเรียบร้อยและห้ามวางของเกะกะ
- 11) ล้างมือทุกครั้งก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ
- 12) ห้ามปิดกั้นทางออก และทางเข้าถึงเครื่องมือรับเหตุฉุกเฉิน หรือแผงไฟ

### การปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

#### ข้อปฏิบัติทั่วไป

- 1) ห้ามใช้เปลวไฟในการให้ความร้อนแก่ของเหลวไวไฟ หรือในขบวนการกลั่น (distillation)
- 2) ให้ความระมัดระวังในการจุดไฟในห้องปฏิบัติการ ดับไฟทันทีเมื่อเลิกใช้งาน ไม่ควรปล่อยให้ไฟติดทิ้งไว้โดยไม่มีคนดู
- 3) ก่อนที่จะทำการจุดไฟ ควรย้ายวัสดุไวไฟออกจากบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ควรแน่ใจว่าได้ปิดภาชนะที่บรรจุของเหลวไวไฟอย่างดีแล้ว
- 4) ควรเก็บสารเคมีไวไฟในตู้สำหรับเก็บสารเคมีไวไฟโดยเฉพาะ
- 5) ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ในกรณีที่มีสารระเหยไวไฟ (Volatile flammable material)
- 6) ควรใช้ตู้ดูดควันในการถ่ายเท ผสม หรือ ให้ความร้อนสารเคมี
- 7) กรณีสามารถเลือกใช้สารเคมีได้ ควรเลือกใช้สารเคมี ที่มีความเป็นพิษน้อยที่สุด ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่พึงกระทำได้

- 8) อ่านคู่มือ และเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ เมื่อต้องปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารก่อมะเร็ง
- 9) กรณีเกิดกลิ่นผิดปกติในห้องปฏิบัติการควรแจ้งให้อาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ที่ทราบโดยทันที

### ข้อพึงปฏิบัติเมื่อต้องปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

- 1) ทราบอันตรายของสารเคมีที่ตนต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถทราบได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (Material safety data sheets) หรือ MSDS
- 2) ทราบสถานที่และวิธีการเก็บรักษาสารเคมีที่เหมาะสม
- 3) ทราบวิธีการเคลื่อนย้ายสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการ
- 4) ทราบวิธีการใช้เครื่องป้องกันตนเองที่เหมาะสมต่อสารเคมี
- 5) ทราบจุดเก็บ และวิธีใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีสัมผัสสารเคมี
- 6) ทราบแนวทางการปฏิบัติในกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น เส้นทางออกจากห้องปฏิบัติการ วิธีปฏิบัติเมื่อสัมผัสสารเคมีอันตราย รวมถึงแนวทางการจัดการของเสีย

### สุขอนามัยบุคคล

#### สุขอนามัยบุคคล (Personal hygiene)

- 1) หากผิวหนังถูกสัมผัสโดยสารเคมี ต้องล้างออกโดยทันทีด้วยน้ำประปา หรือน้ำสะอาดอย่างน้อย 15 นาที
- 2) หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ห้ามทดสอบชนิดของสารเคมีโดยการดมกลิ่นโดยตรงอย่างเด็ดขาด
- 3) ห้ามใช้ปากดูดปิเปต ให้ใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น ลูกยาง
- 4) เมื่อเลิกปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ควรล้างมือด้วยสบู่ และน้ำสะอาด
- 5) ห้ามดื่ม กิน เคี้ยวหมากฝรั่ง สูบบุหรี่ หรือ แม้แต่ทาเครื่องสำอางในห้องปฏิบัติการ
- 6) ห้ามนำเครื่องดื่ม อาหาร บุหรี่ และเครื่องสำอางเข้ามาเก็บในบริเวณห้องปฏิบัติการ
- 7) ห้ามใช้เครื่องมือโครเวฟในห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมกาแฟ อาหาร รวมทั้งห้ามใช้ตู้เย็นในห้องปฏิบัติการเพื่อเก็บอาหาร เช่นกัน
- 8) ควรช่วยกันรักษาความสะอาดของพื้นที่ทำงาน ทำความสะอาดพื้นที่ทำงานทุกครั้งเมื่อเสร็จภารกิจในแต่ละวัน
- 9) ควรทิ้งขยะ และของเสียในภาชนะที่จัดเตรียมไว้
- 10) ควรแยกเครื่องแก้วแตก ในภาชนะรองรับที่แยกต่างหากจากของเสียอื่นๆ
- 11) ไม่ควรเก็บสารเคมีในบริเวณทางเดิน บันไดหรือวางบนพื้น ควรเก็บในพื้นที่ที่จัดไว้โดยเฉพาะ
- 12) ภาชนะบรรจุสารเคมีทุกขวด ควรมีป้ายฉลากที่ชัดเจน
- 13) ของเสียที่เป็นสารเคมีควรแยกเก็บ พร้อมติดป้ายฉลากระบุชนิดของสารเคมีให้ชัดเจน
- 14) จัดให้มีการทำความสะอาดห้องปฏิบัติการเป็นประจำ กรณีที่มีการหกของสารเคมีต้องทำความสะอาดโดยทันที

## สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการปฏิบัติงาน

### 1. ไฟไหม้

เนื่องจากปฏิบัติการเทคโนโลยีภายในห้องปฏิบัติการนั้น มีการใช้เตาให้ความร้อน อ่างน้ำร้อน ตู้อบลมร้อน เตาอบ และตู้อบลมร้อน โดยใช้เตาเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดไฟไหม้ จึงต้องปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวังและไม่ให้สารที่ไวไฟอยู่ใกล้

### 2. เครื่องแก้วขาด

เนื่องจากเครื่องทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ประเภทเครื่องแก้ว ซึ่งแตกง่าย ถ้าอุปกรณ์เหล่านี้แตกผู้ปฏิบัติงานอาจถูกเครื่องแก้วบาดได้ จึงต้องมีความระมัดระวัง หากพบเครื่องแก้วแตกหักให้รีบเก็บกวาดโดยเร็วเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น

### 3. สารเคมีเข้าตา

เนื่องจากในขณะที่ปฏิบัติงานมีการผสมสารเคมีในรูปแบบต่างๆ ทั้งของแข็งและของเหลว มีการก้มหรือมองในระยะที่ใกล้จนเกินไป อาจทำให้ไอของสารเข้าตาหรือกระเด็นเข้าตาได้ ควรล้างตาด้วยก๊อกน้ำ ล้างตาฉุกเฉินให้เร็วที่สุดหลังสารเคมีกระเด็นเข้ามา และล้างด้วยน้ำสะอาดในปริมาณมากๆ

### 4. สารเคมีสัมผัสผิวหนัง

เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการเทคโนโลยีบาง มีฤทธิ์กัดกร่อนต่อสิ่งของและเป็นอันตรายต่อผิวหนัง สารเคมีบางชนิดเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจจึงไม่ควรให้สารเคมีสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง ควรสวมถุงมือทุกครั้งที่ทำปฏิบัติการ และหากสารเคมีสัมผัสกับผิวหนังให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดในปริมาณมากๆทันที เพื่อไม่ให้สารเคมีซึมเข้าผิวหนังได้

### 5. การสูดดมไอหรือแก๊สพิษ

เนื่องจากมีการใช้น้ำยารุ่นชนิดแอมโมเนียสูง เมื่อสูดดมเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการแสบจมูก วิงเวียนศีรษะ และแสบตา เมื่อสัมผัสแล้วควรหายใจในที่โล่งแจ้ง หรือล้างตาด้วยอ่างตาฉุกเฉิน



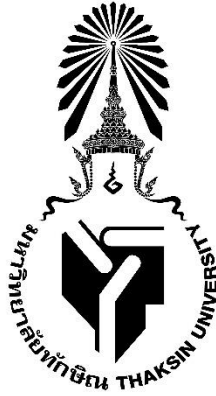


### ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงาน

ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน คือ

1. ร่าง มคอ.3 รายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีฯร่วมกับอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์
2. กำหนดวัน เวลา ในการเรียนรายวิชาปฏิบัติการ
3. เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการก่อนเรียน
4. เตรียมความพร้อมอุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมี ในระหว่างการเรียนปฏิบัติการ
5. เตรียมคู่มือสำหรับทำปฏิบัติการ
6. การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ
7. ตรวจเช็คความเรียบร้อยหลังจากเรียนปฏิบัติการ
8. สํารวจความพร้อมของครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์ และปริมาณสารเคมี ในการทำปฏิบัติการครั้งต่อไป

1. ร่าง มคอ.3 รายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียางร่วมกับอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์



มคอ. 3 รายละเอียดของรายวิชา

Course Specification

1002202 ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง  
Rubber Technology Laboratory

รายวิชานี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์

หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยทักษิณ

รายละเอียดของรายวิชา

## หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัส ชื่อรายวิชา จำนวนหน่วยกิต รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อนรายวิชาที่เรียนพร้อมกันและคำอธิบายรายวิชา (นำข้อมูลมาจาก มคอ.2 ข้อ 3.1.5 คำอธิบายรายวิชา)

1002202 ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง

1(0-3-0)

Rubber Technology Laboratory

บูรพาวิชา : ไม่มี

ควบคู่ : รายวิชา 1002232 เทคโนโลยียาง

การทดลองที่ครอบคลุมเนื้อหา 1002232 เทคโนโลยียาง และศึกษาดูงาน

A laboratory course that accompanies the topics in 1002232 Rubber Technology

2. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการยางและพอลิเมอร์

เป็นวิชาบังคับ

3. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว

อาจารย์ผู้สอนรายวิชา อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.กฤษฏา พัชรสิทธิ์ อ.ดร.กรรณก อุบลชลเขต

อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ ดร.วีระวุฒิ แนบเพชร

4. ภาคการศึกษา/ ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 3

5. สถานที่เรียน

ห้องปฏิบัติ 2 และ3 อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน

6. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

23 มิถุนายน พ.ศ. 2565

## หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

### 1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้บัณฑิตมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการทดสอบยางดิบทั้งน้ำยางและยางแห้ง สามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบยางดิบ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการขึ้นรูปยาง น้ำยางเบื้องต้น และสามารถนำความรู้เชิงทฤษฎีมาอธิบายผลการทดลองได้

### 2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

#### 2.1 วัตถุประสงค์ของรายวิชา

- 1) เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงเครื่องมือและวิธีการทดสอบยางดิบทั้งน้ำยางและยางแห้ง
- 2) เพื่อให้สามารถนำความรู้เชิงทฤษฎีมาอธิบายและวิเคราะห์ผลการทดสอบยางดิบได้
- 3) เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการขึ้นรูปน้ำยางเบื้องต้น
- 4) เพื่อฝึกให้บัณฑิตมีความตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความซื่อสัตย์
- 5) เพื่อให้บัณฑิตสามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการค้นคว้าศึกษาเพิ่มและการเขียนรายงานการทดลองอย่างเป็นระบบ

#### 2.2 ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Course-level Learning Outcomes: CLOs)

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในรายวิชา สามารถ (CLOs)

CLO1 มีวินัย ตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบ และมีความซื่อสัตย์

CLO2 มีความรู้ทางทฤษฎีทางด้านเทคโนโลยียางมาอธิบายวิธีการและผลการทดลองได้

CLO3 รวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองได้

CLO4 มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และสามารถทำการทดลองร่วมกับผู้อื่นได้

CLO5 ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ในการทำการทดลองและรายงานผลทดลองได้

### หมวดที่ 3 ลักษณะการดำเนินการ

#### 1. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/การฝึกงาน ภาคสนาม	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มี	ไม่มี	45 ชั่วโมง	ไม่มี

2. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่ และช่องทางในการให้คำปรึกษาแนะนำทางวิชาการแก่นิสิตเป็นรายบุคคล อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษานิสิตเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หรือตามความต้องการของนิสิต

### หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนิสิต

#### 1.แผนที่การกระจายความรับผิดชอบ

รายวิชา	1.คุณธรรม จริยธรรม					2.ความรู้					3.ทักษะทางปัญญา				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
1002201 ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง	●	●	○		○	●	●		○		○	●	●		

รายวิชา	4.คุณธรรม จริยธรรม					5.ความรู้				
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
1002201 ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง		●		●	○		○			●

#### ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังระดับหลักสูตร (ELOs)

ELO1 มีจรรยาบรรณทางด้านวิชาการและวิชาชีพ

ELO2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม

ELO3 สามารถนำความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และความรู้เฉพาะทางด้านวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ เพื่อการประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องได้

ELO4 สามารถระบุปัญหา คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ได้อย่างเป็นระบบ

ELO5 สามารถพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้านวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ เพื่อประยุกต์ใช้กับชุมชนและสังคมได้อย่างเหมาะสม

ELO6 สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนและสังคมได้

ELO7 รู้จักบทบาท หน้าที่ มีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย มีมนุษยสัมพันธ์ สามารถทำงานร่วมกับกลุ่มคนได้หลากหลาย

ELO8 สามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ รวมถึงการใช้สื่อต่างๆ ในการสื่อสารกับผู้อื่นได้

ELO9 สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการพัฒนางาน สามารถสืบค้นข้อมูลข่าวสารและองค์ความรู้ใหม่ๆ ได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

ELO10 สามารถเป็นผู้ประกอบการหรือประกอบวิชาชีพอิสระได้

### ทักษะที่รายวิชามุ่งหวังที่จะพัฒนานักศึกษา (CLOs)

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในรายวิชา สามารถ (CLOs)

CLO1 มีวินัย ตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบ และมีความซื่อสัตย์

CLO2 นำความรู้ทางทฤษฎีทางด้านเทคโนโลยีมาอธิบายวิธีการและผลการทดลองได้

CLO3 รวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองได้

CLO4 มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และสามารถทำการทดลองร่วมกับผู้อื่นได้

CLO5 ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ในการทำการทดลองและรายงานผลทดลองได้

### ตารางที่ 2 ความเชื่อมโยงของผลการเรียนรู้, ELOs และ CLOs

ผลการเรียนรู้	ELOs	CLOs
<b>1.ด้านคุณธรรม จริยธรรม</b>		
● 1.1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต	ELO2	CLO1
● 1.2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม	ELO2	CLO1
○ 1.3 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญ เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์	ELO2	CLO1
1.4 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม		

○1.5 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาดังแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	ELO1	CLO1
<b>2. ด้านความรู้</b>		
●2.1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี	ELO3	CLO2
●2.2มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	ELO3	CLO2
2.3 สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง		
○2.4 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น	ELO4	CLO2
2.5 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้		
<b>3. ด้านทักษะทางปัญญา</b>		
○3.1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	ELO4	CLO3
●3.2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ	ELO4	CLO3
●3.3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมอย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ELO4	CLO3
3.4 มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม ในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์		
3.5 สามารถเลือกค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ		
<b>4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ</b>		
4.1 สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนที่หลากหลาย และสามารถสนทนาทั้งภาษาไทย และภาษาต่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาชีพมาสื่อสารต่อสังคมในประเด็นที่เหมาะสม		



●4.2 สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์เชิงสร้างสรรค์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวม พร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่ม รวมทั้งให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ	ELO7	CLO4
4.3 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเอง และสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง		
●4.4 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคล และงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	ELO7	CLO4
○4.5 มีจิตสำนึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการทำงาน และการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม	ELO7	CLO4
<b>5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</b>		
5.1 มีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ สำหรับการท างานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี		
○5.2 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์	ELO9	CLO5
5.3 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ		
5.4 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมาย โดยใช้สัญลักษณ์		
●5.5 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	ELO9	CLO5

2. วิธีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ หรือ ทักษะ ในข้อ 1 และการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชา

CLOs	วิธีการจัดการสอน/ ประสบการณ์การเรียนรู้	วิธีการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้
1. มีวินัยตรงต่อเวลามีความรับผิดชอบ และมีความซื่อสัตย์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กำหนดกฎเกณฑ์ และวิธีการประเมิน ผลที่แน่นอน ชัดเจน เช่น การเข้าชั้นเรียน การปฏิบัติตนในระหว่างทำปฏิบัติการ การเขียนรายงาน การส่งรายงานปฏิบัติการ เป็นต้น โดยแจ้งให้นิสิตทราบล่วงหน้า</li> <li>- ยกย่องและชมเชยนิสิตที่มีความประพฤติดี มีความซื่อสัตย์ มีวินัย เพื่อให้นิสิตคนอื่นๆ กำลังใจในการปฏิบัติตาม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมของนิสิตในขณะที่ทำปฏิบัติการ เช่น การเตรียมตัวก่อนทำปฏิบัติการ ความตั้งใจขณะทำปฏิบัติการ การตั้งคำถาม การหาผลลัพธ์ของคำถาม การแสดงความคิดเห็นของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง และการเชื่อมโยงผลลัพธ์กับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</li> <li>- พิจารณาจากพฤติกรรมการณ์เข้าชั้นเรียน (เข้าชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ ตรงต่อเวลา)</li> <li>- พิจารณาจากการส่งรายงานปฏิบัติการ (การส่งงานตรงเวลา ทำรายงานปฏิบัติการด้วยตนเอง ไม่ลอกผู้อื่น)</li> </ul>
2. นำความรู้ทางทฤษฎีทางด้านเทคโนโลยีมาอธิบายวิธีการและผลการทดลองได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- บรรยายก่อนปฏิบัติการเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทางทฤษฎีกับปฏิบัติการ</li> <li>- สอบย่อยก่อนปฏิบัติการทุกครั้ง ก่อนที่นิสิตจะลงมือปฏิบัติการจริงตามคู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อภิปรายผลการทดลองร่วมกัน หลังการทดลองทุกปฏิบัติการ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของนิสิตในชั้นเรียน</li> <li>- การทดสอบความเข้าใจก่อนทำปฏิบัติการ การทดสอบกลางภาคและปลายภาค</li> <li>- ผลการตรวจรายงานปฏิบัติการของนิสิต</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นิสิตบันทึกผลการทดลองที่ได้ และเขียนรายงานปฏิบัติการส่งตามเวลาที่กำหนด</li> </ul>	
3. รวบรวมผลการทดลองวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นิสิตบันทึกผลการทดลอง อภิปรายและสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ผลการทดลองให้สอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมถึงวิเคราะห์หาสาเหตุของความคลาดเคลื่อนระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติการจริง</li> <li>- ให้นิสิตจัดทำรายงานปฏิบัติการ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินจากการร่วมอภิปราย ในขณะทำปฏิบัติการ</li> <li>- ประเมินจากผลการสอบก่อนทำปฏิบัติการ การสอบกลางภาคและปลายภาค</li> <li>- ประเมินจากรายงานปฏิบัติการ ว่านิสิตสามารถอธิบายผลการทดลองโดยอาศัยหลักการทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสมหรือไม่</li> </ul>
4. มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และสามารถทำการทดลองร่วมกับผู้อื่นได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กำหนดให้นิสิตทำปฏิบัติการเป็นกลุ่มโดยให้ผลัดหน้าที่ความรับผิดชอบในแต่ละปฏิบัติการ</li> <li>- เปิดโอกาสให้นิสิตแสดงความคิดเห็น เสนอปัญหาและแนวทางแก้ไขในการทำงานเป็นกลุ่ม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินจากการมีส่วนร่วม ในขณะทำปฏิบัติการ และการอภิปรายกลุ่ม</li> <li>- ประเมินด้านหน้าที่และความรับผิดชอบจากการชั้นเรียน การเตรียมความพร้อมก่อนทำปฏิบัติการ และการส่งรายงานปฏิบัติการ</li> </ul>
5. ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ในการทำการทดลองและรายงานผลทดลองได้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แนะนำการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ประมวผลในปฏิบัติการบางปฏิบัติการ</li> <li>รวมถึงแนะนำเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองและการทำรายงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินจากการปฏิบัติในขณะทำการทดลอง</li> <li>- ประเมินจากรายการปฏิบัติการ ว่ามีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติได้อย่างถูกต้องหรือไม่</li> </ul>

## หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

### 1. แผนการสอน

#### ตารางที่ 3 แสดงแผนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง

ลำดับ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง		กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
		บรรยาย	ปฏิบัติ		
1	- ชี้แจงรายละเอียดรายวิชา แนะนำเอกสาร ประกอบการเรียน - ชี้แจงกฎระเบียบต่างๆ ในการ เข้าเรียนวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยี ยาง - ชี้แจงแนวปฏิบัติการลง ปฏิบัติการของ นิสิตระดับปริญญา ตรี คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ - ความปลอดภัยใน ห้องปฏิบัติการ - รูปแบบและวิธีการเขียนรายงาน	-	3	- อธิบายแผนการเรียนรู้ เค้าโครงการสอน เนื้อหา เกณฑ์ การให้คะแนน ความปลอดภัย ใน ห้องปฏิบัติการ - เปิดโอกาสให้นิสิตสอบถาม และ เสนอแนะ - เอกสารประมวลรายวิชา	อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต ผศ.ดร.กฤษฎา พัทธสิทธิ์ อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์
2	ปฏิบัติการที่ 1 : การหาปริมาณ ของแข็ง ทั้งหมด (TSC) และ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) ในน้ำ ยาง	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลองและ ข้อควรระวัง - นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้ - คู่มือปฏิบัติการ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง	ผศ.ดร.กฤษฎา พัทธสิทธิ์ อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์
3	ปฏิบัติการที่ 2 : การหาค่า ความ ถ่วงจำเพาะของยาง	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลอง และ ข้อควรระวัง - นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง	อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว ผศ.ดร.กฤษฎา พัทธสิทธิ์ อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ ดร.วีระวุฒิ แนบเพชร

				และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้ - คู่มือปฏิบัติการ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	
4	ปฏิบัติการที่ 3 : การหาค่าปริมาณ สิ่งระเหย ได้และปริมาณเข้าใน ยางแห้ง	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลอง และ ข้อควรระวัง - นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้ - คู่มือปฏิบัติการ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง	อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว ผศ.ดร.กฤษฏา พัชรสิทธิ์ อ.ดร.กรรณก อุบลชลเขต อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์
5	ปฏิบัติการที่ 4: การหาค่า Po และ PRI ของยาง และการหาค่า Plasticity ของยาง	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลองและ ข้อควรระวัง - นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้ - คู่มือปฏิบัติการ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง	อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว ผศ.ดร.กฤษฏา พัชรสิทธิ์ อ.ดร.กรรณก อุบลชลเขต อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ ดร.วีระวุฒิ แบนเพชร
6	ปฏิบัติการที่ 5: การหาปริมาณ แมกนีเซียม ในน้ำยาง	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลองและ ข้อควรระวัง - นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้ - คู่มือปฏิบัติการ - อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง	อ.ดร.กรรณก อุบลชลเขต อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว ผศ.ดร.กฤษฏา พัชรสิทธิ์ อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์
7	ปฏิบัติการที่ 6: การหาปริมาณ แอมโมเนีย	-	3	- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง - อธิบายขั้นตอนการทดลอง และ ข้อควรระวัง	อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว

	หรือการหาความเป็นด่าง (Alkalinity) ใน น้ำยาง			<ul style="list-style-type: none"> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง</li> </ul>	<p>ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต</p>
8	ปฏิบัติการที่ 7: การหาปริมาณโพแทสเซียม (KOH number) และค่า pH ใน น้ำยาง	-	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียนรายงานสื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง</li> </ul>	<p>อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์</p>
9	ปฏิบัติการที่ 8: การหาความเสถียรทางกลของน้ำยาง (Mechanical stability time; MST) และการหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาง (Surface tension force)	-	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียนรายงานสื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง</li> </ul>	<p>อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย ดร.วีระวุฒิ แนบเพชร</p>
10	<b>สอบกลางภาค</b>				
11	ปฏิบัติการที่ 9: การหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA) ในน้ำยาง	-	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียนรายงานสื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง</li> </ul>	<p>อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์</p>

12	ปฏิบัติการที่ 10: การชุบน้ำยาง โดยใช้สารจับตัว (Coagulant dipping)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียน รายงาน สื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง</li> </ul>	<p>อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์</p>
13	ปฏิบัติการที่ 11: การหล่อน้ำยาง (Casting)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียนรายงานสื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง</li> </ul>	<p>ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์ อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย</p>
14	ปฏิบัติการที่ 12: การทำยาง ฟองน้ำ (Latex Foam)			<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบย่อยก่อนการทดลอง</li> <li>- อธิบายขั้นตอนการทดลอง และข้อควรระวัง</li> <li>- นิสิตปฏิบัติตามคู่มือ ปฏิบัติการ บันทึกการทดลอง และเขียนรายงาน สื่อที่ใช้</li> <li>- คู่มือปฏิบัติการ</li> <li>- อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ใน การทดลอง</li> </ul>	<p>ผศ.ดร.กฤษฎา พชรสิทธิ์ อ.ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว อ.ดร.กรกนก อุบลชลเขต อ.ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย อ.ดร.ศุภชัย สัตยานุรักษ์</p>
15	การศึกษาดูงานนอกสถานที่			ศึกษาดูงานนอกสถานที่	อาจารย์ผู้สอน ทุกท่าน
16	การศึกษาดูงานนอกสถานที่			ศึกษาดูงานนอกสถานที่	อาจารย์ผู้สอน ทุกท่าน
17	ทบทวนปฏิบัติการ			<ul style="list-style-type: none"> <li>- การนำเสนอหน้าชั้นเรียนของ นิสิต</li> <li>- สรุปปฏิบัติการ</li> </ul>	อาจารย์ผู้สอน ทุกท่าน

18 - 19	สอบปลายภาค			
รวม			45	

## 2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

### 2.1 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้

#### ก. การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Formative Assessment)

ในระหว่างทำปฏิบัติการมีการสังเกตการปฏิบัติตนและการท าปฏิบัติการของนิสิต มีการทดสอบย่อยในละปฏิบัติการ และมีการประเมินรายงานปฏิบัติของนิสิต เพื่อประเมินว่า นิสิตมีความเข้าใจในปฏิบัติการที่ทำหรือไม่ และเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการนั้นหรือไม่

#### ข. การประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ (Summative Assessment)

##### (1) เครื่องมือและน้ำหนักในการวัดและประเมินผล

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (CLOs)	วิธีการวัดผล	น้ำหนักการประเมิน (ร้อยละ)
1. มีวินัย ตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบ และมีความซื่อสัตย์	- การตรงต่อเวลาของนิสิตในการเข้าชั้นเรียน - การส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมายและการร่วมกิจกรรม	5
2. นำความรู้ทางทฤษฎีทางด้านเทคโนโลยีมาอธิบายวิธีการและผลการทดลองได้	- การทดสอบย่อย - การสอบปลายภาค	5 20
3. รวบรวมผลการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองได้	- รายงานปฏิบัติการโดยแต่ละปฏิบัติการมีคะแนน 10 คะแนน (กำหนดส่งรายงานปฏิบัติการ 1 วันก่อนเรียนครั้งถัดไป และถ้าส่งรายงานสายหักคะแนน 50%)	60
4. มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และสามารถทำการทดลองร่วมกับผู้อื่นได้	- การทำปฏิบัติการ	5



5. ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสารสนเทศต่าง ๆ ในการทำการทดลองและรายงานผลทดลองได้	- การทำปฏิบัติการ - รายงานปฏิบัติการ	5
<b>รวม</b>		<b>100</b>

## (2) การให้เกรดและการตัดสินผล

ในการลงปฏิบัติการของรายวิชาปฏิบัติการเคมีพอลิเมอร์ ให้นิสิตปฏิบัติตามแนวปฏิบัติ การลงปฏิบัติการของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

การให้คะแนนสำหรับรายงานปฏิบัติการ คิดเป็น 10 คะแนน ต่อหนึ่งรายงานปฏิบัติการ โดยรูปแบบของรายงานปฏิบัติการและการให้คะแนนรายงานปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

1. ชื่อการทดลอง วันที่ทำการทดลอง ผู้ทำการทดลอง และผู้ร่วมทำการทดลอง (0.5 คะแนน)
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ให้เขียนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอย่างคร่าวๆ ตามความเข้าใจ ไม่ควรเขียนโดยการลอกจากคู่มือปฏิบัติการฯ โดยสามารถค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารต่างๆ ได้ (1.5 คะแนน)
3. วัตถุประสงค์ของการทดลอง โดยเขียนเกี่ยวกับจุดประสงค์ของการทดลองนั้นสั้นๆ (0.5 คะแนน)
4. วิธีการทดลองที่ทำการทดลองตลอดจนเงื่อนไขต่างๆ ที่ทดลองจริง รวมทั้งอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง (1.5 คะแนน)
5. ผลการทดลอง โดยแสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง ตลอดจนข้อสังเกตที่สังเกตได้ในระหว่างทำการทดลองอย่างละเอียด หากเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขและต้องคำนวณค่าทางสถิติ ต้องคำนวณถึงนัยสำคัญของข้อมูลและระบุหน่วยให้ถูกต้อง (2 คะแนน)
6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง เป็นการวิเคราะห์ถึงสาเหตุหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องระหว่างทำการทดลอง ที่ไม่ใช่การกระทำที่ผิดพลาดของผู้ทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองอาจเขียนในรูปของลักษณะความเรียงเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและ/หรือการแสดงด้วยการคำนวณโดยสูตรค่านวณ การแสดงด้วยกราฟ (2.5 คะแนน)
7. สรุปผลการทดลอง เป็นการกล่าวถึงผลที่ได้จากการทดลองเทียบกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ตลอดจนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากผลการทดลองหรือข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง (1 คะแนน)
8. เอกสารอ้างอิง เป็นส่วนสำคัญที่แสดงถึงที่มาของข้อมูลและการสืบค้น การเขียนควรเขียนให้มีรูปแบบที่เหมือนกัน หากเป็นแหล่งข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์ต้องระบุ URL ที่สมบูรณ์ พร้อมวันเดือนปีที่ทำการสืบค้น (0.5 คะแนน) การให้เกรดเป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางด้านล่าง

ระดับผลการเรียน	ค่าระดับชั้น	ช่วงคะแนน (%)
A	4.0	$\geq 80$
B+	3.5	$\geq 75$
B	3	$\geq 70$
C+	2.5	$\geq 65$
C	2	$\geq 60$
D+	1.5	$\geq 55$
D	1	$\geq 50$

(3) การสอบแก้ตัว (ถ้ารายวิชากำหนดให้มีการสอบแก้ตัว)

ไม่มี

### 3. การอุทธรณ์ของนักศึกษา

นิสิตสามารถอุทธรณ์เกี่ยวกับผลการเรียนได้ โดยผ่านช่องทางต่างๆ ได้แก่ ติดต่ออาจารย์ผู้สอนเพื่อขอทราบรายละเอียดของการประเมิน ติดต่อฝ่ายทะเบียนเพื่อขอทบทวนผลการเรียน แจ้งข้อร้องเรียนผ่านระบบทะเบียน นิสิตถึงอาจารย์ที่ปรึกษา และยื่นเรื่องอุทธรณ์ต่อประธานหลักสูตรหรือคณะ

### 4. เกณฑ์และข้อกำหนดอื่นๆ

แนวปฏิบัติ การลงปฏิบัติการของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

### หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

#### 1. ตาราเอกสารหลัก และข้อมูลสำคัญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 2563. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง.

พัทลุง : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีลาเท็กซ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หาดใหญ่.

#### 2. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Brydson, J.A. 1932. "Rubber Materials and Their Compounds". Elsevier Applied Science London and New York.

Blow, C.M. and Hepburn, C. 1982. "Rubber Technology and Manufacture", Second edition, London. <http://www.rubbercenter.org>

3. ทรัพยากรอื่นๆ (ถ้ามี)

ไม่มี

### หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

#### 1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนิสิต

- ประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชาโดยนิสิต
- สนทนาระหว่างผู้สอนกับนิสิตเป็นรายบุคคล กลุ่ม
- เปิดโอกาสให้นิสิตแสดงความคิดเห็นต่อผลการเรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน

#### 2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- พิจารณาผลการเรียนของนิสิตและงานที่มอบหมาย
- การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้โดยกรรมการหลักสูตร
- เปิดโอกาสให้นิสิตแสดงความคิดเห็นต่อการสอนของผู้สอนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน

#### 3. การปรับปรุงการสอน

- ทบทวนเนื้อหาการสอนในครั้งก่อน และจัดกิจกรรมในการระดมสมอง รวมถึงการหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน
- พัฒนาสื่อการสอนและเอกสารประกอบการเรียนการสอน
- ปรับวิธีการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งอ้างอิงมาจากผลการประเมินการสอนของนิสิต

#### 4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนิสิตในรายวิชา

- การทวนสอบจากผลการทดสอบ โดยการสังเกต สัมภาษณ์ สอบถาม และตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนิสิต หรืองานที่มอบหมาย
- การทวนสอบจากผลการเรียนรู้แต่ละรายหัวข้อ

#### 5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

1) กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนิสิตการประเมินประสิทธิผลในรายวิชานี้โดย

- การสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน
- กรอกแบบประเมินที่จัดทำโดยมหาวิทยาลัย
- เปิดให้ส่งข้อเสนอแนะผ่านทางช่องทางออนไลน์

2) กลยุทธ์การประเมินการสอน กระทำดังนี้

- ผลการทดสอบของนิสิต
  - พฤติกรรมของนิสิตที่สังเกตได้
- 3) จากข้อมูลที่ได้ นำผลมาปรับปรุงการเรียนการสอนในครั้งต่อไป



### 3. เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการก่อนเรียน

3.1 ขั้นตอนการตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการที่ 2 ชั้นที่ 1 อาคารปฏิบัติการพื้นฐาน  
วิศวกรรมศาสตร์

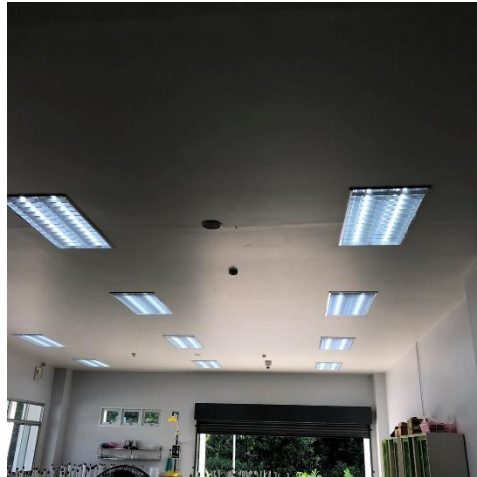
ตารางที่ 5 การตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการ

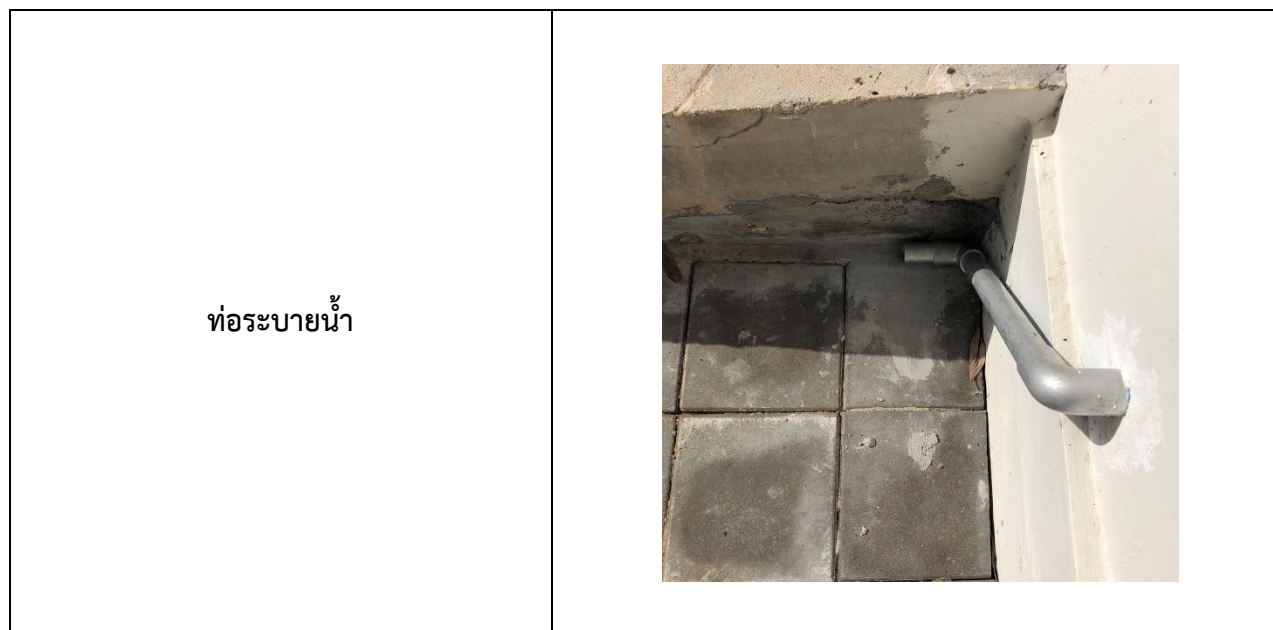
รายละเอียด	รูปภาพประกอบ
ห้องปฏิบัติการ	
อ่างล้างเครื่องแก้ว	

อ่างล้างตาและฝักบัวฉุกเฉิน



แสงสว่างในห้องปฏิบัติการ





## 2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการทดสอบยางและพอลิเมอร์ ชั้นที่ 1 อาคารศูนย์ ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน 2

เนื่องจากรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียางบางปฏิบัติการต้องใช้เครื่องมือ เครื่องทดสอบ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ ของศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน มีนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน ดูแลความพร้อมของห้องปฏิบัติการ ให้สามารถพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา



3. เตรียมความพร้อมอุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมี ในระหว่างการเรียนปฏิบัติการ  
 ตารางที่ 6 การเตรียมความพร้อมอุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมี ในระหว่างเรียนปฏิบัติการ

รายละเอียด	รูปภาพประกอบ
<p>การเก็บรักษาเครื่องแก้ว</p>	
<p>การเก็บครุภัณฑ์ เช่น เครื่องชั่ง</p>	
	

การเก็บรักษาสารเคมี



ตู้ดูดควัน



## 4. เตรียมคู่มือสำหรับทำปฏิบัติการ

## ตารางที่ 7 บทปฏิบัติการที่มีการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง

ลำดับ	ชื่อปฏิบัติการ
ปฏิบัติการที่ 1	การหาปริมาณของแข็ง ทั้งหมด (TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) ในน้ำยาง
ปฏิบัติการที่ 2	การหาค่า ความถ่วงจำเพาะของยาง
ปฏิบัติการที่ 3	การหาค่าปริมาณสิ่งระเหย ได้และปริมาณเถ้าในยางแห้ง
ปฏิบัติการที่ 4	การหาค่า Po และ PRI ของยาง และการหาค่า Plasticity ของยาง
ปฏิบัติการที่ 5	การหาปริมาณแมกนีเซียม ในน้ำยาง
ปฏิบัติการที่ 6:	การหาปริมาณแอมโมเนียหรือการหาความเป็นด่าง (Alkalinity) ในน้ำยาง
ปฏิบัติการที่ 7	การหาปริมาณโพแทสเซียม (KOH number) และค่า pH ในน้ำยาง
ปฏิบัติการที่ 8	การหาความเสถียรทางกลของน้ำยาง (Mechanical stability time; MST) และ การหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาง (Surface tension force)
ปฏิบัติการที่ 9	การหาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (VFA) ในน้ำยาง
ปฏิบัติการที่ 10	การชุปน้ำยางโดยใช้สารจับตัว (Coagulant dipping)
ปฏิบัติการที่ 11	การหล่อน้ำยาง (Casting)
ปฏิบัติการที่ 12	การทำยางฟองน้ำ (Latex Foam)

## ปฏิบัติการที่ 1

### การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง

#### (Determination of Total Solids Content – TSC)

#### บทนำ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง หมายถึง ปริมาณโดยน้ำหนักร้อยละของของแข็งที่ไม่ระเหยในน้ำยางของแข็งตัวแล้ว(ของแข็งที่เหลืออยู่เมื่อนำน้ำยางไปอบที่อุณหภูมิที่กำหนด

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยางนั้น ถูกกำหนดให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 61.5% ในการทดสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมด การใช้ปริมาณน้ำยางที่แตกต่างกันจะให้ความถูกต้องในการชั่งไม่เหมือนกัน ถ้าใช้ปริมาณมากจะให้ความถูกต้องสูง แต่มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการอบนาน

#### ทฤษฎี

น้ำยางจากธรรมชาติเมื่อออกมาจากต้น มีปริมาณของของแข็งที่ระเหยได้ในน้ำยางสดนี้ มีค่าแตกต่างกันมาก เช่น ตั้งแต่ 25% ไปจนถึง 45% เป็นต้น ของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยางสดนี้ เกือบทั้งหมดเป็นเนื้อเยื่อที่เป็นน้ำตาล โปรตีน ไขมัน และสารอื่นๆปนอยู่ในน้ำ ปริมาณของของแข็งในน้ำยางสดจึงเป็นเครื่องชี้ถึงปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางได้ทางอ้อม

สำหรับน้ำยางที่มีจำหน่ายทั่วไปในทางการค้า จัดอยู่ในรูปของน้ำยางชั้น มีเนื้อเยื่อและปริมาณของของแข็งที่กำหนดไว้ ดังเช่นในตาราง

ตารางที่ 8 ตัวอย่างเนื้อเยื่อและปริมาณของแข็งทั้งหมดในเนื้อเยื่อ

ชนิดของน้ำยาง	ชั้น, เซ็นทรัลฟิวจ์	ชั้น, ครีม	ระเหย	สังเคราะห์
TSC, ต่ำสุด, %	61.5	64.0	68-72	29.4-67.3
ปริมาณเนื้อเยื่อแห้ง(DRC), ต่ำสุด, %	60.0	62.0	-	-
ผลต่างปริมาณของแข็งต่อเนื้อเยื่อแห้ง, สูงสุด, %	2.0	2.0	-	-

การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง ทำโดยการนำน้ำยางที่รู้น้ำหนักแน่นอน มาใส่ในจานแก้ว หรือ กระชกนาฬิกา แผลให้น้ำยางกระจายในจานแก้วนั้น ไขมันที่ที่น้ำยางจะระเหยได้มากที่สุด แล้วนำไปอบในเตาอบที่ได้ตั้งอุณหภูมิไว้แล้ว อบจนยางแห้ง แล้วนำมาชั่งหาปริมาณของของแข็งที่เหลืออยู่จากการระเหยนั้น แล้วจึงค่อยคำนวณหาปริมาณร้อยละของของแข็งที่มีอยู่ในน้ำยางดังกล่าว

วิธีการของแต่ละมาตรฐานอาจจะแตกต่างกันบ้าง เช่น ขนาดตัวอย่างของน้ำยางที่ใช้ อุณหภูมิในการอบ ระยะเวลาอบ เป็นต้น ข้อแตกต่างเล็กน้อยๆเหล่านี้ ได้แสดงให้เห็นในตารางที่ X โยตารางดังกล่าวเปรียบเทียบกับวิธีการของมาตรฐานอเมริกา ASTM และอังกฤษ BS

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบวิธีการหาค่า TSC ของมาตรฐาน ASTM D 1076 – 80 กับ BS 1672:Part 1:1950

รายการ	วิธีของ BS	วิธีของ ASTM
น้ำหนักตัวอย่างน้ำยาง, กรัม	1.5 -3.0	$2.5 \pm 0.5$
ขนาดจาน	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ซม. ลึก 3.5 ซม.	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 ซม.
อุณหภูมิและเวลา	98 – 100 °C 1.5 ซม.	$70 \pm 2$ °C , 1.6 ซม. หรือ $100 \pm 2$ °C , 2 ซม.
ความแตกต่างระหว่างผลการทดลอง 2 ครั้ง		

### วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC: Total Solids Content)
2. สามารถบอกประโยชน์ของการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC: Total Solids Content) ได้

### เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. ตะแกรงกรอง
2. จานแก้ว
3. ปีกเกอร์ ขนาด 100 ml
4. เครื่องชั่งแบบวิเคราะห์ ชนิดละเอียด 0.001 กรัม (g)
5. ขวดน้ำกลั่น
6. ตู้อบ (Hot Air Oven)
7. โถแก้วดูดความชื้น (Desiccator)

### สารเคมี

1. น้ำยาง
2. น้ำกลั่น

## วิธีการ

การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (TSC: Total Solids Content) (ASTM D 1076-80, 1994)

1. ชั่งน้ำยาง  $2.5 \pm 0.5$  กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ลงในงานตัวอย่างที่มีฝาปิด ขณะชั่งควรปิดฝาดวย และ เปิดฝาดอกเอียงถอยไปมาเพื่อให้น้ำยางกระจายทั่วทั้งจาน
2. อบในแห้งในตูบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนเนื้อยางใสไม่มีสีขาวขุ่น
3. นำยางออกและทำให้เย็นตัว ชั่งน้ำหนักยาง บันทึกผล และอบซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 15 นาทีปล่อยให้เย็นตัวและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ผลต่างของน้ำหนักยางแห้งต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัม หากน้ำหนักเกินต้องอบและชั่งใหม่อีกครั้ง
4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง  
เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง

$$(TSC, \%) = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100$$

โดย A คือ น้ำหนักของจานพร้อมฝา

B คือ น้ำหนักของจานพร้อมฝากับน้ำยาง

C คือ น้ำหนักของจานพร้อมฝากับยางที่แห้งแล้ว

## ตัวอย่าง ตารางที่ 10 ผลการทดสอบการหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง

แสดงในตารางที่

ตัวอย่างที่	น้ำหนักของจานพร้อมฝา (กรัม)	น้ำหนักของจานพร้อมฝากับน้ำยาง(กรัม)	น้ำหนักของจานพร้อมฝากับยางที่แห้งแล้ว (กรัม)
1			
2			
3			

## เอกสารอ้างอิง

- 1.ASTM D 1076 – 80
- 2.ASTM D 1417 – 83
- 3.BS 1672:Part 1:1950

## การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง (Determination of Dry Rubber Content – DRC)

### บทนำ

ปริมาณเนื้อยางแห้ง หมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยาง ที่ได้จากการจับตัวน้ำยาง ด้วยกรดอะซิติก ภายใต้สภาวะการควบคุมที่กำหนด

วิธีการหาค่า DRC จะใช้วิธีการตามมาตรฐาน ISO 123-1974(E) และ ISO 126-1972(E) ซึ่งมาตรฐาน กำหนดวิธีการหาปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางธรรมชาติที่มีสารเคมีเก็บรักษาสภาพอยู่ และน้ำยางที่ได้ผ่าน กรรมวิธีการทำเป็นน้ำยางชั้น

วิธีการนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับน้ำยางจากพื้นชนิดอื่น และไม่เหมาะสมที่จะใช้กับน้ำยางผสมสารเคมี (compounded latex) น้ำยางที่ผ่านการทำให้คงรูปแล้ว (vulcanized latex) หรือน้ำยางเทียม (artificial dispersions of rubber) และใช้ไม่ได้กับน้ำยางสังเคราะห์

### ทฤษฎี

ปริมาณเนื้อยางแห้งมีความหมายต่อการซื้อขายน้ำยางมาก ไม่ว่าน้ำยางนั้นจะเป็นน้ำยางชั้น หรือน้ำยางสด ดังนั้น จึงต้องมีวิธีการที่จะหาปริมาณของเนื้อยางแห้งในน้ำยางให้ถูกต้องและรวดเร็ว

วิธีการที่จะหา DRC มีได้หลายวิธี เช่น

#### 1. ทำแผ่นแห้ง

แยกเนื้อยางออกมาจากน้ำยาง แล้วทำให้เนื้อยางแห้ง ชั่ง และคำนวณ หา DRC

#### 2. หาความหนาแน่น

ใช้หลักการของความหนาแน่นของยางน้อยกว่าน้ำ ดังนั้นยังมีนางมากขึ้น ความหนาแน่นของน้ำยางก็น้อยลงไป ถ้าใช้เครื่องมือประเภทไฮโดรมิเตอร์ จุ่มลงไปใต้น้ำยาง ก็สามารถรู้ความหนาแน่น และคิดเทียบไปหา DRC ได้

#### 3. ความขุ่นของน้ำยาง

น้ำยางที่มีเนื้อยางมาก ก็ย่อมมีสีขาวขุ่นมาก การหาปริมาณความขุ่นของยาง ก็สามารถเทียบกลับไปหา DRC ของน้ำยางได้

#### 4. การใช้คลื่นไมโคร

การใช้เครื่องมือที่ส่งคลื่นไมโครเข้าไปในน้ำยาง เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถหาปริมาณยางในน้ำยางได้ วิธีการนี้ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถวัดน้ำยางที่มีเนื้อยางเข้มข้น 20 – 50% ได้อย่างถูกต้องถึง 0.25% และใช้เวลารวดเร็ว คือ สามารถทดสอบได้ถึง 140 -250 ตัวอย่างใน 1 ชั่วโมง แต่วิธีดังกล่าวนี้ยังเป็นแค่ต้นแบบเท่านั้น

ในวิธีการนี้ทั้ง 4 วิธีที่กล่าวมานั้น วิธีทำแผ่นแห้งเป็นวิธีทางมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป เช่น ASTM D 1076-80 (อเมริกา) , BS 1672:Part 1:1950 (อังกฤษ) , NF T42- 004 (ฝรั่งเศส) , และ ISO 126 (สากล) เป็นต้น แต่วิธีมาตรฐานนี้ใช้เวลาค่อนข้างนาน อาจจะไม่สะดวกนักในกรณีที่รีบด่วน แต่ก็อาจจะดัดแปลงวิธีดังกล่าวให้ปริมาณน้ำyangทดสอบให้น้อยลง จะได้ใช้เวลาสั้นลงไปด้วย ดังเช่น การใช้หา DRC แบบ Spot<sup>0</sup> เป็นต้น แต่ก็ทำให้ความถูกต้องลดน้อยลงไป

ส่วนวิธีที่ 2 ใช้ความหนาแน่นของน้ำyangเป็นเกณฑ์นั้น ให้ความรวดเร็วสูง ใช้ระยะเวลาสั้นต่อตัวอย่างหนึ่งๆ แต่ก็มีข้อเสียที่ไม่ค่อยจะถูกต้องนัก และถ้าหากมีสารอื่นเจือปนก็จะทำให้ค่าที่วัดได้ผิดพลาดมากขึ้นไปอีก

ส่วนวิธีที่ 3 และ 4 นั้น ยังเป็นของใหม่ที่ต้องพัฒนา

Spot<sup>0</sup> คือ Spot Test Analysis: คำว่า Spot แปลว่า จุด

Spot test Analysis เป็นการวิเคราะห์อย่างหนึ่งที่ใช้สารปริมาณน้อยๆ คิดเป็นหยดๆ ปริมาณของสารที่ใช้ประมาณ 0.05 มล. หรือน้อยกว่านั้น หรือ ใช้ของแข็งเศษส่วนมิลลิกรัม เป็นต้น

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบวิธีการหา DRC ของน้ำyangตามวิธีของ BS , ASTM และ ISO

รายการ	BS	ASTM	ISO
น้ำหนักน้ำyangที่ใช้, กรัม	10	10	10±1
น้ำเติมให้เจือจาง, มล.	20	ไม่กำหนดแต่ให้ TSC ได้ ประมาณ 25%	20
ความเข้มข้นกรดอะซิติก	2.0 % (V/V)	2 %	2 %
ปริมาณกรดที่ใช้	80 มล.	80 cm <sup>3</sup>	10±1
ระยะเวลาเติมน้ำกรด	>5 นาที	>5 นาที	>5 นาที
อุณหภูมิของน้ำ, นาที	15	15 - 30	15 -30
การล้างยางด้วยน้ำ	ล้างในน้ำไหล	ล้างในน้ำไหล	แช่น้ำ, เปลี่ยนน้ำจนหมด ฤทธิ์กรด ทดสอบกับลิตมัส
ความหนาของยางแผ่น	< 2 มม.	< 2 มม.	< 2 มม.
อุณหภูมิของการอบ	70 – 75 °C	70±2 °C หรือใช้ 55±2 °C (ถ้ายางถูกออกซิไดซ์)	70±2 °C
ระยะเวลาอบ	ประมาณ 18 ชม.	จนแห้ง	จนแห้ง
ความคลาดเคลื่อนสุดท้าย	< 5 มิลลิกรัม	1 มิลลิกรัม หรือน้อยกว่า	< 5 มิลลิกรัม



## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber content, DRC)
2. สามารถบอกประโยชน์ของการหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber content, DRC)

## เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งแบบวิเคราะห์ ชนิดละเอียด 0.001 กรัม (g)
2. ตู้อบ (Hot Air Oven)
3. โถแก้วดูดความชื้น (Desiccator)
4. ปีกเกอร์
5. ขวดน้ำกลั่น (สำหรับใส่กรดอะซิติกเจือจาง)

## สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. กรดอะซิติกเจือจาง 2% (ปริมาตร/ปริมาตร)

## วิธีการ

การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber content, DRC) (ASTM D 1076-80, 1994)

1. ชั่งน้ำยาง 10 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ใส่ถ้วยสแตนเลสหรืออะลูมิเนียม
2. เติมน้ำกลั่นหรือน้ำสะอาดผสมลงในถ้วยยางน้ำยาง ประมาณ 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร หยดกรดอะซิติกความเข้มข้น 2 % โดยปริมาตร ปริมาณ 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงไปใต้น้ำยางอย่างช้าๆ พร้อมคนตลอดเวลา (ใช้เวลาเกิน 5 นาที)
3. นำน้ำยางที่ใสกรดวางไวบนอ่างน้ำร้อน 15-30 นาที จนได้สารละลายใส
4. เมื่อน้ำยางจับเป็นก้อนดีแล้ว ทำการรีดให้เป็นแผ่นบาง โดยมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร วางแผ่นยางด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำสะอาด 2 – 3 ครั้ง
4. นำแผ่นยางที่ล้างสะอาดแล้ว ไปอบในตูอบที่อุณหภูมิ  $70 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
5. นำแผ่นยางที่อบแห้งแล้วออกจากตูอบ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ชั่งน้ำหนัก ชั่งแล้วอบต่ออีก 30 นาที น้ำหนักต้องไม่ต่างกันเกิน 5 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักของน้ำยางแห้ง
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจากสูตร

เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง =  $(\text{น้ำหนักยางแห้ง} / \text{น้ำหนักน้ำยางที่ชั่ง}) \times 100$

ตัวอย่าง ตารางที่ 12 ผลการทดสอบการหาปริมาณเนื้อมะพร้าวแห้งในน้ำยาง  
แสดงในตารางที่

ตัวอย่างที่	น้ำหนักของจาน พรอมฝา (กรัม)	น้ำหนักของจานพรอม ฝากับน้ำยาง(กรัม)	น้ำหนักของจานพรอมฝากับยางที่ แห้งแลว (กรัม)

## ปฏิบัติการที่ 2

### การหาค่าความถ่วงจำเพาะของยางและสารเคมี

#### (Determination of Specific Gravity of Rubbers and Chemicals)

#### บทนำ

การวัดความหนาแน่น (Density) และความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) หรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) เป็นวิธีที่ง่ายในการตรวจสอบสมบัติเบื้องต้นทางฟิสิกส์ของยาง ยางผสมสารเคมี หรือสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ เพราะเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและไม่ต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน ราคาแพง สามารถนำผล การทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าเชิงทฤษฎีได้

ความหนาแน่นของยางผสมสารเคมีที่ได้จากการทดสอบ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการผสมสารเคมี ในการผสมในแต่ละครั้ง หรือทราบถึงความผิดปกติอันเกิดจากสารเคมีว่า มีความแตกต่างไปจากสูตรที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ ค่าความหนาแน่นหรือค่าความถ่วงจำเพาะที่ทดสอบได้ นี้ เป็นคามาตรฐานในการออกสูตรยางแต่ละสูตร หรือสามารถหาความหนาแน่นยางหรือสารเคมีที่ยังไม่ทราบ ค่าความหนาแน่นที่แน่นอนได้อีกด้วย

#### ทฤษฎี

##### ความหนาแน่น

1. ความหนาแน่น ( $\rho$ ) เป็นอัตราส่วนระหว่างมวล (mass,  $M$ ) ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (volume,  $V$ ) ที่อุณหภูมิค่าหนึ่ง (สมการที่ 8.1) ดังนั้นความหนาแน่นจึงเป็นค่าที่บอกปริมาณของเนื้อสารที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\rho = \frac{M}{V}$$

ความหนาแน่นของสารเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและความดัน เนื่องจากอุณหภูมิและความดันทำให้ปริมาตรของสารเปลี่ยนแปลง หน่วยมาตรฐานสากลของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\text{kg/m}^3$ ) แต่หน่วยของความหนาแน่นที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติคือ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ( $\text{g/cm}^3$ )

##### 2.ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์

ความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นสัมพัทธ์คือ มวลของสารเปรียบเทียบกับมวลของสารอ้างอิง (มักเป็นน้ำ) ที่มีปริมาตรเท่ากัน การวัดค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ต้องระบุอุณหภูมิด้วยเสมอ ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity,  $S$ ) เป็นค่าเก่า แต่ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relation density,  $\rho_{rel}$ ) เป็นค่าที่สอดคล้องกับความหมายที่แท้จริงมากกว่า กล่าวคือ เป็นค่าความหนาแน่นของสารเทียบกับความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งมีความหมายว่า สารนั้นมีความหนาแน่นเป็นกี่เท่าของน้ำ หรือสารนั้นหนักเป็นกี่เท่าของน้ำเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน

สมมติที่อุณหภูมิ  $T$  °C สารมีมวล  $M$  g และมีปริมาตร  $V$   $\text{cm}^3$  ดังนั้นความหนาแน่นของสาร ( $\rho$ ) คือ

$$\rho = \frac{M}{V}$$

ถ้าที่อุณหภูมิเดียวกันนี้ น้ำมวล  $M_w$  g มีปริมาตร  $V_w$  cm<sup>3</sup> ดังนั้นความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho_w$ ) คือ

$$\rho = \frac{M_w}{V_w}$$

ดังนั้นความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นสัมพัทธ์ของสารคือ

$$S = \rho_{rel} = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{M}{M_w}$$

ถ้าน้ำมีความหนาแน่นประมาณ 1g/cm<sup>3</sup> ที่อุณหภูมิ T °C จะได้

$$S \approx \rho$$

ถ้าอย่างผสมสารเคมีมี  $i$  องค์ประกอบซึ่งมีมวล  $m_1, m_2, m_3, \dots$  และความหนาแน่น  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots$  ตามลำดับ ถ้า  $\rho$  คือ ความหนาแน่นรวม,  $V$  คือ ปริมาตรรวม และ  $M$  คือ มวลรวมของอย่างผสมสารเคมีแล้วจะได้

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} + \frac{m_3}{\rho_3} + \dots}$$

$$\rho = \frac{\sum_i m_i}{\sum_i \left[ \frac{m_i}{\rho_i} \right]}$$

ในทางปฏิบัติความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะมักจะใช้ปนกันเสมอ ข้อแตกต่างที่สำคัญคือ ความหนาแน่นมีหน่วย แต่ความถ่วงจำเพาะไม่มีหน่วย

**วิธีการหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ**

### 1. การแทนที่ด้วยน้ำ

วิธีการนี้ใช้หลักการของอาร์คิมิดีส กล่าวคือ แรงพยุงของของเหลวมีค่าเท่ากับมวลของของเหลวที่ถูกแทนที่ เมื่อชั่งวัตถุในของเหลวนั้น ซึ่งสามารถหาปริมาณของวัตถุได้ดังนี้

สมมติที่อุณหภูมิ T °C ชั่งวัตถุในอากาศหนัก W g และชั่งในน้ำได้ W<sub>1</sub> g น้ำหนักของวัตถุที่หายไปในน้ำเท่ากับ W - W<sub>1</sub> g ซึ่งจะมีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำที่ถูกวัตถุแทนที่อยู่ ดังนั้นปริมาตร V ของวัตถุ คือ

$$V = \frac{W - W_1}{\rho_w}$$

และความหนาแน่นของวัตถุคือ

$$\rho = \frac{W}{V} = \left[ \frac{W}{W - W_1} \right] \rho_w$$

ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของวัตถุคือ

$$S = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{W}{W - W_1}$$

ถ้าวัตถุเบาว่าน้ำจะต้องใช้ตุ้มถ่วงให้จมน้ำ แล้วจึงหาเฉพาะปริมาตรวัตถุดังนี้ สมมติที่อุณหภูมิ  $T$  °C ซึ่งวัตถุในอากาศหนัก  $W$  g ซึ่งวัตถุและตุ้มถ่วงในอากาศหนัก  $W_1$  g และซึ่งวัตถุและตุ้มถ่วงในน้ำหนัก  $W_2$  g ดังนั้นน้ำหนักของวัตถุที่หายไปในน้ำคือ  $W_1 - W_2$  g ซึ่งจะมีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่อยู่ ดังนั้นปริมาตร  $V$  ของวัตถุคือ

$$V = \frac{W_1 - W_2}{\rho_w}$$

และความหนาแน่นของวัตถุคือ

$$\rho = \frac{W}{V} = \left[ \frac{W}{W_1 - W_2} \right] \rho_w$$

ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของวัตถุคือ

$$S = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{W}{W_1 - W_2}$$

### การใช้ขวดวัดความถ่วงจำเพาะ

ขวดวัดความถ่วงจำเพาะ (pycnometer) เป็นขวดแก้วขนาดเล็กที่มีปริมาตรแน่นอน เช่น 10 , 25 และ 50 cm<sup>3</sup> ฯลฯ มีจุกแก้วซึ่งเจาะรูเล็กๆ ตรงกลาง เพื่อให้ให้น้ำหรือของเหลวล้นออกมา ขวดวัดความถ่วงจำเพาะเหมาะสำหรับใช้วัดความถ่วงจำเพาะของวัตถุชิ้นเล็กๆ ซึ่งอาจเป็นเกล็ด เม็ด ผง หรือเป็นของเหลว วิธีการใช้ขวดวัดความถ่วงจำเพาะมีดังนี้

ซึ่งขวดเปล่าหนัก  $W$  g ซึ่งขวดบรรจุน้ำกลั่นเต็มหนัก  $W_1$  g ซึ่งขวดที่เติมวัตถุปริมาณเล็กน้อยหนัก  $W_2$  g และซึ่งเมื่อเติมน้ำกลั่นเข้าไปจนเต็มหนัก  $W_3$  g จะได้ว่า

มวลของวัตถุ	$W_2 - W$ g
มวลของน้ำที่ถูกแทนที่	$(W_1 - W) - (W_3 - W_2)$ g

ปริมาตรของวัตถุ  $V = \frac{(W_1 - W) - (W_3 - W_2)}{\rho_w}$

ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของวัตถุคือ

$$S = \frac{(W_2 - W)}{(W_1 - W) - (W_3 - W_2)}$$

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการวัดความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของยาง สารเคมี และผลิตภัณฑ์ยาง
2. เพื่อให้ห็นิสิตสามารถหาค่าความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของยาง สารเคมี และผลิตภัณฑ์ยางได้

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง Gravimeter ความละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. กรรไกร
4. คัตเตอร์

### สารเคมี

1. ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง
2. ผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ยางพองน้ำ ยางล้อรถจักรยาน ยางแผ่นปูพื้น
3. สารเคมีสำหรับยาง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ซัลเฟอร์

### วิธีการทดลอง

1. ตัดตัวอย่างยางชนิดต่างๆ ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ให้ได้ชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีฟองอากาศและผิวเรียบ หนักไม่เกิน 5 g นำชิ้นตัวอย่างดังกล่าวไปหาค่าความถ่วงจำเพาะด้วยเครื่องชั่ง Gravimeter แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะตามสมการ (X) ในกรณีที่ชั่งชิ้นตัวอย่างในน้ำต้องไลฟองอากาศที่ผิวของชิ้นตัวอย่างให้หมด และรอให้น้ำในถ้วยแก้วนิ่ง ไม่มีกระแสน้ำในแนวตั้งหรือกระแสไหลวน ให้บันทึกอุณหภูมิของน้ำกลั่นและอุณหภูมิ

ของทดลองด้วย

2. ทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีการเดียวกัน โดยตัดชิ้นตัวอย่างจาก ผลิตภัณฑ์ยาง ยางนอย 2 ชนิด ชนิดละ 3 ชิ้น
3. ทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของแคลเซียมคาร์บอเนตด้วยขวดวัดความถ่วงจำเพาะ โดยทำการทดลองดังนี้

3.1 นำขวดวัดความถ่วงจำเพาะมาล้างให้สะอาด ทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 50 °C หรือกลิ้งด้วย อะซิโตนเล็กน้อย ไหมระมัดระวังในการล้างเป็นพิเศษ เนื่องจากขวดวัดความถ่วงจำเพาะ บอบบางและแตกง่าย

3.2 ชั่งน้ำหนักของขวดเปล่าพร้อมจุก (W) โดยเครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.0001 g

3.3 เติมน้ำกลั่นจนเต็ม ปิดจุกให้ม้วนออกมา เช็ดภายนอกให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักขวดที่มีน้ำอยู่ ( $W_1$ )

3.4 ตองไลฟองอากาศออกให้หมดก่อนชั่ง

3.5 เทน้ำกลั่นออก ทำขวดให้แห้ง เติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปประมาณ 1/4 ของความจุของขวด

3.6 ชั่งน้ำหนัก ( $W_2$ )

3.7 เติมน้ำกลั่นลงไปจนเต็มปิดจุกให้ม้วนออกมา เช็ดภายนอกให้แห้ง ไลฟองอากาศออกจนหมด

3.8 แลวชั่งน้ำหนัก ( $W_3$ )

3.9 คำนวณค่า ความถ่วงจำเพาะโดยใช้สมการ (7)

3.7 ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แลวนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

#### ตัวอย่าง ตารางที่ 13 ผลการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะของยาง

ตัวอย่างที่	น้ำหนักขึ้นตัวอย่างชั่งในอากาศ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างชั่งในน้ำ (กรัม)	ค่า ถพ.

#### ตัวอย่าง ตารางที่ 14 ผลการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะของสารเคมี

ตัวอย่างที่	น้ำหนักของขวด เปล่าพร้อมจุก (W)	น้ำหนักขวด + น้ำ กลั่น ( $W_1$ )	น้ำหนักขวด+ สารเคมี ( $W_2$ )	น้ำหนักขวด+สารเคมี + น้ำกลั่น ( $W_3$ )

## การหาค่า ปริมาณสิ่งระเหยได้ในยางแห้ง และการหาปริมาณเถ้าในยางแห้ง

### 1. การหาค่าปริมาณสิ่งระเหยได้ในยางแห้ง

#### บทนำ

สิ่งระเหยในยางสวนใหญ่เป็นความชื้น ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้ยางเกิดราได้ง่าย ยางมีกลิ่นเหม็น และเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยจะทำให้ยางลื่นขัดผสมกับสารเคมีอื่น ๆ ไดยาก

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงระบบโมเลกุลพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันหรือมีการกระจายน้ำหนักโมเลกุล
2. เพื่อให้สามารถคำนวณค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยหลักและค่าดัชนีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล

#### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill)
2. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 0.0001 g
3. ตู้อบอุณหภูมิ (Hot Air Oven)
4. ถาดอะลูมิเนียม
5. ถุงพลาสติกใส

#### วัสดุและสารเคมี

1. ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางมาสเตอร์แบท

#### วิธีการทดลอง

1. ชั่งยางตัวอย่างที่เตรียมไว้ให้ได้น้ำหนักอยู่ระหว่าง 10 – 11 g บันทึกค่าน้ำหนักของยางตัวอย่างแต่ละชิ้น
2. นำยางตัวอย่างไปผานเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง จำนวน 2 ครั้ง
3. เรียงยางตัวอย่างทั้งหมดลงในถาดอะลูมิเนียม แลวนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำยางตัวอย่างออกจากตู้อบ และเก็บยางดังกล่าวไว้ในถุงพลาสติก พับปากถุง 3 ครั้ง แล้วนำไปหนีบไว้กับที่หนีบ
5. วางยางตัวอย่างไว้ให้เย็น แลวนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้



การคำนวณ

$$VMC = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ VCM คือ ปริมาณสิ่งระเหยได้ (Volatile matter content) (%)  
 A คือ น้ำหนักของยางตัวอย่างก่อนอบ (g)  
 B คือ น้ำหนักของยางตัวอย่างหลังอบ (g)

## 2. การหาปริมาณเถ้าในยางแห้ง

### บทนำ

เถ้า (Ash) ในยางธรรมชาติ ประกอบด้วย เกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) คาร์บอเนต ออกไซด์ และฟอสเฟตของโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และแร่ธาตุอื่นๆ นอกจากนี้ เถ้าอาจเป็นพวกซิลิกา หรือซิลิเกตที่มีอยู่ในยางเองหรือปะปนมาจากข้างนอก ปริมาณเถ้าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยางดิบ และเป็นตัวบ่งชี้ว่า มีการเติมสารตัวเติม (Filler) ลงไปในยาง เพื่อเพิ่มน้ำหนักหรือไม

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงระบบโมเลกุลพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยสายโซ่โมเลกุลที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันหรือมีการกระจายน้ำหนักโมเลกุล
2. เพื่อให้สามารถคำนวณค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยหลักและค่าดัชนีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace)
2. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียด 0.0001 g
3. โถแก้วดูดความชื้น (Desiccator)
4. ถ้วยทนความร้อน (Crucible)
5. คีม
6. กระดาษชำระ

### วัสดุและสารเคมี

1. ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางมาสเตอร์แบท

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้ให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 g และชั่งถ่วงน้ำหนักความรอน บันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้
2. หอยางด้วยกระดาษชั่งสาร เก็บไว้ในที่แห้งและสะอาด
3. นำยางตัวอย่างใส่ถ่วงน้ำหนักความรอนและนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ  $550 \pm 20$  °C จนกระทั่งการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง
4. นำถ่วงน้ำหนักตัวอย่างออกจากเตาเผาและวางไว้ในโถแก้วดูดความชื้นจนถ่วงน้ำหนักตัวอย่างเย็น แล้วจึงชั่งน้ำหนักถ่วงน้ำหนักความรอน บันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ และคำนวณหาปริมาณเถ้าในยางตามสมการในหน้าถัดไป

$$Ash = \frac{D - B}{C} \times 100$$

- เมื่อ Ash คือ ปริมาณเถ้าในยาง (Ash content) (%)
- B คือ น้ำหนักถ่วงน้ำหนักความรอน (g)
- D คือ น้ำหนักถ่วงน้ำหนักความรอนพร้อมเถ้า (g)
- C คือ น้ำหนักยางตัวอย่างก่อนเผา (g)

### ตัวอย่าง ตารางที่ 15 ผลการทดลองการหาปริมาณเถ้าในยาง

ตัวอย่างที่	น้ำหนักถ่วง (g)	น้ำหนักยางตัวอย่างก่อนเผา (g)	น้ำหนักถ่วงน้ำหนักความรอนพร้อมเถ้า (g)	ปริมาณเถ้าในยาง (%)

### ปฏิบัติการที่ 3

#### การหาค่าดัชนีความอ่อนตัว

#### (Determination of plasticity retention index : PRI)

##### บทนำ

ดัชนีความอ่อนตัวของยาง (Plasticity retention index : PRI) คือ ความต้านทานของยางดิบต่อการแตกหักของโมเลกุลที่อุณหภูมิสูง หรือความต้านทานต่อการออกซิเดชัน (Oxidation) ยางที่มีค่าดัชนีความอ่อนตัวสูง จะมีความต้านทานต่อการแตกหักของโมเลกุลสูง ส่วนค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นของยาง ( $P_0$ ) เป็นค่าที่ใช้ในการประมาณขนาดของโมเลกุลของยาง และยางที่มีค่า  $P_0$  สูง หมายถึง ยางที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ยางที่ถูกออกซิไดซ์ จะมีค่า  $P_0$  และ PRI ต่ำลง ค่า PRI สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของยาง กล่าวคือ ถ้ายางมีค่า PRI สูง แสดงว่า ยางนั้นมีคุณภาพดี ทนต่อการออกซิเดชันได้ดี ค่า PRI ของยางขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เช่น อัตราส่วนของยางแผ่นกับซียางที่มีในยางแท่ง ถ้าในยางแท่งมีซียางมากเกินไป จะทำให้ยางแท่ง มีค่า PRI ต่ำลง ซึ่งสามารถเพิ่มค่า PRI ของยางแท่งได้โดยการเพิ่มปริมาณยางแผ่นให้มากขึ้น

##### ทฤษฎี

$P_0$  เป็นค่าพลาสติกซิตีเริ่มต้น (original plasticity) ของยางดิบ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความนิ่มหรือแข็งของยาง ยางที่มีค่า  $P_0$  ต่ำหมายถึง ยางนิ่ม ตามมาตรฐานยางแท่งแล้วค่า  $P_0$  ของยางแท่งเอสทีอาร์ (Standard Thai Rubber, STR) จะต้องไม่ต่ำกว่า 30 ในทุกๆชั้นของยางแท่ง

PRI เป็นค่าย่อของ plasticity retention index ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของยางธรรมชาติดิบที่จะยังคงรักษาค่าพลาสติกซิตีไว้ได้ เมื่อยางถูกเร่งให้เสื่อมสภาพด้วยความร้อนและออกซิเจน (thermos – oxidative degradation)

ค่า  $P_0$  และ PRI เป็นค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการกำหนดคุณภาพของยางดิบ การหาค่า PRI ของยางมีระบุในมาตรฐาน ISO 2930 , ASTM D1394 , BS 903 Part A59.2 ในการทดสอบหาค่า PRI ของยางธรรมชาติดิบ จะต้องวัดค่าพลาสติกซิตีเริ่มต้น ( $P_0$ ) ของยางปลค่าพลาสติกซิตีของยางซึ่งบ่มเร่งในอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 140 °C เป็นเวลานาน 30 นาที ค่า PRI คือ ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างค่าพลาสติกซิตีของยางหลังอบและค่าพลาสติกซิตีเริ่มต้น

$$PRI = \frac{P_{30}}{P_0} \times 100$$

โดยที่  $P_{30}$  คือค่ากลาง (median) ของค่าพลาสติกซิตีของยางหลังอบที่ 140 °C เป็นเวลานาน 30 นาที

ปัจจัยที่มีผลต่อการหาค่า PRI ของยางได้แก่ อุณหภูมิ, ระยะเวลาของการอบ, ชนิดของกระดาษ, วิธีการเตรียมยางตัวอย่าง ฯลฯ

ที่อุณหภูมิสูงกว่า 110 °C ยางจะเกิดการออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว ยางที่มีคุณภาพดีจะทนต่อการออกซิเดชันได้ดีกว่ายางที่มีคุณภาพต่ำ การใช้อุณหภูมิ 140 °C จะทำให้เห็นผลชัดเจน แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปยางจะถูกออกซิไดส์มากจนทำให้ไม่อาจแยกยางที่มีคุณภาพสูงและต่ำได้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียง  $\pm 1$  °C ที่อุณหภูมิ 140 °C จะทำให้ค่า PRI ของยางที่มีคุณภาพต่ำเปลี่ยนแปลงมากกว่ายางที่มีคุณภาพสูง

ระยะเวลาในการอบยางมีผลต่อค่า PRI ของยางเช่นเดียวกัน เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการอบยางที่มีคุณภาพต่ำจะมีค่า PRI ลดลง เช่นในกรณีของยางที่มีค่า PRI เท่ากับ 87 การเพิ่มระยะเวลาในการอบจาก 29 นาที เป็น 31 นาทีไม่ทำให้ค่า PRI ของยางเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ในกรณีของยางที่มีค่า PRI เท่ากับ 47 ถ้าทำการทดลองแบบเดียวกัน ค่า PRI ของยางจะลดลง 8 หน่วย ดังนั้นระยะเวลาในการอบยางต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง  $30 \pm 0.25$

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการทดสอบค่าดัชนีความอ่อนตัวของยาง
2. เพื่อให้เข้าใจถึงความสำคัญของการทดสอบค่าดัชนีความอ่อนตัวที่มีต่อยางแห่งชนิดต่างๆ
3. ฝึกทักษะการหาค่า  $P_0$  และ PRI ของยางธรรมชาติ

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องผสมยาง 2 ลูกกลิ้ง
2. เครื่องวัดความอ่อนตัวของยาง แบบ Wallace (Wallace rapid plastimeter)
3. เครื่องตัดชิ้นทดสอบ (Wallace punch)
4. ตู้อบอากาศร้อน (Hot air oven)
5. กระดาษชนวนบุหรี

### วัสดุและสารเคมี

1. ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางแผ่นผึ่งแห้ง

### วิธีการทดลอง

1. นำยางแห่งชนิดต่างๆ ที่เตรียมไว้ไปผานเครื่องผสมยาง 2 ลูกกลิ้ง 2 ครั้ง แล้วพับครึ่งและทำให้เรียบด้วยการผานลูกกลิ้ง
2. ตัดตัวอย่างยางให้ได้ชิ้นทดสอบจำนวน 6 ชิ้น แล้วแบ่งชิ้นทดสอบเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 ชิ้น โดยชุดที่ 1 ใช้ทดสอบหาค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น ( $P_0$ ) และชุดที่ 2 ใช้ทดสอบหาค่า  $P_{30}$



## ปฏิบัติการที่ 5

### การหาปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง

#### บทนำ

น้ำยางแบ่งส่วนประกอบออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งส่วนนี้ประกอบด้วยน้ำและส่วนของลูทอยด์ อนุภาคของลูทอยด์มีลักษณะกลม หุ้มด้วยเยื่อบางๆ เพียงชั้นเดียว ซึ่งหากมีการเติมน้ำเข้าไปจะส่งผลให้ลูทอยด์เกิดการบวมตัวและแตกได้ นอกจากนี้ในสภาพอากาศร้อนยังส่งผลให้ลูทอยด์แตกได้เช่นกัน ทำให้ของเหลวภายในที่มีประจุบวกเช่น แมกนีเซียมไอออนออกมาปนในเซรัมทำให้อนุภาคยางเกิดการรวมตัวกันและเกิดการอุดตันท่อน้ำยาง ส่งผลให้น้ำยางหยุดไหลหลังกรี๊ด กล่าวคือแมกนีเซียมเป็นตัวส่งเสริม (activator) และยับยั้ง (inhibitor) เอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำยาง นอกจากนี้แมกนีเซียมยังเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของลูทอยด์ โดยที่หากลูทอยด์มีเสถียรภาพต่ำจะทำให้ลูทอยด์แตกและมีการปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมา มีผลทำให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการอุดตันท่อน้ำยาง เวลาไหลน้ำยาง จะน้อยทำให้ผลผลิตต่ำ น้ำยางที่มีเสถียรภาพสูงแมกนีเซียมจะต่ำ ดังนั้นแมกนีเซียมจึงมีผลผลิตยางพารานั้นเอง

นอกจากนี้ปริมาณแมกนีเซียมนี้จะส่งผลต่อค่าความเสถียรเชิงกล (Mechanical stability time, MST) ของน้ำยาง ถ้าปริมาณแมกนีเซียมสูง จะทำให้ค่าความเสถียรเชิงกลลดลง ยางจะเสียความเสถียรและจับตัวเป็นก้อน (coagulation) ได้ง่าย การกำจัดปริมาณแมกนีเซียมจะทำให้น้ำยางยังคงเสถียรอยู่ในสภาพของคอลลอยด์ และเทคนิคที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์แมกนีเซียมคือ การไทเทรต (ปราศจากไซยาไนด์) ซึ่งในปฏิบัติการนี้จะทำการทดสอบการหาปริมาณแมกนีเซียมตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2627-2558 หรือ ISO 17403:2014

#### วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยาง

#### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. บิวเรตขนาด 50 cm<sup>3</sup>
2. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยมอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง
3. ปเปตขนาด 2 cm<sup>3</sup> 5 cm<sup>3</sup> และ 10 cm<sup>3</sup>
4. บีกเกอร์
5. ขวดรูปชมพู่
6. แท่งแก้วคนสาร

## สารเคมี

1. แมกนีเซียมซัลเฟต
2. สารละลายเกลืออีดีทีเอ (EDTA)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์
4. อินดิเคเตอร์อีริโอโครมแบล็คที (eriochrome black T)
5. สารละลายบัฟเฟอร์แอมโมเนียมคลอไรด์/แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
6. ผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์
7. โซเดียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมคลอไรด์

## วิธีการทดลอง

1. เติมน้ำยาลงในบีกเกอร์ให้ได้ปริมาตรประมาณ 30 ml
2. เติมน้ำยาลงในบีกเกอร์ 2 ใบ โดยให้น้ำหนักน้ำยาลงในแต่ละบีกเกอร์ประมาณ 10 กรัม
3. ชั่ง Eriochrom black T ประมาณ 0.1 กรัม จำนวน 2 ชุด และห่อด้วยกระดาษฟรอยด์
4. นำน้ำยาลงในบีกเกอร์ทั้ง 2 ใบ ไปเติมน้ำกลั่นประมาณ 10 ml แล้วเติมกรดอะซิติกประมาณ 5 ml กดให้น้ำยาลงจับตัวกันเป็นก้อน แล้วกดให้เซรุ่มไหลออกมา
5. ปิเปตเซรุ่มที่ได้มาประมาณ 10 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 10 ml และเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ลงไป 4 ml ตามลำดับ
6. เติม Eriochrom black T ที่ชั่งไว้ลงในขวดใบที่ 1 และใบที่ 2 ตามลำดับ (จะได้สารละลายสีม่วง)
7. นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย EDTA จนสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีฟ้า ซึ่งที่จุดนี้จะถือเป็นจุดยุติ

การคำนวณ

$$\text{น้ำหนักของแมกนีเซียม (กรัม)} = \frac{24.32 \times B \times D \times 100}{(1000 \times 10 \times C)}$$

$$D = (A - C) + 15$$

$$C = \frac{A \times TSC}{100}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของน้ำยาลงที่ใช้ (กรัม)

B คือ E.D.T.A factor

TSC คือ ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยาลง (%)





## ปฏิบัติการที่ 6

### การหาปริมาณแอมโมเนียหรือการหาค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

#### บทนำ

ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง ปริมาณด่างทั้งหมดในน้ำยาง ซึ่งแสดงเป็นจำนวนแอมโมเนียที่เติมลงในน้ำยาง หรือแสดงเป็นสารอื่นสำหรับกรณีที่น้ำยางนั้นรักษาโดยสารอื่น จุดมุ่งหมายในการทดสอบ คือ หาปริมาณ ammonia ที่มีอยู่ในน้ำยาง การถนอมน้ำยางด้วย ammonia ในน้ำยางชนิด HA ควรมี ammonia ในปริมาณ 0.7% ถ้าในน้ำยางมีปริมาณ ammonia น้อยจะต้องเติม ammonia เพิ่ม

#### ทฤษฎี

การใช้แอมโมเนียรักษาสภาพน้ำยางชั้น มักจะพบในน้ำยางที่ทำแบบเซ็นทรัลพิวจ์และครีม ส่วนน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ มักจะทำมาจากการระเหยน้ำยาง ตัวอย่าง เช่น น้ำยางระเหยตามมาตรฐาน NF T 42 – 101 จะมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ไม่ต่ำกว่า 0.45 โมล ใน 1000 กรัมของน้ำในน้ำยางชนิดที่มีเนื้อของแข็งต่ำ (ชนิดมีของแข็งสูงไม่ต่ำกว่า 72%) จะมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ไม่ต่ำกว่า 0.50 โมล ใน 1000 กรัมของน้ำในน้ำยาง

นิยามของ alkalinity ในน้ำยาง ในแต่ละมาตรฐานอาจจะตีความเหมือนกัน

1) สำหรับน้ำยางที่ใช้แอมโมเนียเป็นตัวรักษาน้ำยาง มีนิยาม 2 แบบดังนี้

แบบที่ 1 alkalinity หมายถึง จำนวนกรัมของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง 100 กรัม (ISO 125 – 1977)

แบบที่ 2 alkalinity หมายถึง จำนวนกรัมของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง คิดเทียบในน้ำ 100 กรัม (B.S.1672 :Part 1:1950, ASTM D 1076 – 80, NF T 42 – 005:1975)

2) สำหรับน้ำยางที่ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวรักษาน้ำยาง มีนิยาม 2 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 alkalinity หมายถึง จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำยาง 100 กรัม (ISO 125 – 1977)

แบบที่ 2 alkalinity หมายถึง จำนวนโมลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำยางคิดเทียบในน้ำ 1000 กรัม (NF T 42 – 005:1975)

แบบที่ 3 alkalinity หมายถึง ปริมาณของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์คิดเป็นปริมาตร (มิลลิลิตร) ของความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ที่มีอยู่ในน้ำยางคิดเทียบในน้ำ 100 กรัม (B.S. 1672:Part1:1950)

ดังนั้น ค่า alkalinity ของน้ำยางจึงมีการเสนอค่าแตกต่างกัน จะต้องบ่งเสมอว่า มีหน่วยอย่างไรด้วยทุกครั้ง

หลักการหา alkalinity ในน้ำยาง ทำโดยการเอาน้ำยางที่มีปริมาณแน่นอนใส่ในน้ำกลั่นลงไปให้น้ำยางเจือจางลง แล้วใส่สาร stabilizer ชนิด nonionogenic (ใน ISO ได้กำหนดให้ใส่ stabilizer นี้ แต่ใน ASTM

ไม่กำหนดใช้) แล้วจึงใส่อินดิเคเตอร์ เช่น Methyl red เป็นต้น ต่อจากนั้นจึงทำการไตเตรตด้วยกรดมาตรฐาน จนน้ำยาเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพู

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบวิธีการหา alkalinity ของน้ำยาตามมาตรฐานต่างๆ

	ISO	ASTM	BS	NF
ปริมาณยาที่ใช้, กรัม	5 -10	5	10	5 -10
อินดิเคเตอร์	MR	MR	BB	MR
กรดที่ใช้	HCl,H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl,H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

MR = Methyl Red

BB = Bromothymol Blue

เนื่องจาก Methyl Red มีค่า  $pK_a$  เท่ากับ 4.95 และ Bromothymol Blue มี  $pK_a$  เท่ากับ 7.1 ทำให้ถ้าใช้ Methyl Red เป็นอินดิเคเตอร์ จะต้องใช้ปริมาณของกรดในการไตเตรตมากกว่าในกรณีที่ใช้ Bromothymol Blue เป็นอินดิเคเตอร์

นอกจากจะใช้อินดิเคเตอร์ดังกล่าวแล้ว การไตเตรต อาจติดตามโดยใช้เครื่องวัด pH ก็ได้ และให้ถือจุดยุติ เมื่อ pH เท่ากับ  $6.0 \pm 0.05$

จากการคำนวณ ถ้าสมมติให้ปริมาณของแอมโมเนียมีอยู่ในน้ำยาเริ่มต้นเท่ากับ 0.7% เติมน้ำลงไป 200 มล. และสาร stabilizer 10 มล. และไตเตรตด้วยกรดเข้มข้น 0.1 N จะพบว่า ได้ผลตามตารางที่

ตารางที่ 19 ค่า pH ของสารละลายที่มีแอมโมเนีย และเติมกรดแก่ 0.1 N ลงไป

ปริมาณกรด, มล.	pH	
40.0	7.71	
40.2	7.63	
40.4	7.52	
40.6	7.39	
40.8	7.20	
40.9	7.07	... จุด Bromothymol Blue
41.0	6.87	
41.1	6.51	
41.15	6.04	...จุด ใช้ pH มิเตอร์

41.2	5.03	
41.3	4.31	
41.4	4.06	...จุด ใช้ methyl red

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการหาคาความเบดาง (Alkalinity) ในน้ำย้าง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถระบุคาความเบดางในน้ำย้างได้

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. ปีกเกอร์ ขนาด 100 และ 500 ml
2. เครื่องชั่งแบบวิเคราะห์ ชนิดละเอียด 0.001 กรัม (g)
3. กระจกนาฬิกา
4. แท่งแก้วคนสาร
5. บิวเรต

### สารเคมี

1. สารละลายเมธิลเรด
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1063 N
3. น้ำกลั่น

### วิธีการทดสอบ

1. เหน้ำย้างตัวอย่างใส่ปีกเกอร์ (กรองลงในปีกเกอร์) ให้ได้ปริมาณ 60 ml แล้วปิดด้วยกระดาษฟลอยด์
2. เหน้ำกลั่นใส่ปีกเกอร์ จำนวน 3 ใบ ใบละ 200 ml
3. ชั่งน้ำย้างในปีกเกอร์ แล้วเทใส่น้ำกลั่นในปีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นในข้อที่ 2 ประมาณ 5 -10 กรัม จำนวน 3 ปีกเกอร์ ทุกครั้งทีเหน้ำย้างลงในปีกเกอร์น้ำกลั่นแล้วจะต้องปิดด้วยกระจกนาฬิกา)
4. หยดเมธิลเรดลงในปีกเกอร์ใบที่ 1 ประมาณ 3 หยด แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอ-ริก เข้มข้น 0.1063 N จนถึงจุดยุติ คือ เมธิลเรดเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพู (เมื่อหยดเมธิลเรดลงไปเหน้ำย้างเจือจางจะมีสีส้ม)
5. อ่านค่าปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป แล้วนำไปคำนวณหาค่า %NH<sub>3</sub> by weight

6. สำหรับบีกเกอร์อีก 2 ใบ สามารถทำการทดสอบได้โดยวิธีการเดียวกัน

### การคำนวณ

1. หาจำนวนกรัมของแอมโมเนีย(NH<sub>3</sub>) ต่อน้ำยง 100 กรัม

$$\text{ความเป็นด่าง (NH}_3\text{ต่อน้ำหนักน้ำยง)} = \frac{1.7 \times N \times V}{W}$$

เมื่อ N คือ นอร์มอลิตีของสารละลายกรตมาตรฐาน

V คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรตที่ใช้

W คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำยงตัวอย่าง

2. หาจำนวนกรัมของแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ต่อน้ำ 100 กรัมในน้ำยง

$$\text{ความเป็นด่าง (NH}_3\text{ต่อน้ำหนักน้ำ)} = \frac{1.7 \times N \times V}{W(100 - TSC)}$$

เมื่อ N คือ นอร์มอลิตีของสารละลายกรตมาตรฐาน

V คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของกรตที่ใช้

W คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำยงตัวอย่าง

TSC คือ เปอร์เซ็นต์ของของแข็งทั้งหมดในน้ำยงตัวอย่าง

ตัวอย่าง ตารางที่ 20 ผลการทดสอบการหาปริมาณแอมโมเนียหรือการหาค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ตัวอย่าง ที่	น้ำหนักFlask + น้ำยง (g)	น้ำหนักFlask + น้ำยง (g) (หลังเท)	น้ำหนักน้ำยงที่ เหลือใน Flask (g)	ปริมาตรสารใน บิวเรต (ml)	% NH <sub>3</sub> by wt.

## ปฏิบัติการที่ 7

### การหาปริมาณโพแทสเซียม (KOH number) และค่า pH ในน้ำยาง

#### บทนำ

KOH number เป็นค่าที่แสดงถึง ปริมาณเกลือแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยบอกตัวเลข จำนวนกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่จำเป็นที่จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย ในน้ำยางที่มีของแข็งอยู่ 100 กรัม

การหาค่า KOH number ของน้ำยางได้เริ่มต้นกันตั้งแต่ปี ค.ศ.1938 และจากนั้นก็ได้นำมาเป็นเครื่องชี้ที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเสถียรของน้ำยาง นอกจากนั้นยังมาใช้เป็นเครื่องชี้ถึงคุณภาพของน้ำยางที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ยางบางชนิดด้วย เช่น Madge ได้กล่าวว่า กระบวนการทำฟองน้ำจะดีหรือไม่ขึ้นจากคุณภาพของน้ำยางที่ใช้ โดยดูจากปริมาณของ แมกนีเซียม, VFA, และ KOH number สำหรับ KOH number ของน้ำยางชั้นเท่ากับ 0.6 ถือว่าเป็นน้ำยางชั้นที่ดีใช้ทำฟองน้ำได้ เป็นต้น

ค่า KOH number มีความหมายถึง 2 อย่าง คือ

ก)ความเสถียรของน้ำยาง

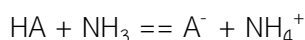
เมื่อใส่ซิงค์ออกไซด์ลงในน้ำยางที่มีแอมโมเนียเก็บรักษา จะพบว่าน้ำยางจะหนืดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณของเกลือแอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำยาง ถ้าหากใส่ต่าง เช่น KOH ลงไปในน้ำยางพอดีกับปริมาณของแอมโมเนียมที่มีอยู่ จะทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียจนหมด จะทำให้น้ำยางมีความเสถียรต่อการใส่ซิงค์ออกไซด์มากขึ้น

ข)คุณภาพของน้ำยาง

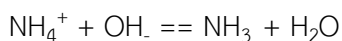
ค่า KOH number สูง แสดงถึง น้ำยางมีคุณภาพที่ไม่ดีหรือน้ำยางเก็บไว้นานแล้ว ปกติ เกลือแอมโมเนียมที่อยู่ในน้ำยาง เกิดจากกรดสองชนิด คือ กรดที่ระเหยได้ กับ กรดโมเลกุลยาว

#### ทฤษฎี

ในน้ำยางที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย เมื่อเกิดกรดขึ้นในน้ำยาง กรดดังกล่าวก็จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย เกิดเป็นแอมโมเนียมขึ้นในปริมาณสมมูลย์กัน ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ :



ปริมาณของแอมโมเนียมดังกล่าวนี้ อาจจะได้โดยการไตเตรตกลับโดยใช้ต่างแก่ เช่นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะให้ไฮดรอกไซด์อ่อนไปทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียม ได้แอมโมเนียกลับออกมา ดังสมการ



ในการไตเตรตนี้ จะใช้เครื่อง pH เป็นตัวตามปฏิกิริยาในการไตเตรต และให้หาจุดเปลี่ยนเว้าของการไตเตรตนี้ โดยเขียนรูปดังนี้

- ก) รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของน้ำยาที่ไตเตรต กับ V, ปริมาตร KOH ที่ใช้  
 ข) รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $d(\text{pH})/dV$  ของน้ำยาที่ไตเตรต กับ B, ปริมาตรของ KOH ที่ใช้  
 ค) รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $d^2(\text{pH})/dV^2$  ของน้ำยาที่ไตเตรตกับ V, ปริมาตร KOH ที่ใช้  
 ตัวอย่างของข้อมูลที่ได้จากการไตเตรตได้แสดงดังในตารางที่ 1 นี้ และได้เขียนแสดงไว้ดังรูปที่ 1 นี้

ตารางที่ 21 ตัวอย่างของข้อมูลที่ได้จากการไตเตรตหาค่า KOH number ของน้ำยา

ปริมาตร KOH, มล.	pH	$d(\text{pH})/dV$ ( $dV$ มล. = 1)	$d^2(\text{pH})/dV^2$ ( $dV^2$ มล. <sup>2</sup> = 1)
9	10.54		
		0.16	
9	10.70		+0.02
		0.18	
10	10.88		+0.04
		0.22	
11	11.10		+0.05
		0.27	
12	11.37		-0.02
		0.25	
13	11.62		-0.01
		0.24	
14	11.86		-0.06
		0.18	
15	12.04		

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า จุดเปลี่ยนเว้าเกิดขึ้นระหว่าง pH เท่ากับ 11.10 กับ 11.37 นั้นแสดงให้เห็นว่า ค่าของ KOH ที่สมมูลย์พอดีจะอยู่ในช่วงที่ใช้ KOH ในปริมาณ 11 มล. ถึง 12 มล. ถ้าจะให้ได้ข้อมูลที่เที่ยงกว่านั้น ก็จะใช้จุดตัดแกนของการเขียน  $d^2(\text{pH})/dV^2$  โดยดูจากรูป หรือคำนวณดังนี้

สัดส่วนของ KOH ที่มากกว่า 11 มล. คือ  $0.05/(0.05+0.02) = 5/7$

ดังนั้น ปริมาณของ KOH จริงๆที่ใช้ ก็ควรเป็น  $11 + (5/7) = 11.71$  มล.

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH Number) ในน้ำยาง
2. เพื่อให้ห็นิสิตสามารถระบุค่าจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH Number) ในน้ำยางได้

## เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ ขนาด 250 ml
  2. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยมอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง
  3. เครื่อง pH meter
  4. บิวเรต
  5. stirrer
- สารเคมี
1. สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 5%
  2. เครื่องชั่งไฟฟ้า
  3. น้ำกลั่น
  4. สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5330 N

## วิธีการทดสอบ

1. เตรียมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 5% โดยตวงสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 40% มา 250ml เติมน้ำกลั่นในปริมาตร 1750 ml
2. เติมน้ำกลั่นลงในสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 5% ปริมาตร 125 ml
3. เติมน้ำกลั่นลงในสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น
4. คำนวณหาค่าต่างๆ คือ ค่า W,A,F และ H
5. ชั่งน้ำหนักของน้ำยางชั้นให้ได้ตามที่ได้ออกมาไว้ โดยชั่งในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml
6. นำบีกเกอร์อีกใบหนึ่งมาใส่น้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรน้ำหนักตามที่ได้ออกมาไว้ และเติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ใบแรกกับบิวเรตลงไปให้ได้น้ำหนักตามที่ได้ออกมาไว้
7. นำน้ำยางไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter เพื่อหาค่า pH ของน้ำยางชั้น
8. เติมน้ำกลั่นลงในน้ำยางชั้น และวัดค่า pH ของน้ำยาง บันทึกค่าที่ได้ไว้
9. เติมน้ำกลั่นลงในน้ำยาง 1 ml วัดค่า pH ของน้ำยาง และบันทึกค่าที่ได้ไว้
10. เติมน้ำกลั่นลงไปเรื่อยๆครั้งละ 1 ml และทุกครั้งที่เติมน้ำกลั่น ต้องวัดค่า pH ของน้ำยางทุกครั้ง
11. เมื่อค่า pH ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า pH เท่ากับ 12 จึงหยุดเติมน้ำกลั่น และอ่านค่า pH

12. นำค่าต่างๆที่ได้มาคำนวณค่าปริมาตรของ KOH และจำนวนของ KOH ในน้ำย้าง

**การคำนวณ**

หาน้ำหนักน้ำย้างที่ต้องการ (W), กรัม 
$$W = \frac{50 \times 100}{TSC}$$

หาปริมาณแอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำ (A), กรัม 
$$A = \frac{(\%NH_3 \times 100)}{(100 - TSC)}$$

หาจำนวนฟอร์มัลลิน 5% (F), กรัม 
$$F = \frac{W(100 - TSC)(A - 0.5)}{189}$$

หาจำนวนน้ำที่ต้องเติม 
$$H = 166.7 - W - F$$

หาค่า KOH number 
$$KOH\ number = \frac{(561 \times N \times V)}{(TSC \times w)}$$

ตัวอย่าง ตารางที่ 22 การหาค่า pH ในน้ำย้าง

ตัวอย่างที่	ปริมาตร KOH (ml)	pH	$\Delta pH / \Delta V$	$\Delta^2 pH / (\Delta V^2)$	End - Point (V)



## ปฏิบัติการที่ 8

การหาความเสถียรทางกลของน้ำยาง (Mechanical stability time; MST)

และการหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาง (Surface tension force)

### บทนำ

ความเสถียรของน้ำยาง คือ ความสามารถของน้ำยางที่จะรักษาสภาพของของเหลวได้

น้ำยาง เมื่อสูญเสียสภาพ จะพบว่าเนื้อยางแยกออกมาจากน้ำยาง จับตัวเป็นก้อน อาจจะเป็นก้อนเล็กๆ เรียกว่า flocculate หรือ อาจจะเป็นก้อนที่ใหญ่ เรียกว่า coagulum บางครั้ง การสูญเสียสภาพอาจจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ค่อยเป็นค่อยไป ในกรณีดังกล่าวนี้ จะพบว่า น้ำยางอาจจะหนืดขึ้นก่อนที่จะจับตัวเป็นก้อน นอกจากนั้น ถ้าน้ำยางธรรมชาติเกิดการสูญเสียสภาพเนื่องจากการเก็บรักษาไม่ดี อาจจะมีการบูดเน่าของน้ำยางขึ้น กรณีดังกล่าวพบว่า น้ำยางที่สูญเสียสภาพมีกลิ่นที่ไม่ดีอยู่ด้วย

ปัจจัยที่จะทำให้ความเสถียรของน้ำยางลดลงมีอยู่หลายอย่าง เช่น

#### 1. ความเป็นกรด - ด่างในน้ำยาง

น้ำยางโดยปกติจะมีประจุลบห่อหุ้มอยู่ การใส่กรดลงไปในน้ำยางจะทำให้ปริมาณประจุลบลดลงไป ทำให้น้ำยางมีความเสถียรลดลงตามไปด้วย

#### 2. เกลือ

เมื่อใส่เกลือลงไปในน้ำยาง อีออนของเกลือจะไปบีบบังคับไม่ให้ประจุลบทำงานได้เต็มที่ (ขอบเขตการผลัดกันของประจุลบแคบลง) ทำให้โอกาสที่น้ำยางเข้ามาใกล้กัน และรวมตัวเข้ากันก็มีมากขึ้น ทำให้น้ำยางมีความเสถียรน้อยลงไป

#### 3. อุณหภูมิที่สูงขึ้น

เมื่ออุณหภูมิของน้ำยางสูงขึ้น อนุภาคของน้ำยางก็จะเคลื่อนที่ในน้ำยางเร็วขึ้น รวมทั้งพลังงานที่ผลัดกันของน้ำยางออกห่างจากกัน ก็ลดลงด้วยทำให้น้ำยางสูญเสียสภาพได้เร็วขึ้น

#### 4. สารตุน้ำหรือการระเหยน้ำออก

เมื่อใส่สารที่ตุน้ำหรือสามารถละลายน้ำได้ดีลงในน้ำยาง สารดังกล่าวจะไปดึงน้ำที่ห่อหุ้มอนุภาคเม็ดยางออกไป ทำให้อนุภาคเม็ดยางเข้ามาใกล้กัน จนชนกัน ทำให้เกิดการเสถียรสภาพได้ สารที่ตุน้ำดังกล่าว ได้แก่ อะซีโตน และ เอทานอล เป็นต้น การระเหยน้ำออกจากน้ำยาง ก็ก่อให้เกิดความเสถียรของน้ำยางลดลงเช่นเดียวกัน

#### 5. สารของแข็งที่มีอนุภาคเล็กๆ

การใส่สารที่มีอนุภาคตรงข้ามกับเม็ดยางลงไปใต้น้ำยาง ทำให้น้ำยางสูญเสียสภาพได้ง่าย เนื่องมาจากการดูดของอนุภาคเม็ดยางกับสารเคมีที่ใส่ลงไปนี้ ทำให้ประจุบนอนุภาคทั้งสองชนิดสะเทินทำให้น้ำยางสูญเสียสภาพได้

การติดตามการสูญเสียสภาพของน้ำยาง ทำได้หลายวิธี เช่น

1. การวัดความหนืดของน้ำยางที่เปลี่ยนไปตามกาลเวลา
2. การถือเอาเวลาที่น้ำยางจับตัวเป็นก้อน
3. การวัดความเสถียรทางกล เป็นต้น

ในทั้งสามวิธีนี้ วิธีที่ 1 และ 2 จะต้องใช้ระยะเวลานานมาก ส่วนวิธีที่ 3 จะใช้เวลาน้อย กล่าวคือ นับเป็นวินาที ดังนั้น วิธีการติดตามการสูญเสียสภาพของน้ำยางจึงมักจะใช้วิธีทางกล เป็นต้น

ความเสถียรทางกลของน้ำยาง มีชื่อเรียกว่า Mechanical Stability หน่วยวัดความเสถียรทางกลของน้ำยาง แสดงเป็นเวลา,วินาที เรียกว่า Mechanical Stability time เรียกย่อว่า MST

น้ำยางธรรมชาติเมื่อทำการเซ็นทรีฟิวจ์ได้เป็นน้ำยางชั้นใหม่ๆ จะมีความเสถียร, MST ต่ำ แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้นานขึ้น ความเสถียรของน้ำยางจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนถึงจุดๆหนึ่งที่ความเสถียรของน้ำยางไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป

สำหรับน้ำยางชั้นปกติที่เก็บรักษาไว้อย่างดี ความเสถียรของน้ำยางจะเพิ่มขึ้นตามที่ได้กล่าวไว้ แต่ถ้าน้ำยางชั้นที่เก็บรักษาไว้ไม่ดี ความเสถียรของน้ำยางจะลดลงไปแทนที่จะเพิ่มขึ้น

การทดสอบหา MST ของน้ำยางเกิดจากการที่ผู้ซื้อและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางต้องการที่จะหาวิธีการทดสอบน้ำยาง เพื่อให้แน่ใจว่า น้ำยางที่เอาไปนั้น มีความทนทานต่อสภาวะปกติของการขนส่ง การเก็บ และการปฏิบัติในทางกล โดยที่น้ำยางไม่เสื่อมสภาพจับตัวเป็นก้อนก่อนกำหนด วิธีการหยาบๆแต่เดิมได้ทำกันโดยการถูน้ำยางบนฝ่ามือ ดูว่านานเท่าใดน้ำยางจะจับตัวเป็นก้อน

ต่อมา ก็ได้มีการนำน้ำยางมาปั่นอย่างแรงในเครื่องผสมที่มีความเร็วสูง ได้แก่ การใช้เครื่อง Hamilton Beech Stirrer เป็นต้น โดยนำน้ำยางที่จะทดสอบ 200 มล. มาใส่ถ้วย และปั่นด้วยใบพัดเล็กๆที่หมุนด้วยความเร็ว 10,000 ถึง 14,000 รอบต่อนาที จับเวลาจนกระทั่งพบว่าน้ำยางจับตัวเป็นก้อน เวลาดังกล่าวถือเป็นค่า MST ของน้ำยาง

ในเวลาต่อมา ราวปี ค.ศ.1952 ก็ได้มีการวางมาตรฐานในการทดสอบน้ำยางขึ้น ทั้งออกแบบรูปร่างเครื่องมือและวิธีการทดสอบ จนกระทั่งกำหนดในมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสากล ISO ; มาตรฐานอังกฤษ BS ; มาตรฐานอเมริกา ASTM และมาตรฐานฝรั่งเศส NF เป็นต้น และในที่สุดก็ได้มีการกำหนดว่าน้ำยางมาตรฐานมีค่า MST ด้วย

ในมาตรฐาน ASTM D 1076 และ ISO 2004 – 1979 ได้กำหนดให้น้ำยางชั้นมาตรฐานมีค่า MST ของน้ำยางชั้น ไม่น้อยกว่า 650 วินาที ส่วนในมาตรฐานฝรั่งเศส NF 42 -100 ได้กำหนดให้น้ำยางมาตรฐานมีค่า MST ไม่ต่ำกว่า 540 วินาที

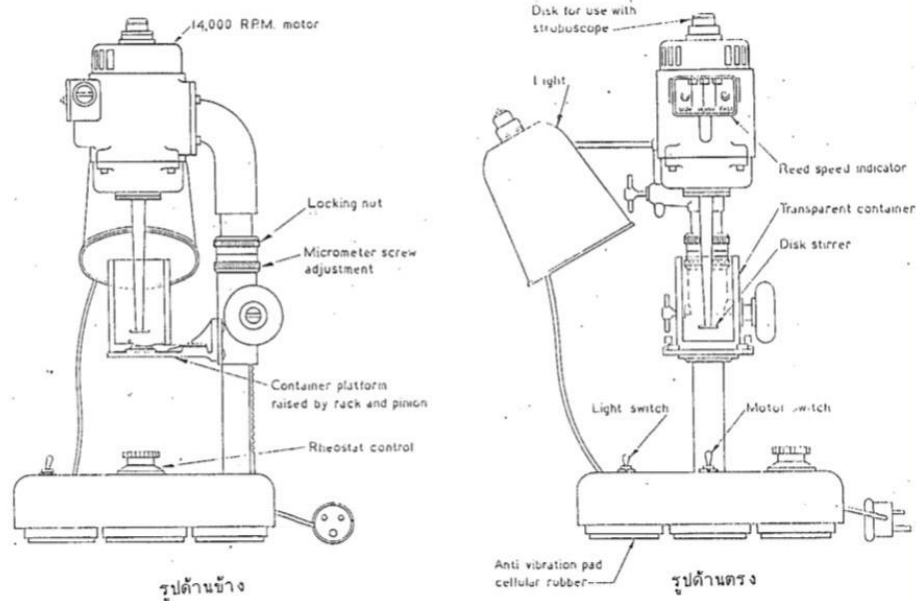
ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ) มีถ้วยใส่น้ำยาง เป็นถ้วยกลมก้นแบนสูงอย่างน้อย 90 มม. มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ  $58 \pm 1$  มม. มีผนังของถ้วยหนาประมาณ 2.5 มม. ผิวภายในถ้วยเรียบ ถ้วยควรทำด้วยวัสดุใส เช่น แก้ว หรือ poly (methacrylate)

เครื่องปั่นประกอบด้วยแกนเหล็กไร้สนิมที่ตั้งตรง สามารถหมุนรักษาให้ได้ความเร็วสม่ำเสมอ  $14,000 \pm 200$  รอบต่อนาที ตลอดระยะเวลาการทดสอบ แกนโลหะมีลักษณะเรียวยาว โดยตรงปลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6.3 มม. และที่ปลายแกนนี้ขึ้นเกลียวติดกับแผ่นจานปั่นเหล็กไร้สนิมเช่นเดียวกัน โดยให้แผ่นปั่นอยู่ในแนวกลางพอดี แผ่นปั่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $20.83 \pm 0.03$  มม. และหนา  $1.57 \pm 0.05$  มม.

ถ้วยใส่น้ำยางสามารถปรับเลื่อนให้ขึ้นลงได้ตามแนวตรง เพื่อให้ได้ระดับความสูงห่างจากแผ่นปั่นตามระยะที่ต้องการ และสามารถยกลงเพื่อเอาน้ำยางเข้า – ออก ได้ง่าย

สำหรับวิธีการทดสอบนั้น ก็ได้มีการควบคุมปริมาณของของแข็งในน้ำยางที่ใช้ให้ได้ 55% โดยการเติมน้ำที่มีแอมโมเนียอยู่ ควบคุมระยะห่างระหว่างแผ่นปั่นกับถ้วยเท่ากับ 13 มม. เป็นต้นการที่ต้องควบคุมเช่นนี้ เนื่องจากค่า MST ของน้ำยางขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบ โดยที่ค่าของมันขึ้นกับปัจจัยดังนี้

- 1.ความเร็วในการหมุน : ถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นจะทำให้ ค่า MST ต่ำลง
  - 2.ขนาดของแผ่นจานปั่น : ถ้าขนาดจานปั่นเพิ่มขึ้น ค่า MST จะต่ำลง
  - 3.ระยะห่างระหว่างแผ่นจานปั่นกับถ้วย : ถ้าให้ระยะชิดกันถ้วยเข้าไปมากๆจะทำให้ค่า MST ลดลงอย่างรวดเร็ว
  - 4.ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง : การเพิ่มปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางขึ้น จะทำให้ค่า MST เพิ่มขึ้น
  - 5.ปริมาณของของแข็งในน้ำยาง : การเพิ่มปริมาณของของแข็งในน้ำยาง ทำให้ค่า MST ของน้ำยางลดลง
  - 6.อุณหภูมิ : การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาง ทำให้ค่า MST ของน้ำยางลดลง
- ดังนั้น ในการทดลองหา MST ของน้ำยางนั้นจะต้องควบคุมตัวแปรทั้งหมดนี้ไว้ เพื่อที่จะให้ผลที่ถูกต้องเปรียบเทียบได้



รูปที่ 4 เครื่องหาความเสถียรทางกลของน้ำยาง

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการหาความเสถียรทางกลของน้ำยาง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถระบุค่าความเสถียรทางกลของน้ำยางได้

#### อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

##### อุปกรณ์

1. เครื่องหา MST
2. ถ้วยมาตรฐานใส่น้ำยางทดสอบ
3. อ่างน้ำร้อน
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. เครื่องชั่ง
6. ตะแกรงลวดเหล็กไร้สนิม รูเปิดกว้างเฉลี่ย  $0.180 \pm 0.015$  มม.

## สารเคมี

### 1. น้ำยาล้าง

2. สารละลายแอมโมเนีย 0.6% สำหรับเจือจางน้ำยาล้างที่เก็บรักษาด้วย แอมโมเนียต่ำ (ชนิด Low ammonia) ถ้าน้ำยาล้างที่ใช้เก็บรักษาด้วยแอมโมเนียสูง (ชนิด High ammonia) จะต้องใช้สารละลายแอมโมเนีย 1.6% แทน

## วิธีการทดลอง

1. ให้ตรวจสอบตำแหน่งของระยะที่ถ้วยใส่น้ำยาล้างจะทดสอบวางในเครื่อง โดยจัดให้ระยะจากกันถวยถึงแผ่นจานปั่นเท่ากับ  $12.7 \pm 2.5$  มม. ( $0.5 \pm 0.1$  นิ้ว)
2. นำน้ำยาล้างชั้นตัวอย่างมาเติมด้วยสารละลายแอมโมเนีย (ในข้อ 3.2.2) จนน้ำยาล้างมีของแข็งทั้งหมด (TSC) เท่ากับ  $55.0 \pm 0.2\%$  แล้วนำน้ำยาล้างไปอุ่นบนอ่างไอน้ำทันที จนน้ำยาล้างมีอุณหภูมิเท่ากับ 36 ถึง 37 องศาเซลเซียส
3. นำไปกรองผ่านตะแกรงลวดไร้สนิมทันที และให้ชั่งน้ำยาล้างที่กรองแล้วลงในถ้วยใส่น้ำยาล้างนั้น ให้ได้ปริมาณเท่ากับ  $80.0 \pm 0.5$  กรัม ตรวจสอบให้อุณหภูมิของน้ำยาล้างให้เท่ากับ  $35 \pm 1$  องศาเซลเซียส
4. วางถ้วยทดสอบน้ำยาล้างลงในเครื่อง โดยให้ระยะกันถ้วยห่างจากแผ่นจานปั่น 12.7 ม. ตามระยะที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น
5. เดินเครื่องปั่นน้ำยาล้างด้วยความเร็ว  $14,000 \pm 200$  รอบต่อนาที จนกระทั่งถึงจุดยุติ  
จุดยุติหาโดยการนำแท่งแก้วแตะผิวหน้าของน้ำยาล้างที่กำลังปั่น แล้วนำหยดน้ำยาล้างที่ติดออกมาด้วยนั้น ไปแตะบนฝ่ามือเบาๆ ทำเช่นนี้บ่อยครั้ง จนกระทั่งพบว่า มีก้อนยางเล็กๆในหยดน้ำยาล้างที่นำขึ้นมาจากน้ำยาล้าง ก็ถือว่าถึงจุดยุติแล้ว จุดยุติดังกล่าวควรจะยืนยันโดยการปั่นต่อไปอีก 15 นาที แล้วนำมาทดสอบดังเดิม ควรจะพบว่า จำนวนของก้อนยางเล็กๆควรจะเพิ่มขึ้นจากเดิม  
(ก่อนที่จะถึงจุดยุติ จะพบว่า รอยลึกของน้ำยาล้างรอบแกนหมุนในขณะที่หมุน จะค่อยๆตื้นขึ้น และความสูงทั้งหมดของน้ำยาล้างในถ้วยจะลดลง ผู้ปฏิบัติงานที่ชำนาญอาจจะดูลักษณะผิวหน้าของน้ำยาล้างซึ่งจะเห็นเป็นลักษณะหยาดๆเมื่อถึงจุดยุติ ในการดูดังกล่าว ถ้าใช้ไฟส่องจะมองเห็นได้ชัดเจนขึ้น)  
ระยะเวลา (วินาที) ทั้งหมดที่ปั่นจนถึงการพบก้อนยางเล็กๆในน้ำยาล้างครั้งแรก จะถือเป็นค่า MST การทดสอบให้กระทำอีกครั้งหนึ่ง ผลต่างของ MST ไม่เกิน 5% ถือว่าใช้ได้

## การหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาง (Surface tension force)

### บทนำ

ของเหลวทุกชนิดมีลักษณะเหมือนกับว่า มันมีผิวห่อหุ้มตัวมันเองอยู่ พื้นผิวของของเหลวนี้จะพยายามไปสู่สภาวะที่ลดพื้นที่ของมันเองลงไป ดังนั้น ผิวดังกล่าวจึงอยู่ในสภาวะของการตึงตลอด

ความตึงผิว (surface tension) ของของเหลว กำหนดเป็น แรง (dyne) ที่กระทำบนผิวของของเหลว ความยาว 1 เซนติเมตร ให้ลองนึกภาพว่า มีผิวของของเหลว แล้วกรีดผนังของของเหลวนั้น เป็นระยะยาว 1 เซนติเมตร (ที่จริงแล้วก็ไม่มีร่องรอยกรีด แต่ของเหลวก็มีสมบัติคล้ายมีรอยนั้น) ก็จะมีแรงที่เหมือนกับพยายามดึงรอยกรีดให้ห่างออกไป โดยแรงนั้นเท่ากับความตึงผิวพอดี

ความตึงผิว อาจจะถูกกำหนดออกมาในรูปของพลังงานก็ได้ ซึ่งในกรณีนี้ จะหมายถึงพลังงานอิสระ (free energy) ต่อพื้นผิว 1 ตารางเซนติเมตร (ergs ต่อ ตร.มม.แทนที่จะเป็น dynes ต่อ ซม.)

ความตึงผิวมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปแบบการจับของน้ำยาง ถ้าความตึงผิวสูง น้ำยางจะเปียกผิวของแบบจับไม่ได้ อาจจะทำให้รอยอากาศขังในการจับ มองเห็นเป็นชั้นๆ หรือชั้นๆได้ แต่ถ้าหากความตึงผิวของน้ำยางต่ำเกินไป อาจจะทำให้เกิดฟองฟืดในช่องว่างระหว่างแบบพิมพ์ได้

ความตึงผิวของน้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 72 dyne/cm. ส่วนน้ำสบู่ที่จุด critical micelle concentration, cmc จะมีความตึงผิวประมาณ 25 ถึง 40 dyne/cm. แล้วแต่ชนิดสบู่ สำหรับน้ำยางเองจะมีความตึงผิวอยู่ในช่วงระหว่างน้ำกลั่นกับสบู่ ตัวอย่างเช่น น้ำยางที่ขายในการค้า ชนิดเก็บรักษาด้วยแอมโมเนียต่ำ และ TMTD / ZnO จะมีความตึงผิวเท่ากับ 38 dyne/cm หรือ (mN/m)

### ทฤษฎี

การหาความตึงผิวของของเหลวหาได้หลายวิธี คือ

1.หาความสูงของระดับความสูงของของเหลวในหลอด capillary

ถ้านำหลอด capillary มาจุ่มลงในของเหลว จะพบว่าของเหลวจะเข้าไปในหลอด capillary นั้น และระดับของของเหลวใน capillary จะสูงกว่าระดับของของเหลวภายนอก (แต่ของเหลวบางชนิด เช่น ปรอท ระดับใน capillary จะต่ำกว่าระดับของเหลวภายนอก

ให้  $h$  เป็นความสูงของระดับของของเหลวใน capillary

$D$  เป็นความหนาแน่นของของเหลว

และ  $r$  เป็นรัศมีของภายในของหลอด capillary

ดังนั้น แรงยกตัวนี้เนื่องจากความตึงผิวของของเหลว จะเท่ากับ  $2PrS$  ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มียกพอดี เท่ากับ  $Pr^2 h d g$

โดยที่  $P$  เท่ากับ  $3.1416$  และ  $g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ  $S$  คือ ความตึงผิวของของเหลว

$$\text{ดังนั้น } 2PrS = Pr^2 h d g$$

$$\text{หรือ } S = r h d g / 2$$

## 2.หาน้ำหนักของหยดของของเหลว

ขนาดของหยดของของเหลวที่ออกมาจากหลอด capillary ขึ้นอยู่กับความตึงผิวของของเหลว (แต่ไม่ขึ้นโดยตรง) ได้มีการเสนอสูตรทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยให้ความสัมพันธ์ระหว่าง ความตึงผิวของของเหลว น้ำหนักของหยดของของเหลว รัศมีของหลอด capillary ฯลฯ ก็จะทำให้สามารถหาค่าสมบูรณของความตึงผิวของของเหลวได้ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ มักจะใช้กับการเปรียบเทียบความตึงผิวของของเหลวสองชนิดมากกว่า

ถ้าให้  $m_1$  และ  $m_2$  เป็นน้ำหนักของของเหลวสองชนิด อย่างละ 10 หยด และ  $S_1$  กับ  $S_2$  เป็นความตึงผิวของของเหลว 1 และ 2 ตามลำดับ

$$\text{จะได้ } S_1/S_2 = m_1/m_2$$

ดังนั้น ถ้าความตึงผิวของของเหลวอย่างหนึ่งรู้ เราก็สามารถรู้ความตึงผิวของสารอีกอย่างหนึ่งได้

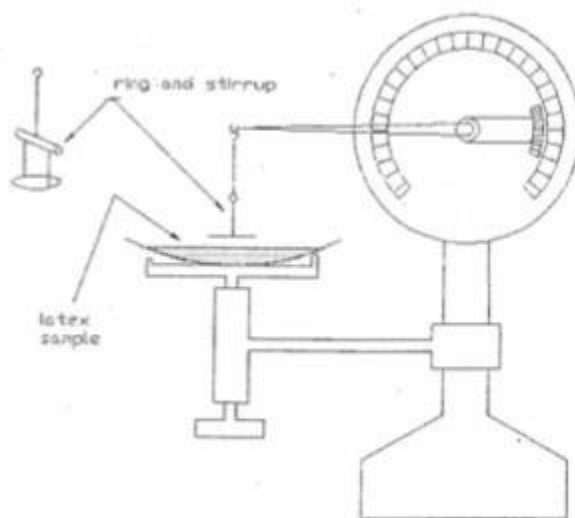
เครื่องมือที่ใช้ในการหาความตึงผิวแบบวิธีการเปรียบเทียบนี้มีชื่อเรียกว่า stalagmometer ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอด capillary และมีกระเปาะตอนกลาง ดังแสดงในรูป ในตอนแรก หลอดดังกล่าวจะต้องล้างสะอาดเสียก่อนด้วยของผสมกรดโครมิก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น ทำให้แห้ง แล้วใส่ของเหลวที่จะวัดให้ถึงระดับที่กำหนดไว้ วิธีการใส่สารเข้าไปในหลอดให้ใช้วิธีดูดเหมือนกับการบีบเปิด แล้วเอาหลอดดังกล่าวไปวางเหนือขวดซึ่ง ปล่อยให้ของเหลวหยดลง 10 หยด โดยให้อัตราการหยดประมาณ 1 หยดต่อ 2 วินาที ถ้าปล่อยให้เร็วกว่านี้หยดอาจจะก่อตัวไม่ทัน จะได้หยดที่เล็กกว่าที่ควรหยดจนครบ 10 หยด แล้วชั่งน้ำหนักของเหลวที่ได้ดังกล่าว เอาหลอด capillary นี้ไปทำความสะอาด แล้วใส่ของเหลวที่เปรียบเทียบอีกตัวหนึ่ง

## 3.ใช้เครื่องมือ tensiometer

การวัดความตึงผิวของของเหลวสามารถวัดได้อย่างที่ต้องการด้วยเครื่องมือ tensiometer ตัวอย่างของเครื่องมือชนิดนี้ได้แก่ เครื่อง Du Nüy surface Tension Apparatus ดังแสดงในรูป ลักษณะของเครื่องมือ เป็นวงแหวนทำด้วยลวดปลาตีนมีที่ยาว 4 เซนติเมตร ขดเป็นวงกลม แล้วนำไปจุ่มลงในของเหลวที่จะวัดความตึงผิว แล้วค่อยๆดึงวงแหวนดังกล่าวขึ้นจากของเหลวนั้น หาแรงที่ใช้ดึงของเหลวนั้น การดึง

นั้นใช้หลักการค้อยๆลดระดับของของเหลวลง ในขณะที่พยายามรักษาระดับของคานที่แขวนวงแหวนให้คงที่ อ่านค่าแรงบิดที่กระทำบนลวด แปลงเป็นหน่วย dyne/cm

เครื่องมือชนิดนี้เหมาะแก่การหาความตึงผิวของน้ำยางมาก ค่าที่อ่านออกมาได้จากเครื่องเป็นค่าตรง ไม่ต้องเปรียบเทียบอีก ข้อดีของเครื่องมือแบบนี้ คือ ใช้ตัวอย่างในปริมาณน้อย สามารถอ่านค่าความตึงผิวได้ในเวลาอันสั้นไม่เกิน 1 นาที สามารถวัดแรงถูกต้องได้ถึง 1 dyne และสามารถเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานได้ในเวลาอันรวดเร็ว แต่มีข้อเสียเหมือนกัน คือ วงแหวนโลหะบิดเบี้ยวได้ง่าย และทำความสะอาดให้ดีได้ยาก นอกจากนั้น ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องค้อยข้างจะซับซ้อนพอสมควร



รูปที่ 5 เครื่องมือวัดความตึงผิวของของเหลวแบบDu Nüey

### ทฤษฎี

1. เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าแรงตึงผิวของน้ำยาง
2. เพื่อให้นิสิตสามารถระบุค่าแรงตึงผิวของน้ำยางได้

### อุปกรณ์และสารเคมี

#### อุปกรณ์

1. เครื่อง Du Nüey surface Tension
2. กระจกนาฬิกา
3. บีกเกอร์ขนาด 250 มล.

#### สารเคมี



1. น้ำยางข้น
2. สารละลายสบู่โพแทสเซียมโอเลเอต เข้มข้นร้อยละ 10
3. น้ำกลั่น

### วิธีการทดลอง

#### 1. การปรับเครื่อง

ให้แขวนลวดplatinaบนที่ห้อยของเครื่องนั้น แล้วคลายที่ยึดแกนออกไป ปรับปุ่มให้เครื่องอ่านให้ได้เลขศูนย์ ถ้าจำเป็น ก็ให้ทำการปรับเครื่อง โดนเอาตุ้มน้ำหนักขนาด 0.5 กรัม มาวางบนวงแหวนนั้น ปรับให้คานชี้ในระดับพอดี ตัวเลขที่อ่านบนเครื่อง ควรจะเป็น 61.3 drne / cm (ถ้าแตกต่างไปจากนี้มาก ก็ให้ถามอาจารย์ผู้คุม)

2. ให้นำน้ำกลั่นมาใส่กระจกนาฬิกา แล้วนำไปวางบนแท่นของเครื่องมือ ปรับให้ความสูงของระดับน้ำห่างจากปลายวงแหวนประมาณ 1 เซนติเมตร ค่อยๆลดคานที่แขวนวงแหวนออก แล้วค่อยๆปรับระดับยกกระจกนาฬิกาขึ้นจนกระทั่งผิวของน้ำสัมผัสกับวงแหวนพอดี แล้วค่อยๆลดระดับของกระจกนาฬิกาลง พร้อมกับให้หมุนวงแหวนขึ้น ให้พยายามรักษาระดับของคานแขวนวงแหวนให้อยู่ในแนวระดับตลอดเวลา ปรับเช่นนี้เรื่อยๆ จนกระทั่งวงแหวนหลุดออกไปจากผิวของน้ำกลั่นพอดี เข้มชี้ที่หน้าปัดจะบอกถึง ความตึงผิวของน้ำกลั่น ให้ทดลองทำซ้ำค่าที่ได้ควรจะได้ใกล้เคียงกันถึง 0.1 drne / cm

(หมายเหตุ : วงแหวนเป็นสิ่งที่บอบบาง อย่าเอามือไปจับที่วงแหวนนั้น ให้จับเฉพาะบนแท่นแก้วที่ยึดวงแหวนไว้เท่านั้น

การทำความสะอาดวงแหวน ให้นำวงแหวนจุ่มลงในกรดโครมิกหรือกรดเกลือ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น และเผาไฟ เฉพาะตัวแหวนนั้น

ถ้าหากวงแหวนมีน้ำยางเกาะ อย่าใช้มีดดึง ให้นำวงแหวนไปเผาไฟ แล้วล้างด้วยกรด และน้ำกลั่น แล้วเผาไฟอีกครั้งหนึ่ง)

3. ให้นำน้ำกลั่นมา 100 มล. มาเติมสารละลายสบู่ลอเรตทีละ 1 มล. แล้วนำมาหาความตึงผิวของสารละลายที่ได้ ค่อยๆเติมสบู่ลงไปอีก แล้ววัดอีก ทำต่อไปจนกระทั่งความตึงผิวของสารละลายที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง

ให้เขียนรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสบู่ที่ใช้ กับความตึงผิวของสารละลายที่ได้

4. ให้นำน้ำยางข้น 60% มาวัดความตึงผิว แล้วให้นำน้ำยางดังกล่าว จำนวน 100 กรัม มาเติมสบู่ลงไป ทีละ 1 กรัม แล้ววัดความตึงผิว แล้วเพิ่มสบู่ขึ้นอีก แล้ววัด ทำเช่นนี้จนกระทั่ง ความตึงผิวของน้ำยางคงที่

ให้เขียนรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสบู่ที่ใช้ กับความตึงผิวของน้ำยางที่ได้





## ปฏิบัติการที่ 9

### การหาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) ในน้ำยาง

#### บทนำ

ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ในน้ำยางแสดงเป็นจำนวนกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งหมายถึง จำนวนกรัมของ โพลีแซ็กคาไรด์ไฮดรอกไซด์ที่ทำให้กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในน้ำยาง ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 100 กรัมเป็น กลาง กรดไขมันระเหยได้ในน้ำยาง เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ที่ใช้คาร์โบไฮเดรตในซุ่มของน้ำยางและกรด amino เป็นอาหาร กรดไขมันระเหยได้ที่เกิดขึ้นได้แก่ กรด formic กรด acetic และกรด propionic โดยมีกรด acetic เป็นส่วนใหญ่ ตามปกติ น้ำยางที่สดและไม่มีจุลินทรีย์ลงไปปะปนจะไม่มีกรดดังกล่าว แต่ขณะที่ เก็บรักษาน้ำยางสดก่อนนำไปปั่น และขณะเก็บรักษาน้ำยางข้น กรดไขมันระเหยได้จะเกิดขึ้น ปริมาณของกรดไขมัน ระเหยได้ทั้งหมดที่เกิดขึ้นนั้นจะทดสอบและระบุค่าเป็น VFA No. ต่ำ (ต่ำกว่า 0.05) มีความหมายว่า น้ำยางนั้น เก็บรักษาสภาพไว้เป็นอย่างดี และมีความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้นต่อไป กรดไขมันระเหยได้มีผลต่อ สมบัติของน้ำยางข้น คือเมื่อจำนวนกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นจะเป็นสาเหตุทำให้ MST ของน้ำยางต่ำ

ในปี ค.ศ.1941 W.S.Devey ที่สถาบันวิจัยยางมาลาया ได้สังเกตพบว่า ในการบดเน่าของน้ำยางนั้น เกิดมี กรดเกิดขึ้น และกรดหลายตัวในนี้สามารถระเหยออกมาได้เมื่อกั่นด้วยไอน้ำ กรดที่ระเหยได้ส่วนใหญ่ที่พบ คือ กรดแอสติก นอกจากนี้ก็ยังมีกรดฟอมิก และ กรดโพลีออนิก ปนอยู่ด้วยเล็กน้อย กรดที่ระเหยได้นี้ มีชื่อเรียกว่า Volatile fatty acid เรียกย่อว่า VFA

ดังนั้น จึงได้มีการคิดหา ปริมาณของกรดที่ระเหยได้นี้ เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า น้ำยางนั้นเก็บรักษาดีหรือไม่ ถ้าเก็บรักษาดี ปริมาณของกรดที่ระเหยได้ในน้ำยางควรจะน้อย การทดสอบหาปริมาณของกรดที่ระเหยได้มีการ พัฒนาขึ้นโดย Philpott กับ Sekar จนกระทั่งในปัจจุบัน การหาปริมาณกรดที่ระเหยได้ก็ได้ยึดเอาตามแนวนี้

การวัดปริมาณของกรดไขมันวัดโดยการใส่สารละลายของด่างโพลีแซ็กคาไรด์ไฮดรอกไซด์มาทำปฏิกิริยากับ กรดระเหยที่กั่นออกมาได้

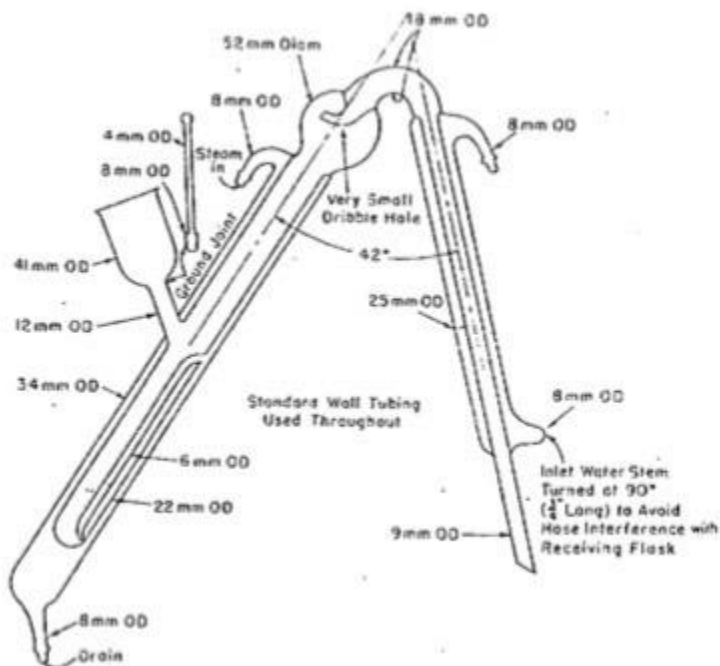
หน่วยวัดของ VFA เรียกกันว่า Volatile fatty acid number มีความหมายเป็น จำนวนกรัมของ โพลีแซ็กคาไรด์ไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับกรดที่ระเหยได้จากน้ำยางที่มีของแข็งอยู่ 1000 กรัม

ในน้ำยางข้นมาตรฐานทั่วไป ค่า VFA number จะไม่เกิน 0.20 น้ำยางข้นที่เก็บรักษาไม่ดีจะมีค่า VFA ที่ สูงกว่านี้ น้ำยางข้นที่เก็บรักษาไม่ดีได้แก่ น้ำยางข้นที่มีแอมโมเนียน้อยเกินไป หรือ น้ำยางที่ใส่แอมโมเนียเข้าเกินไป จนน้ำยางเกิดการบดเน่าบางส่วนแล้ว เป็นต้น

## ทฤษฎี

ในน้ำยางธรรมชาติที่เก็บรักษาด้วยแอมโมเนีย เมื่อเกิดกรดระเหยได้ขึ้นในน้ำยาง กรดนั้นจะรวมตัวกับแอมโมเนีย ที่มีอยู่ในน้ำยาง เกิดเป็นเกลือแอมโมเนียมของกรดนั้นขึ้น วิธีที่จะหากรดระเหยนั้น ทำโดยการทำให้น้ำยางจับตัวด้วยสารละลายเกลือ พร้อมกับให้เซรุ่มแยกตัวออกมาจากน้ำยาง ในเซรุ่มดังกล่าวก็จะมีสารละลายแอมโมเนียมของกรดที่ระเหยได้อยู่ เมื่อเติมกรดกำมะถันลงไป กรดจะทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมของกรดที่ระเหยได้นั้น ปลดปล่อยกรดระเหยได้อิสระออกมา และเมื่อดูเอาเซรุ่มนั้นไปใส่ลงในเครื่องกลั่นแยกไอน้ำ Markham Still กรดอิสระระเหยได้นี้ก็จะแยกออกมาพร้อมกับไอน้ำ ซึ่งเมื่อเก็บเอาส่วนที่กลั่นได้ดังกล่าวนี้ ไปไตเตรตหาปริมาณของกรดดังกล่าวด้วยต่างมาตรฐาน ก็จะทำให้รู้ปริมาณของกรดที่ระเหยได้ในน้ำยาง

ในการทำจริงนั้น สมมติให้ใช้น้ำยาง W กรัม และใช้สารละลายเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตในปริมาณ 50 มล. เพื่อจับตัวน้ำยาง เมื่อได้สารเซรุ่มใสแล้ว ก็นำเอาเซรุ่มดังกล่าวมา 25 มล. มาเติมกรดกำมะถันลงไป 5 มล. เพื่อปลดปล่อยกรดระเหยได้ในน้ำยางนั้น แล้วจากสารละลายที่ใส่กรดนั้นให้เอามา 10 มล. เพื่อไปกลั่นไล่กรดระเหยได้ออกมา เมื่อกลั่นเสร็จจึงไปไตเตรตกับต่างแบเรียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน



รูปที่ 6 markham – Type Still สำหรับการทดสอบหาค่า VFA ของน้ำยาง

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) ในน้ำยาง
2. เพื่อให้นักนิสิตสามารถระบุค่าปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA) ในน้ำยางได้

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. ถ้วยสแตนเลส
2. แท่งแก้วคนสาร
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
5. กรวยแก้ว
6. กระดาษกรอง
7. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50, 125 และ 250 ml
8. ปิเปต
9. บิวเรต
10. Distillation apparatus (Markham still)
11. ขวดน้ำกลั่น

### สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 30% (m/m)
2. สารละลายกรดซัลฟูริก 50% (m/m)
3. สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.01 N
4. สารละลายแสดงการเปลี่ยนสี (indicator solution)
5. สารป้องกันการเกิดฟอง (anti – foaming agent)

### วิธีการทดสอบ

1. ชั่งน้ำยางใส่ถ้วยสแตนเลส ปริมาณ 50 g
2. นำสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 30% เติมลงในน้ำยาง
3. นำน้ำยางไปอุ่นบนอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C จนน้ำยางจับตัวเป็นก้อน และมีเซรุ่มแยกออกมา (จะเห็นเป็นน้ำใสๆแยกออกมา) พยายามเค้นเซรุ่มออกมาจากก้อนให้ได้ปริมาตร 50 ml
4. ปิเปตเซรุ่มใสในชุดกลุ่ม 10 ml และหยดสารป้องกันการเกิดฟองลงไป 1 หยด แล้วฉีดด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย

- 5.เตรียมชุดกลั่นให้พร้อม
  - 6.ปิเปตเซรุ่มสาในชุดกลั่น 10 ml และหยดสารป้องกันการเกิดฟองลงไป 1 หยด แล้วฉีดด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย
  - 7.นำขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml มารองรับสิ่งที่กลั่นได้ และรอจนสิ่งที่กรองได้มีปริมาตร 100 ml จึงหยุดการกลั่น
  - 8.ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้ง
  - 9.นำสิ่งที่กลั่นได้ไปวางไว้ให้เย็น แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ โดยก่อนที่จะทำการไทเทรตสิ่งที่กลั่นได้จะต้องทำการหาความเข้มข้นของแบเรียมไฮดรอกไซด์ก่อน โดยปิเปตกรดไฮโรคลอริก เข้มข้น 0.1063 N มา 3 ml และหยดฟีนอล์ฟธาลินลงในสารละลายประมาณ 3 หยด แล้วนำไปไทเทรตด้วยแบเรียมไฮดรอกไซด์ จนเป็นสีชมพู แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแบเรียมไฮดรอกไซด์ จนเป็นสีชมพู แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแบเรียมไฮดรอกไซด์
  - 10.นำสิ่งที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้น โดยก่อนที่จะทำการไทเทรตต้องหยดฟีนอล์ฟธาลินลงในสารละลายประมาณ 3 หยด
  - 11.ไทเทรตจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วอ่านค่าปริมาตรที่ทำให้สารละลายเปลี่ยนสี
- การคำนวณ

$$VFA\ No. = \frac{(67.32 \times N \times V)}{(m \times TSC)} \times \frac{50 + m(100 - DRC)}{100p}$$

เมื่อ	N	คือ นอร์มอลิตี้ของสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์
	V	คือ ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ทำให้ของเหลวที่กลั่นได้เป็นกลาง
	DRC	คือ เปอร์เซ็นต์เนือยงโดยน้ำหนักของน้ำยาดตัวอย่าง
	m	คือ มวลเป็นกรัมของตัวอย่าง
	p	คือ ความหนาแน่นเป็นเมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของเซรุ่ม (p=1.02 mg/m <sup>3</sup> สำหรับน้ำยารุ่นจากการปั่นหรือจากการทำครีม)
	TSC	คือ เปอร์เซ็นต์ของของแข็งโดยน้ำหนักของน้ำยาดตัวอย่าง





## ปฏิบัติการที่ 10

### การชุบน้ำยางโดยใช้สารจับตัว (Coagulant dipping)

#### . บทนำ

โดยปกติ การชุบน้ำยางโดยตรง (straight dip) จะได้แผ่นยางหนาประมาณ 0.04-0.05 มม. ต่อการชุบ 1 ครั้ง ในมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ทั่วไปจนกำหนดความหนาของผลิตภัณฑ์ยาง ดังเช่นในตารางที่ 1

#### ตารางที่ 25 ตัวอย่างความหนาของผลิตภัณฑ์ยาง

ชื่อผลิตภัณฑ์	ความหนา, มม.	หมายเลขมาตรฐาน
ถุงยางอนามัย	ไม่เกิน 0.08	B.S 3704:1979
ถุงมือตรวจ	ไม่น้อยกว่า0.08	ASTM D 3578
ถุงมือผ่าตัด	ไม่น้อยกว่า0.10	ASTM D 3577
ถุงมือผ่าตัด	ไม่น้อยกว่า0.10	B.S.4005:1984

ดังนั้น ในการทำผลิตภัณฑ์น้ำยางต่างๆ ดังกล่าว ถ้าทำการจุ่มโดยตรงอย่างน้อยที่สุดก็ต้องจุ่มถึง 2 ครั้ง แต่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือการแพทย์ก็ต้องจุ่มถึง 4 ครั้ง เป็นต้น การจุ่มหลายๆ ครั้งเป็นการเพิ่มขึ้นตอนในการผลิตทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้น ยิ่งกรณีของการผลิตถุงมือบ้านและถุงมือที่ใช้โรงงานอุตสาหกรรมก็ต้องชุบเพิ่มมากขึ้นขึ้นไปอีก

การลดขั้นตอนในการผลิตในการจุ่มให้น้อยครั้งลงไปทำได้โดยการใช้สารจับตัว (coagulant) เข้าช่วยในกระบวนการชุบน้ำยางวิธีนี้คือ นำแบบพิมพ์ชุบที่สะอาดมาจุ่มลงในสารละลายจับตัวแล้วยกขึ้นแล้วนำไปจุ่มในน้ำยางตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ยิ่งจุ่มนานน้ำยางก็ยิ่งจะจับตัวบนแบบชุบหนาขึ้นตาม แล้วจึงยกแบบชุบออกไปจากน้ำยาง

#### ทฤษฎี

##### การจับตัว

สารจับตัว coagulant ที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำยาง มีดังต่อไปนี้

1.) สารละลายเกลือแคลเซียม ไดแก แคลเซียมไนเตรดและแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้นสารละลายนี้จะต้องทำให้แห้งหมาดๆ ก่อนที่จะชุบลงในน้ำยางบางครั้งเราเรียก สารจับตัวนี้ว่า Dry coagulant สารจับตัวที่ชื้นนี้เป็นตัวทำละลายจะทำให้ตัวทำละลายระเหยได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องอุ่น แบบชุบแต่ทำการใช้แอลกอฮอล์ จะเป็นการเสี่ยงต่อไฟไหม้ได้ง่าย ส่วนการใช้หมึกเป็นตัวทำละลาย จะทำให้ตัวทำละลายระเหยมากขึ้นจะต้องอุ่นแบบชุบจึงจะใช้งานได้

2.) สารละลายกรดอ่อน ได้แก่ กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก เป็นต้น ในกรณีนี้จะนำแบบชุบที่มีน้ำกรดเคลือบยังเปียกๆ อยู่ไปจุ่มลงในน้ำยาง การที่ใช้สารละลายกรดที่กำลังเปียกนี้ ทำให้มีชื่อเรียกสารละลายจับตัวประเภทนี้ว่า Wet coagulant การใช้กรดอ่อนเป็นสารจับตัวนี้ จะต้องนำแบบชุบไปจุ่มลงในน้ำยางขณะที่น้ำกรดเคลือบเปียกๆ อยู่ถ้ายิ่งทิ้งไว้นานจนเกินไป น้ำกรดจะระเหยออกไปหมดทำให้ไม่ได้ขนาดตามความต้องการ

3.) สารละลาย Cyclohexylamine acetate (เรียกย่อ ๆ CHA) กรดไม่ระเหยออกไปสารประกอบอะมีนที่มีความเป็นสูง (pkb ต่ำ) เพื่อที่จะให้ความหนาของยางที่ได้ลดลงไม่มากเกินไป สารประกอบอะมีนที่มีค่าความเป็นด่างสูง คือ Cyclohexylamine

### ความหนาของยางจากการชุบ

ความหนาของยางจากการชุบ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารจับตัว
2. ระยะเวลาที่ชุบในน้ำยาง
3. ความเข้มข้นของน้ำยาง
4. ความหนืดและความเสถียรของน้ำยาง

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำยางได้

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. ตู้อบ (Hot Air Oven)
3. clamp จับ

### สารเคมี

1. น้ำยางชนพรีวัลคาไนซ 60%
2. กรดอะซิติก
3. Cyclohexylamine
4. Calcium nitrate หรือ Calcium chloride

## วิธีการทดลอง

### 1. Wet coagulant process

#### ก) ผลของเวลาการชุปต่อความหนาของยาง

นำตัวอย่างแบบชุปรูป (หลอดทดลอง) ที่สะอาดมา 1 หลอด จุ่มลงในกรดอะซิติกเข้มข้น 10% แล้วตั้งขึ้น ให้หน้าแบบชุปดังกล่าวค่อยๆ จุ่มลงในน้ำยางโดยทันที แล้วแช่เอาไว้ในน้ำยางเป็นเวลา 1 นาที แล้วตั้งขึ้น นำแบบชุปดังกล่าวไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ทำแป้งทลคัม แล้วแกะยางออกจากแบบชุป แล้ววัดความหนาของแผ่นยางที่ได้

\*\*\* ให้ทำการซ้ำอีกครั้งโดยแปรเวลาในการชุปเป็น 3, 5, 7, และ 9 นาที ตามลำดับ

#### ข) ผลของการระเหยของกรดต่อความหนาของยาง

นำตัวอย่างแบบชุป (หลอดทดลอง) ที่สะอาดมา 1 อัน จุ่มลงในกรดอะซิติกเข้มข้น 10 % แล้วตั้งขึ้นมา ให้ตั้งแบบชุปดังกล่าวในอากาศเป็นเวลา 1 นาที แล้วจึงค่อยๆ จุ่มลงในน้ำยาง และแช่เอาไว้ในน้ำยางเป็นเวลา 1 นาที แล้วตั้งขึ้น นำแบบชุปดังกล่าวไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ทำแป้งทลคัม แล้วแกะยางออกจากแบบชุป แล้ววัดความหนาของแผ่นยางที่ได้

\*\*\* ให้ทำการซ้ำอีกครั้งโดยแปรเวลาในการชุปเป็น 3, 5, 7, และ 9 นาที ตามลำดับ

#### ค) การใช้สารประกอบอะมีนร่วมกับกรดอะซิติก

นำกรดอะซิติกเข้มข้น (glacial) จำนวน 10 กรัม มาเติม cyclohexylamine 16 กรัม แล้วเติมน้ำลงไปให้ครบ 100 กรัม จะได้สารละลายกรด 10% และมีสารประกอบเอมีนผสมอยู่ ให้ดำเนินการทดลองเหมือนกับหัวข้อ ก และ ข แล้วให้เปรียบเทียบผลการทดลองดังกล่าว

### 4.2 Dry coagulant process

#### ก) ผลของเวลาการชุปต่อความหนาของยาง

นำตัวอย่างแบบชุป (หลอดทดลอง) ที่สะอาดมา 1 อัน จุ่มลงในสารละลายเกลือ calcium nitrate (หรือ calcium chloride) เข้มข้น 20% แล้วตั้งขึ้น ให้หน้าแบบชุปดังกล่าวไปอบในเตาอบให้แห้งหมาดๆ แล้วจึงนำมาค่อยๆ จุ่มลงในน้ำยาง และแช่เอาไว้ในน้ำยางเป็นเวลา 0.5 นาที แล้วตั้งขึ้น นำแบบชุปดังกล่าวไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ทำแป้งทลคัม แล้วแกะยางออกจากแบบชุป แล้ววัดความหนาของแผ่นยางที่ได้

#### ข) ผลของความเข้มข้นของสารชุปต่อความหนาของยาง

นำตัวอย่างแบบชุป (หลอดทดลอง) ที่สะอาดมา 1 อัน จุ่มลงในสารละลายเกลือ calcium nitrate (หรือ calcium chloride) เข้มข้น 20% แล้วตั้งขึ้น ให้ตั้งแบบชุปในเตาอบที่ 70 °C จนแห้งหมาดๆ แล้วจึงค่อยๆ จุ่มลงในน้ำยาง และแช่เอาไว้ในน้ำยางเป็นเวลา 1 นาที แล้วตั้งขึ้น นำแบบชุปดังกล่าวไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ทำแป้งทลคัม แล้วแกะยางออกจากแบบชุป แล้ววัดความหนาของแผ่นยางที่ได้

ให้ทำซ้ำอีกครั้งโดยให้แปรความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมเป็น 1%, 5%, 10% และ 15% ตามลำดับ

## ตารางที่ 26 ผลการทดสอบการชุบน้ำยางโดยใช้สารจับตัว

ตัวแปร	ความหนาของชั้นตัวอย่าง		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3

## ปฏิบัติการที่ 11

### การหล่อตัวอย่าง (Casting)

#### บทนำ

ความสำคัญของการทำแบบพิมพ์ คือ เป็นการเพิ่มจำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ 2 ชิ้นขึ้นไปการทำแบบพิมพ์จึงนับหนึ่งกระบวนการที่สำคัญในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางที่มีรายละเอียดซับซ้อน(ขึ้นรูปได้จากน้ำยาง) ตัวอย่างเช่น การขึ้นรูปยางพองน้ำ หรือการขึ้นรูปยางด้วยเทคนิคการหล่อแบบ เป็นต้นการทำแบบพิมพ์จะทำให้สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรายละเอียดต่างๆ ตามแบบพิมพ์ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความคมชัดหรือไม่จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบพิมพ์เป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่มีรายละเอียดมากๆ เช่น ตุ๊กตายาง หน้ากากยาง และผลิตภัณฑ์ยาง เพื่อประดับบ้าน เป็นต้นแม่พิมพ์ที่นิยมใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิดหลัก ๆ ได้แก่ แม่พิมพ์ยาง และแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์แม่พิมพ์ยางเป็นแม่พิมพ์อย่างง่าย เหมาะสำหรับแบบที่เป็นรูปนูนต่ำ นูนสูง

หรือรูปลอยตัวที่ไม่มีรายละเอียดมากนัก แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์มักมี 2 ชนิด คือ แม่พิมพ์ทึบกับแม่พิมพ์ขึ้นแม่พิมพ์ทึบ คือแม่พิมพ์ที่ใช้หล่องานได้ครั้งเดียว เมื่อจะแกะงานจะทุบแม่พิมพ์ เพื่อนำเอางานออกมา แม่พิมพ์ขึ้นคือแม่พิมพ์แยกส่วนเป็นชิ้นๆ หลายชิ้น และสามารถหล่องานได้หลายๆ ครั้ง

#### ทฤษฎี

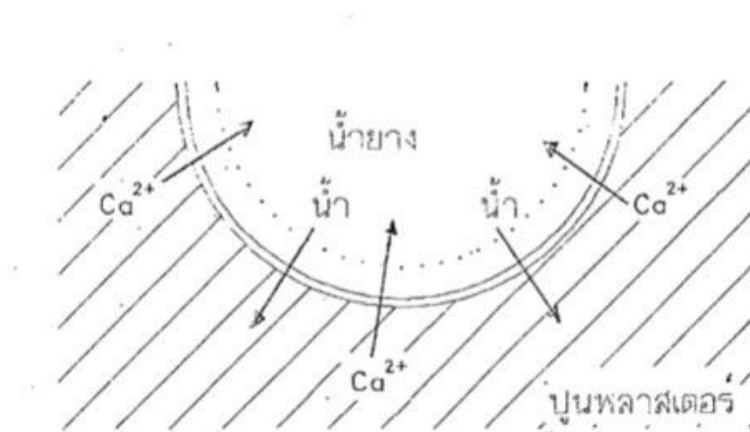
##### 1.1 พิมพ์ปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์เป็นพลาสติกที่มีลักษณะเป็นผงสีขาว (Calcium Sulphate Hemihydrate)เมื่อนำปูนปลาสเตอร์ ผสมน้ำ จนได้ของเหลวข้น นำไปหล่อแล้วตั้งทิ้งไว้ จะเกิดการจับตัวแข็งขึ้นกระบวนการนี้เกิดการเปลี่ยนแปลงเคมี ได้ประกอบสาร Calcium Sulphate dehydrate ปูนปลาสเตอร์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการทำแบบพิมพ์ เนื่องด้วยข้อเด่นหลายประการที่วัสดุอื่นไม่สามารถทดแทนได้ เช่น

- 1) ราคาถูก และสามารถผลิตได้รวดเร็ว
- 2) แบบพิมพ์สามารถดูดซึมความชื้นจากชิ้นงานได้
- 3) ไม่ต้องนำมาเผาก่อนการใช้งาน
- 4) แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ไม่เปลี่ยนรูปร่างได้ง่าย (หดตัว)

อย่างไรก็ตาม แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ก็ข้อด้อย คือ ความคงทนน้อย ผิวหน้าพิมพ์สึกหรอได้ง่ายต้องทำพิมพ์ชุดใหม่มาทดแทนพิมพ์เก่าที่เสื่อมสภาพตลอดเวลาจากข้อด้อยดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการใช้แบบพิมพ์อีกชนิด คือ แบบพิมพ์ยางการที่น้ำยางเกิดการจับตัวบนผิวของปูนปลาสเตอร์ อาจเกิดมาจาก 2 สาเหตุ คือ

- 1) ปูนพลาสติกที่มีรูพรุน จะเกิดการดูดน้ำออกไปจากน้ำยางได้ ทำให้เกิดการจับตัวของยางขึ้นที่ผิวของปูนพลาสติกนั้น
- 2) แคลเซียมไอออนที่อยู่ในแบปิมพ์แพร่ออกมา ทำให้น้ำยางมีความเสถียรลดลงที่บริเวณใกล้ๆผิวแบปิมพ์นั้นกลไกของการจับตัวทั้งสองนี้ได้แสดงในรูปที่ 1 ด้วยกลไกทั้งสองอย่างนี้ ทำให้น้ำยางค่อยๆเกาะที่ผิวในของแบปิมพ์ ในขณะที่ผิวแบปิมพ์ก็จะถูกกัดกร่อนไปด้วยรายละเอียดของแบปิมพ์ก็จะหายไป



รูปที่ 7 กลไกของการจับตัวของน้ำยางบนผิวของแบปิมพ์พลาสติก

## 1.2 แบปิมพ์โลหะ

แบปิมพ์โลหะ เช่น อลูมิเนียมหรือ แมกนีเซียม ใช้เฉพาะน้ำยางที่เป็นแบบ heat sensitive อัตราการเกาะยางบนแบปิมพ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแบปิมพ์ ความจุความร้อนของแบปิมพ์ และสภาพความเป็น heat sensitive ของน้ำยางเอง ถ้าเปรียบเทียบกันระหว่างแบปิมพ์พลาสติกกับแบปิมพ์โลหะจะเห็นว่าแบปิมพ์พลาสติกมีราคาถูกกว่าและเตรียมได้ง่ายกว่า แต่ในขณะเดียวกัน เข้าสึกหรอได้ง่ายกว่ามีอายุการใช้งานน้อยกว่า ดังนั้นแบปิมพ์พลาสติกจึงใช้ในกรณีที่ต้องการทำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก็ขึ้นแต่ถ้าต้องการทำเป็นจำนวนมากแล้ว ควรจะใช้แบปิมพ์โลหะมากกว่า

## 1.3 พิมพ์ยาง

พิมพ์ยางได้รับความนิยม เนื่องจากข้อเด่นเรื่องอายุการใช้งาน ความสามารถในการหล่อแบบที่มีลวดลายซับซ้อนได้ และความทนทานต่อการบ่มร้อน อย่างไรก็ตามข้อด้อยของการเตรียมพิมพ์ยาง คือจะต้องใช้เวลาเตรียมพิมพ์ค่อนข้างนานยาวที่สามารถนำมาทำเป็นแบบพิมพ์ได้จะอยู่ในรูปของลาเท็กซ์ (Latex) ที่พร้อมจะแข็งตัว กล่าวคือ ยางดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติที่พร้อมเชื่อมขวาง (Crosslink) โดยการเชื่อมขวางควรจะเกิดขึ้นในระหว่างและหลังจากการหล่อหรือเทลาเท็กซ์ลงบนผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อให้แบบพิมพ์ไม่ผิดรูปในกระบวนการดึงแบบพิมพ์ ยางออกจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ยางที่นิยมนำมาใช้เตรียมเป็นแบบพิมพ์ ได้แก่ น้ำยางซิลิโคน และน้ำยางธรรมชาติ

### 1.3.1 น้ำยางซิลิโคน

น้ำยางซิลิโคนที่ผสมด้วยตัวทำแข็ง (Hardener) โดยยางซิลิโคนเป็นยางที่มีคุณสมบัติที่ดีมากในเรื่องการยืดหยุ่นการคงรูป การทนสารเคมี การทนต่อความร้อนได้ในระดับหนึ่งเหมาะสำหรับการหล่อชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดสูงความคงรูปไม่เปลี่ยนรูปทรงมากนักในกรณีที่มีการหล่อชิ้นงานเป็นจำนวนมากในตลาดบ้านเราจะใช้มากในเรื่องการทำแม่พิมพ์หล่อเรซิน (polyester resin) หล่อซีพิ้ง หล่อเทียน ทำแม่พิมพ์หล่อสบู่ หล่อปูนปลาสเตอร์ หล่อปูนซีเมนต์ ยางซิลิโคนจะมีสเปคให้เลือกใช้งานได้หลากหลายมากกว่ายางพารา

เพราะยางซิลิโคนจะมีค่าความแข็งของยางแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ และยางพาราเป็นยางที่ได้มาจากธรรมชาติและมีการผสมสารเคมีกันแข็งตัว เพื่อให้เหมาะแก่การนำมาใช้งานและต้องผ่านขั้นตอนที่หลายขั้นตอนกว่าจะมาเป็นยางที่เรานำมาใช้งานได้ เช่น ถูมือยาง

### 1.3.2 น้ำยางที่ใช้หล่อเป็นน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางที่ใช้หล่อเป็นน้ำยางธรรมชาติ อาจจะใช้เป็นแบบธรรมดา หรือ แบบ prevulcanised ก็ได้ การใช้น้ำยาง prevulcanised จะทำให้ไม่ต้องใส่สารเคมีเพิ่มเติมลงไปอีก แต่ความแข็งแรงสู้สูตรน้ำยางธรรมดาไม่ได้การควบคุมความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ทำโดยการใส่สารตัวเติมใส่ลงไป สารตัวเติมที่ใช้ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต และ ดินขาว เป็นต้น

## 1.4 การควบคุมความหนาของการหล่อ

ความหนาของแผ่นยางที่ได้จากการหล่อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการหล่ออุณหภูมิของเบ้า ความชื้นของเบ้า และปริมาณของสารตัวเติมในน้ำยางรวมทั้งการใส่สารที่ทำให้น้ำยางสูญเสียสภาพแบบ flocculation เช่น การใช้ aluminium sulphate หรือ สารส้ม เป็นต้นในตอนเริ่มต้นการเกาะตัวของยางบนผิวปูนปลาสเตอร์ จะเป็นไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากรูพรุนของปูนปลาสเตอร์ยังว่างอยู่ แต่เมื่ออนุภาคของเม็ดยางไปเกาะแน่นแล้วความหนาจะเพิ่มขึ้นช้าลงไป ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้น้ำยาง prevulcanised ธรรมดาอย่างเดียว เมื่อใส่ลงในเบ้าพิมพ์จะต้องใช้เวลาถึงประมาณ 3 ชั่วโมง จึงจะได้ความหนาของยางเพียง 1 / 10 นิ้วการใส่สารตัวเติมจะทำให้มีช่องว่างมากขึ้นที่จะทำให้หน้าแทรกผ่านแนวเกาะจับตัวของยางได้ทำให้ได้ความหนาขึ้นผลของการใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความหนาในการเกาะตัวของยางบนปูนปลาสเตอร์ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3 นี้

แต่ถ้าหากทำให้น้ำยางเกิดการจับตัวเป็นอนุภาคเล็ก ที่เรียกว่า flocculate เช่น การใช้เกลือสารส้ม (aluminium Sulphate) ใส่ลงไปในน้ำยาง จะทำให้การจับตัวได้หนาขึ้นปริมาณของสารส้มที่ใส่เข้าไปขึ้นอยู่กับความเสถียรของน้ำยาง ปริมาณของสารส้มที่ใช้ประมาณ 0.5- 1.0 ส่วนต่อยางแห้ง 100 ส่วน และความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้ประมาณ 2.5 ถึง 5% น้ำยางนี้จะให้ความหนารวดเร็ว เช่น การที่ให้น้ำยางนี้สัมผัสกับปูนปลาสเตอร์เป็นระยะเวลาเพียง 30 นาทีจะให้ความหนาสู่ถึง 1/10 นิ้ว เป็นต้น

## วัตถุประสงค์

1. ฝึกทักษะการเตรียมแบบเบ้า
2. ฝึกทักษะการหล่ออย่าง

## เครื่องมือ/อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับการเตรียมแม่พิมพ์

- (1) ตู้อัดต้นแบบ
- (2) หน้ากากต้นแบบ
- (3) กระดาษแข็ง หรือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด
- (4) ภาชนะ
- (5) ดินน้ำมันหรือดินเหนียว
- (6) น้ำสบู่หรือน้ำมันวาสลีน

## สารเคมี

- (1) น้ำยาล้างซิลิโคน และตัวทำให้แข็งตัว (Hardener)
- (2) น้ำยาธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์

2.2 อุปกรณ์ และสารเคมี สำหรับการหล่ออย่าง

## อุปกรณ์

- (1) ปูนพลาสเตอร์

## สารเคมี

- (1) น้ำยางชั้น 60%
- (2) น้ำยาง prevulcanised
- (3) กำมะถัน dispersion 50%
- (4) TMT dispersion 50%
- (5) สารละลายสารส้ม 2.5%



### 3.วิธีการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมแบบพิมพ์ปูน

การผสมปูนปลาสเตอร์ อัตราส่วนผสมระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำมีความสำคัญต่อค่าการดูดซึมน้ำและค่าความแข็งแรงของแบบพิมพ์ ถ้าใช้น้ำมากค่าดูดซึมน้ำจะสูงแต่ค่าความแข็งแรงจะลดลง ถ้าใช้น้ำน้อยค่าความแข็งแรงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่การดูดซึมน้ำจะลดลงปูนปลาสเตอร์เมื่อมีการแข็งตัวแล้วจะขยายตัวขึ้นเล็กน้อย 0.2%-0.4% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมในแบบพิมพ์ ดังแสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 อัตราส่วนการใช้น้ำมากหรือน้อย มีผลต่อคุณภาพของปูน

ขั้นตอนในการผสมปูนปลาสเตอร์

1) คำนวณขนาดของพื้นที่ที่จะเทปูน เพื่อให้ทราบสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำกับปูนที่ใช้ (ความหนาแน่นของปูนปลาสเตอร์เท่ากับ 2.2 g/cm)

2) การเติมปูน ค่อยๆ โรยปูนลงในถังที่ตวงน้ำไว้แล้ว โรยปูนลงไปเรื่อยๆ จนถึงปริมาณน้ำหนักที่คำนวณไว้ แช่วปูนให้ดูจนทั่ว ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาทีก่อนลงมือกวนให้ปูนกับเข้ากัน

3) การกวนปูนปลาสเตอร์ เมื่อปูนชั้นมีลักษณะคล้ายครีมเหลวให้เทปูนลงในคอกกั้นพิมพ์ซ้าๆ เทลงทีละมุดหนึ่งโดยระวังไม่ให้น้ำกระเด็นเกิดฟองอากาศ ถ้าผสมปูนกับน้ำไม่ดีปูนยังไม่ทันชั้นแล้วรีบนำมาเทปูนที่เทจะตกตะกอนข้างล่างตอนบนมีน้ำใสเจิ่งนอง แห้งช้า พิมพ์ที่ได้คุณภาพไม่ดี

4) การหาความสะอาด ให้นำภาชนะที่ผสมปูนมาล้างในทันทีก่อนที่ปูนจะแข็งตัวโดยล้างภาชนะผสมปูนลงในอ่างพักน้ำที่เตรียมไว้ล้างเศษปูนขัดเศษปูนที่ติดแน่นออกด้วยแปรงลวดจนถึงสะอาดดีแล้วจึงนำไปล้างน้ำสะอาดในอ่างก๊อกน้ำอีกทีเพื่อป้องกันท่อตัน

### 3 วิธีการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมแบบพิมพ์ปูน

การผสมปูนปลาสเตอร์ อัตราส่วนผสมระหว่างปูนปลาสเตอร์กับน้ำมีความสำคัญต่อค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแรงของแบบพิมพ์ ถ้าใช้น้ำมากค่าดูดซึมน้ำจะสูงแต่ค่าความแข็งแรงจะลดลง ถ้าใช้น้ำน้อย ค่าความแข็งแรงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่การดูดซึมน้ำจะลดลงปูนปลาสเตอร์เมื่อมีการแข็งตัวแล้วจะขยายตัวขึ้นเล็กน้อย 0.2%-0.4% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมในแบบพิมพ์ ดังแสดงดังตาราง

ตารางที่ 27 อัตราส่วนการใช้น้ำมากหรือน้อย มีผลต่อคุณภาพของปูน

ปริมาณน้ำ	การแข็งตัว	การดูดซึมน้ำ	ความแข็งแรง	การขยายตัว
น้ำมาก	ช้า	มาก	น้อย	มาก
น้ำน้อย	เร็ว	น้อย	มาก	น้อย

### ขั้นตอนในการผสมปูนปลาสเตอร์

- 1) คำนวณขนาดของพื้นที่ที่จะเทพูน เพื่อให้ทราบสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำกับปูนที่ใช้ (ความหนาแน่นของปูนปลาสเตอร์เท่ากับ 2.2 g/cm)
- 2) การเติมปูน ค่อยๆ โรยปูนลงในถังที่ตวงน้ำไว้แล้ว โรยปูนลงไปเรื่อยๆ จนถึงปริมาณน้ำหนักที่คำนวณไว้ แช่วปูนให้ดูน้ำจนทั่ว ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาทีก่อนลงมือกวนให้ปูนกับเข้ากัน
- 3) การกวนปูนปลาสเตอร์ เมื่อปูนชั้นมีลักษณะคล้ายครีมเหลวให้เทพูนลงในคอกกั้นพิมพ์ช้าๆ เทลงที่มุมใดมุมหนึ่ง โดยระวังไม่ให้ปูนกระเด็นเกิดฟองอากาศ ถ้าผสมปูนกับน้ำไม่ดี ปูนยังไม่ทันชั้นแล้วรีบนำมาเทพูนที่เพิ่งจะตกตะกอนข้างล่างตอนบนมีน้ำใสเจิ่งนอง แห้งช้า พิมพ์ที่ได้คุณภาพไม่ดี
- 4) การหาความสะอาด ให้นำภาชนะที่ผสมปูนมาล้างในทันทีก่อนที่ปูนจะแข็งตัว โดยล้างภาชนะผสมปูนลงในอ่างพักน้ำที่เตรียมไว้ล้างเศษปูน ชัดเศษปูนที่ติดแน่นออกด้วยแปรงลวดจนถึงสะอาดดีแล้วจึงนำไปล้างน้ำสะอาดในอ่างก๊อกน้ำอีกทีเพื่อป้องกันท่อตัน

**หมายเหตุ** การผสมปูนควรผสมเกินจากที่คำนวณไว้เล็กน้อยเสมอ

### ขั้นตอนการเตรียมแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

การเตรียมแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ทำโดยตัวอย่างวัสดุมาเป็นแบบมาใส่ลงในกล่องทำเป็นขอบกันรอบวัสดุนั้น ให้ขอบกล่องห่างกับวัสดุพอประมาณ โดยการเตรียมแบบพิมพ์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์อย่างสามารถแบ่งออกเป็น

#### 1) แบบพิมพ์หน้ากาก

แบบพิมพ์หน้ากาก คือ แบบพิมพ์ที่มีเพียง 1 ชั้น แบบพิมพ์ชนิดนี้เตรียมได้ไม่ยากนัก โดยเริ่มจากการตั้งวัสดุต้นแบบลงในกล่อง จากนั้นเทพูนปลาสเตอร์ลงในกล่อง (ช่องว่างที่เหลือ) เมื่อปูนปลาสเตอร์แห้งดีแล้ว พลิกด้านปูนปลาสเตอร์พร้อมกันกับแกะกล่องที่ใช้กันเป็นขอบออก จากนั้นตกแต่งให้สวยงาม

#### 2) แบบพิมพ์ตุ๊กตา (แบบกลวง)

แบบพิมพ์ตุ๊กตา หรือแบบพิมพ์เพื่อการหล่ออย่างแบบกลวง แบบพิมพ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับการหล่อแบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แบบพิมพ์ชนิดนี้จะประกอบด้วยส่วนประกอบของพิมพ์ตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไปประกบกันซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

- นำดินน้ำมันใส่ลงไปที่ก้นกล่อง จากนั้นนำวัสดุต้นแบบที่ทำน้ำมันวาสลิน หรือน้ำสบู่ที่ผิวเรียบร้อยแล้วฝังในดินเหนียวนั้นให้จมลึกประมาณครึ่งหนึ่ง (หาแนวที่จะทำให้ถอดแบบสุดท้ายได้ง่าย)
- นำปูนปลาสเตอร์ที่ผสมน้ำเป็นครีมข้นแล้ว เทลงบนวัสดุต้นแบบที่ใล่นั้นตั้งให้ปูนปลาสเตอร์แข็งตัว ก็จะได้แบบพิมพ์ครึ่งหนึ่ง

- พลิกแบบพิมพ์ส่วนนี้ขึ้น เจาะรูที่จะทำให้เป็นเดือยที่ผิวรอยต่อของเบ้า แล้วทาผิวของปูนพลาสติกนั้นด้วยวาสลินหรือน้ำสบู่ เพื่อป้องกันไม่ให้ปูนพลาสติกติดกันเมื่อหล่อในขั้นต่อไป

-หล่อเทปูนพลาสติกเหลวที่ขลงไปบนเบ้าครั้งแรกดังกล่าว หลังจากทีปูนแห้งจับตัวกันดีแล้ว เอาแบบพิมพ์ที่ได้ออกไปจากกล่อง แยกฝาเบ้าออกจากนั้นเจาะรูที่ฝาเบ้า เพื่อที่จะใช้สำหรับเป็นช่องทางเข้า - ออกของน้ำยาง ในกรณีที่ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ยางแบบหล่อ

- ตกแต่งแบบพิมพ์ให้สวยงาม

ในกรณีที่รูปร่างวัสดุซับซ้อนมากขึ้น การทำเบ้าชนิดสองฝาประกบกัน อาจจะแกะวัสดุออกแบบไม่ได้ จำต้องทำแบบพิมพ์หลายๆ ชิ้นประกอบเข้าด้วยกัน

### 3.2 การเตรียมแบบพิมพ์ยาง

การเตรียมน้ำยาง เพื่อทำเป็นแบบพิมพ์ น้ำยางที่นิยมใช้เตรียมเป็นแบบพิมพ์แบบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) ยางซิลิโคน

2) ยางธรรมชาติ

กรณีน้ำยางซิลิโคน จะต้องผสมตัวทำแข็ง (Hardener) 4-5 หยด กวนจนกระทั่งเหนียวและน้ำยางธรรมชาติจะต้องเตรียมเป็นน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ก่อนนำไปใช้งานเป็นยางเพื่อหล่อเป็นแบบพิมพ์

ขั้นตอนการทำแบบพิมพ์จากยาง

1) ตัดต้นแบบกับฐานให้แข็งแรง จากนั้นล่อมขอบให้ใหญ่กว่าต้นแบบเล็กน้อยด้วยดินน้ำมัน

2) กรณียางซิลิโคน เมื่อผสมด้วยตัวทำแข็ง จนกระทั่งมีความเหนียวเหมาะสมแล้วเทลงบนแบบพิมพ์ต่างๆ จนทั่วแบบพิมพ์ ยางจะไหลลงมากองที่ฐานค่อยๆ ปาดขึ้นเรื่อยๆ (กรณีต้นแบบมีความละเอียดสูง มาก ควรปาดน้ำยางในบริเวณนั้นซ้ำหลายๆ ครั้ง) ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งแบบพิมพ์ยางแห้งสนิทดี (ไม่เหนียว)

3) กรณียางธรรมชาติ เมื่อเทน้ำยางทั่วต้นแบบแล้ว รอกระทั่งยางแห้ง (หรือนำไปอบที่อุณหภูมิ 70-80 °C) หากยางยังเหนียวอยู่แสดงว่ายังเกิดการเชื่อมขวางยังไม่สมบูรณ์ อบหรือตั้งทิ้งไว้ จนกระทั่งแบบพิมพ์ยางแห้งสนิทดี (ไม่เหนียว)

4) ถอดแบบพิมพ์ออกจากตัวต้นแบบ

5) ตัดตกแต่งให้สวยงาม

### 3.3 การเตรียมสูตรน้ำยางที่หล่อ

ให้เตรียมสูตรน้ำยาง ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 28 การเตรียมสูตรน้ำยางที่หล่อ

สูตรที่	1	2	3	4
น้ำยาง Prevulcanised	167	167	167	167
น้ำยางชั้น 60%	-	-	-	167
Vultamol 10%	5	5	5	5
10% Tetrasodium purphosphate	-	-	10	-
แคลเซียม คาร์บอเนต	-	-	200	-
สารละลายสารส้ม 2.5%	-	40	-	-
กำมะถัน dispersion 50%	-	-	-	60
TMT dispersion 50%	-	-	-	6

ให้นำน้ำยางสูตรที่ 1 เทใส่ลงในเบ้าพิมพ์ ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วให้เทออก ทิ้งให้น้ำยางแห้งในเบ้าที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง แล้วแกะยางออกจากเบ้า ตั้งทิ้งไว้ในอากาศจนแห้ง (จะใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน) แล้วให้ตัดยางออกมาวัด

ความหนาของยางที่ได้ ระบายสีตามใจชอบ

- ให้ทำเช่นเดียวกันกับน้ำยางสูตรที่ 2 และ 3 แล้วเปรียบเทียบความหนาของยางที่ได้

- ส่วนน้ำยางสูตรที่ 4 นั้น หลังจากที่ได้เทยางออกเมื่อครบ 30 นาทีแล้ว ให้ตั้งยางทิ้งไว้ในเบ้า เอาไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลานาน 1-2 ชั่วโมง แล้วแกะออกจากเบ้า ต่อจากนั้นให้ตั้งอบให้แห้งต่อไปอีกที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลาอีก 4 ชั่วโมง แล้วนำไปวัลคาไนซ์ ที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 2 ถึง 4 ชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมิจาก 100°C ไปเป็น 150°C จะต้องค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นไป เพื่อป้องกันยางเสียรูป

หมายเหตุ (สิ่งที่พึงรู้ในการวัลคาไนซ์ยางแข็ง ก็คือ จะมีกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้บริเวณที่ทำงานในขณะอบ มีกลิ่นเหม็นได้ เว้นแต่จะมีอุปกรณ์ดูดกลิ่นออกไป)

- ให้เปรียบเทียบความแข็งของยางสูตรที่ 1, 2, 3, และ 4

## ปฏิบัติการที่ 12

### การทำยางพองน้ำ(Latex Foam)

#### บทนำ

พองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์เตรียมได้จากน้ำยางชน พองน้ำประกอบด้วยเซลล์ของอากาศที่ต่อเนื่องติดกันไป ทำให้อากาศภายในของอากาศจากพองน้ำเบนไปได้อย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้พองน้ำจึงได้ถูกนำมาใช้เป้นเบาะ และที่นอน ซึ่งมีความต้องการที่จะให้มีสมบัติที่นุ่ม และเย็นสบาย กระบวนการทำพองน้ำที่ใช้ทำที่นอน เบาะ และหมอน มีอยู่ 2 กระบวนการใหญ่ๆ คือ

ก) วิธีDunlop process ซึ่งใช้ sodium silicofluoride เป็นสารทำให้ น้ำยางจับตัว

ข) วิธี Talalay process ที่ใช้ความเย็นกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสารที่ให้น้ำยางจับตัว

ปฏิบัติการนี้ เป็นการทำพองน้ำโดยวิธี Dunlop process โดยการนำน้ำยางมาตีให้เป่นพอง แล้วใส่สาร delayed action gelling agent ที่ทำให้น้ำยางจับตัวอย่างช้าๆ การจับตัวอย่างช้าๆ เช่นนี้ จะทำให้มีเวลาที่จะนำพองน้ำไปเทใส่ลงในเบาะ ก่อนที่จะเกิดการ gel ทั้งหมด หลังจากนั้นจึงคอยนำพองน้ำไปอบให้สุก และจึงคอยนำไปกลางและทำให้แห้งต่อไป

#### ทฤษฎี

กระบวนการทำพองน้ำเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.การปรับปริมาณแอมโมเนียในน้ำยาง เดิมหรือไล่แอมโมเนียจากน้ำยาง

น้ำยางที่ใช้เป็นน้ำยางธรรมชาติ จะปรับให้มีปริมาณแอมโมเนียตามต้องการโดยการเติมหรือไล่แอมโมเนียออก การไล่แอมโมเนียทำได้โดยการพ่นอากาศขึ้นไปผิวของน้ำยางพร้อมกับการกวนน้ำยางอย่างช้าๆ เช่น 50 รอบต่อนาที เป็นต้น จนกระทั่งแอมโมเนียในน้ำยางเท่ากับ 0.12 – 0.22%

น้ำยางที่ตีพองแบบเป็นหม้อ จะทำให้ปริมาณของแอมโมเนียเท่ากับ 0.22 % ส่วนน้ำยางที่จะตีพองแบบต่อเนื่องจะทำให้แอมโมเนียในน้ำยางลดลงเป็น 0.12%

2.การเตรียมสารเคมี

เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ จึงต้องเตรียมสารเคมีนั้น ให้อยู่ในรูปของ dispersal agent หรือ emulsion

การเตรียม dispersion จะใช้สาร dispersing agent ด้วย สารดังกล่าว ได้แก่ Darvan No.1 , Dispersol LR , Anchoid ,Vultamol และอื่นๆ

สารเคมีที่ใช้ในการทำฟองน้ำ ประกอบด้วย สารที่ทำให้น้ำย้างเป็นฟอง สารวัลคาไนซ์ สารตัวเร่ง สารแอนติออกซิแดนท์ สารกระตุ้น และสารให้น้ำย้างจับตัว

### 2.1 สารทำให้น้ำย้างเป็นฟอง

สบู่โอเลียดเป็นสารที่ใช้ในการทำให้น้ำย้างเป็นฟอง จะเตรียมอยู่ในรูปของสารละลาย 20% ดังสูตรต่อไปนี้

**ตารางที่ 29 สูตรในการเตรียม สารละลายโพแทสเซียมโอเลียด 20%**

	สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
ส่วนที่ 1	กรดโอลิลิก	100
	น้ำ	402
ส่วนที่ 2	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	23.3
	น้ำ	43

นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 75°C แล้วเติมส่วนที่ 2 ลงไปในส่วนที่ 1 กวนอย่างแรง

### 2.2 สารวัลคาไนซ์

กำมะถันเป็นสารวัลคาไนซ์ เตรียมอยู่ในรูป 50% dispersion ดังสูตรต่อไปนี้

**ตารางที่ 30 สูตรในการเตรียม กำมะถัน 20%**

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
กำมะถัน	50
Dispersing agent	1
Bentonite	1
น้ำ	48

บดใน ball mill เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

### 2.3 สารตัวเร่ง

สารตัวเร่งที่ใช้ในการทำพองน้ำมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ zinc diethyl dithiocarmate กับ zinc mercaptobenzthazole โดยเตรียมอยู่ในรูป 50% dispersion ดังสูตรต่อไปนี้

**ตารางที่ 31 สูตรในการเตรียม สารตัวเร่ง 20%**

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
สารตัวเร่ง	50
Dispersing agent	1
Bentonite	1
น้ำ	48

บดใน ball mill เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

### 2.4 สารแอนติออกซิแดนซ์

สารแอนติออกซิแดนซ์ที่ใช้มักจะเป็นประเภท non – staining ได้แก่ Nonox WSP , Antioxidant 425 , Antioxidant 2246 เป็นต้น โดยเตรียมให้อยู่ในรูป 50% dispersion ดังสูตรต่อไปนี้

**ตารางที่ 32 สูตรในการเตรียม สารแอนติออกซิแดนซ์ 20%**

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
สารแอนติออกซิแดนซ์	50
Dispersing agent	1
Bentonite	1
น้ำ	48

บดใน ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

## 2.5 สารกระตุ้น activator

สารกระตุ้นที่ใช้ คือ zinc oxide ใช้เป็นทั้งสารที่กระตุ้นในการวัลคาไนซ์และช่วยให้น้ำยางจับตัวได้ดีขึ้น จะเตรียมอยู่ในรูปของ 50% dispersion ดังสูตรต่อไปนี้

ตารางที่ 33 สูตรในการเตรียม สารกระตุ้น 20%

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
Zinc oxide	50
Dispersing agent	1
น้ำ	49

บดใน ball mill เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

## 2.6 สารให้น้ำยางจับตัว

สารให้น้ำยางจับตัว gelling agent คือ sodium silicofluoride ซึ่งจะเตรียมอยู่ในรูป 50% dispersion เวลาจะใช้ ให้เติมน้ำลงไปให้อยู่ในรูป 20% dispersion ดังสูตรต่อไปนี้

ตารางที่ 34 สูตรในการเตรียม สารให้น้ำยางจับตัว 20%

สารที่ใช้	ส่วนโดยน้ำหนัก
Sodium Silicofluoride	50
Dispersing agent	2
น้ำ	48

บดใน ball mill เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

## 3. การบ่มน้ำยางกับสารเคมี

ให้เติมสบูลงลงในน้ำยาง แล้วจึงเติมสารอื่นๆ ได้แก่ Sulfur 50% ,ZMBT 50% , ZEDC 50% และ Wingstay L กวน บ่มเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องพร้อมๆกับกวนอย่างช้าๆ ประมาณ 50 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดแล้วจึงให้นำน้ำยางที่บ่มมาใช้ โดยให้เติมสารเคมีลำดับถัดไปดังนี้ DPG 50% , ZnO 50% และ SSF 20%

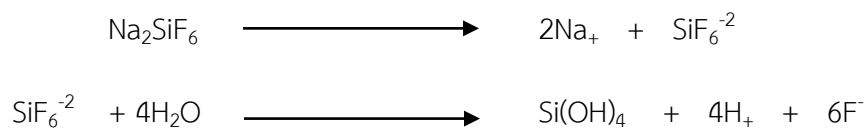


#### 4. การตีฟอง

น้ำยาที่ผสมสารเคมีแล้วให้นำไปตีฟองในเครื่องมือที่มีลักษณะเหมือนเครื่องทำขนมเค้ก วิ่งหม้อกวนกับที่ตีเป็นซี่ลวด ความเร็วในการตีสามารถปรับระดับเร็วช้าได้ การตีน้ำยาด้วยเครื่องมือดังกล่าวจะทำให้น้ำยาเกิดการเป็นฟองขึ้น จะให้ฟองน้ำนุ่มหรือแข็งขึ้นอยู่กับปริมาณของการฟูในการตีฟองนี้ การตีฟองในตอนแรกจะตีอย่างรวดเร็วจนได้ปริมาณที่ต้องการ แล้วลดความเร็วลง

#### 5. การทะเข้าเบ้าและการจับตัว

เบ้าที่ใช้สำหรับฟองน้ำเป็นเบ้าอลูมิเนียม เนื่องจากเบาและนำความร้อนได้ดี หลังจากที่ได้เติม SSF ลงในน้ำยาแล้ว ก็ให้เทลงในเบ้าที่จัดเตรียมไว้ และปิดฝาเบ้าจะเกิดการจับตัวของฟองน้ำในเบ้านั้น ปฏิบัติการการจับตัวมีดังนี้



ไฮโดรเจนไอออนทำให้น้ำยามี pH ลดลง พร้อมๆกับการเกิด  $\text{Si(OH)}_4$  ซึ่งอาจจะดูตลกขบขันจากอนุภาคของน้ำยา ทำให้ฟองน้ำเกิดการจับตัวขึ้น

โดยทั่วไป การจับตัวจะสมบูรณ์ภายในระยะเวลา 10 -15 นาที โดยที่ดูได้จากฟองน้ำที่ไหลล้นจากเบ้าในขณะตีเท่านั้น

#### 6. การอบสุก

ภายหลังจากการจับตัวของฟองน้ำ ก็นำเบ้าดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 20 -50 นาที ตามความหนาของฟองน้ำ ฟองน้ำบางๆอาจจะใช้เวลาเพียง 20 นาที แต่ฟองน้ำหนาๆ เช่น ที่นอน จะต้องใช้เวลา 50 นาที เป็นต้น

#### 7. การล้าง

การล้างฟองน้ำจะเป็นการล้างเอาสิ่งเจือปนที่สามารถละลายน้ำได้ ออกไปจะทำให้อายุการใช้งานของฟองน้ำนานขึ้น และจะมีกลิ่นดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าหากล้างน้ำนานเกินไป จะทำให้ antioxidant ที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือที่ใส่เข้าไปถูกสกัดออกไปหมดได้ ทำให้ยางเสื่อมเร็วได้

## 8. การตากแห้ง

ภายหลังจากการล้างน้ำแล้ว ให้นำฟองน้ำไปตากในเตาอบที่มีอากาศหมุนวนและควบคุมอุณหภูมิที่ 80 °C ระหว่างการตากแห้ง จะต้องวางผลิตภัณฑ์ให้ดี เพื่อป้องกันการเสียรูปของฟองน้ำ การวางฟองน้ำอย่างวางสองชั้นติดกัน เพราะเมื่อฟองน้ำแห้งแล้วจะแยกออกจากกันได้ยาก

### วัตถุดิบ

1. ฝีกทักษะการเตรียมน้ำยาล้างฟองน้ำ
2. ฝีกทักษะการตีฟองน้ำ

### เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องตีฟอง
2. เครื่องกวนผสมน้ำยากับสารเคมี
3. ตู้อบอากาศร้อน (Universal Oven)
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
5. แม่พิมพ์อลูมิเนียม
6. หม้อนึ่งไอน้ำเป็นหม้ออลูมิเนียม

### สารเคมี

1. สบู่โพแทสเซียมโอเลเอต (เข้มข้น 20%)
2. กำมะถัน (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 50%)
3. ซิงค์ออกไซด์ (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 50%)
4. Zinc-N-diethyl dithiocarbamate (ZDEC) (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 40%)
5. Zinc-2-mercaptobenzothiazole (ZMBT) (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 50%)
6. wingstay-L (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 50%)
7. Sodium silicofluoride (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 20%)
8. Diphenyl guanidine (ในรูปดิสเพอร์ชันเข้มข้น 20%)

## ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำยางคอมพาวด์

สูตรน้ำยางคอมพาวด์หลักสำหรับการทดลองแสดงในตารางที่ 35

### ตารางที่ 35 สูตรน้ำยางคอมพาวด์หลัก

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (phr)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
<i>น้ำยางคอมพาวด์ส่วนที่ 1</i>		
60% HA natural rubber latex	100.0	167
20% Potassium oleate	2.0	10.0
50% Sulphur dispersion	2.5	5.0
50% ZMBT dispersion	1.0	2.0
40% ZDEC dispersion	1.0	2.0
50% Wingstay L dispersion	1.0	2.0
<i>น้ำยางคอมพาวด์ส่วนที่ 2</i>		
	107.5	183
20% DPG dispersion	1.2	6.0
50% ZnO dispersion	2.0	4.0
20% SSF dispersion	1.5	7.5

เตรียมน้ำยางคอมพาวด์ส่วนที่ 1 โดยผสมน้ำยางข้นและสารเคมีที่ซึ่งเรียบริยเข้าด้วยกันในขวดโหล และนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องและกวนความเร็วประมาณ 70-75 รอบ/นาที ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการตกตะกอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนมีระดับวัลคาไนซ์เมื่อตรวจสอบด้วยการทดสอบคลอโรฟอร์มนัมเบอร์เท่ากับ 2 จากนั้นจึงนำน้ำยางคอมพาวด์ส่วนที่ 1 ไปเตรียมตีฟองน้ำ

## ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการตีฟองน้ำ

1. นำน้ำยางคอมพาวด์ส่วนที่ 1 (ตารางที่ 35) มาปั่นให้เกิดฟองด้วยความเร็วต่างๆ ด้วยวิธีการดังนี้ ตีด้วยความเร็ว 650 rpm เป็นเวลา 1 นาที ความเร็ว 1,100 rpm เป็นเวลา 1 นาที และความเร็ว 1,200 rpm เป็นเวลา 4 นาที
2. ใส่ 20% DPG dispersion กวนด้วยความเร็ว 1,200 rpm เป็นเวลา 1 นาที
3. ใส่ 50% ZnO dispersion กวนด้วยความเร็ว 1,200 rpm เป็นเวลา 1 นาที
4. ใส่ 20% SSF dispersion กวนด้วยความเร็ว 1,200 rpm เป็นเวลา 1.5 นาที ปิดเครื่องผสม
5. เทฟองน้ำลงในแม่พิมพ์ ปล่อยให้โฟมยางเกิดการเจลสมบูรณ์
6. นำฟองน้ำไปนึ่งไอน้ำเป็นเวลา 60 – 90 นาที (โดยประมาณ)
7. นำยางออกจากแม่พิมพ์ล้างสารเคมีที่เหลือจากปฏิกิริยาออกให้สะอาด
8. นำฟองน้ำอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 80°C จนแห้ง

## 6. การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ

1. สถานที่จัดการเรียนการสอน
  - 1.1 ห้องปฏิบัติการที่ 2 และ 3 อาคารปฏิบัติการขั้นพื้นฐานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
  - 1.2 ห้องปฏิบัติการทดสอบยางและพอลิเมอร์ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยียางเพื่อชุมชน คณะวิศวกรรมศาสตร์
2. เวลาในการจัดการเรียนการสอน
  1. ปฏิบัติการ 3 ชั่วโมง หรืออาจมากกว่านั้น
  2. หากมีวันหยุดตรงกับวันที่เรียน ให้นิสิตประสานกับอาจารย์เพื่อหาเวลาเรียนชดเชย

## 7. ตรวจเช็คความเรียบร้อยหลังจากเรียนปฏิบัติการ

ทุกครั้งที่มีการเรียนรายวิชาปฏิบัติการเสร็จสิ้น นักวิทยาศาสตร์จะเป็นผู้ตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการดังต่อไปนี้

1. ตรวจสอบปริมาณของสารเคมี และวัสดุต่างๆ ถึงปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้งานครั้งต่อไปหรือใหม่ หากไม่เพียงพอก็สามารถจัดซื้อได้ทันเวลา
2. ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด ถอดปลั๊ก แต่ถ้ามีการใช้งานต่อเนื่อง ให้ผู้ใช้งานบันทึกการใช้เครื่องมือดังกล่าวไว้
3. หมั่นตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันสารเคมี เช่น อ่างล้างตา อุปกรณ์ป้องกันไฟไหม้ เช่น ถังดับเพลิง เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

4. แยกชนิดและปริมาณของเสีย เพื่อให้ง่ายต่อการกำจัด

8. ตรวจสอบความพร้อมของครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์ และปริมาณสารเคมี ในการทำปฏิบัติการครั้งต่อไป

เมื่อเสร็จสิ้นการเรียนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีอย่างทุกปฏิบัติการแล้วนั้น นักวิทยาศาสตร์จะมีการวางแผนดังนี้

1. สรุปการใช้งานสารเคมีในแต่ละปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางในการสั่งซื้อสารเคมีให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งาน

2. วางแผนการซื้อสารเคมี

3. สรุปการชำรุดเสียหายของเครื่องทดสอบ ครุภัณฑ์ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ

4. วางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องทดสอบ ครุภัณฑ์ วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ

5. หมั่นตรวจเช็คห้องปฏิบัติการในระหว่างการปิดภาคเรียน

### การติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงาน

การติดตามผลการปฏิบัติงานคือ การประเมินผลงาน แต่เป็นการประเมินผลเป็นระยะๆ แทนที่จะรอให้สิ้นสุดทุกปฏิบัติการหรือเป็นไปตามระยะเวลาที่แน่นอน เหตุผลคือ ครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี มีการเสียหาย ชำรุด หรือ หมดอายุการใช้งาน จึงควรติดตามผลเป็นระยะๆ โดยเฉพาะเมื่อมีเหตุการณ์เฉพาะหน้า เช่น การชำรุดของเครื่องทดสอบ จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน การติดตามผลจะย้ำเตือนเป้าหมายให้ผู้ปฏิบัติงานได้ตระหนักและรู้สถานภาพความสำเร็จ เป็นการให้กำลังใจแก่ผู้ปฏิบัติงานในกรณีที่ผลการปฏิบัติงานออกมาดี และเป็นการทำให้ผู้ปฏิบัติหรือทีมงานได้ทราบถึงปัญหาอุปสรรคก่อนที่จะส่งผลเสียต่อการทำงานตามเป้าหมาย

กระบวนการติดตามการปฏิบัติงาน สรุปได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลงานกับเป้าหมายอย่างสม่ำเสมอ
2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
3. ไม่ด่วนสรุป
4. หาความจริงจากแหล่งอื่น
5. นำสิ่งที่พบมาพูดคุยกับผู้ปฏิบัติงานด้วยการตั้งใจฟังและตั้งคำถามที่เหมาะสม
6. ตั้งสมมุติฐาน ทดสอบ และวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหา

ในการติดตามการปฏิบัติงาน สาเหตุที่การปฏิบัติงานไม่เป็นไปตามแผน ทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคอื่นๆ ตามมา ได้แก่

1. ขาดทักษะและความรู้ในการทำงาน
2. ขาดแรงจูงใจ
3. ความบกพร่องของกระบวนการทำงาน

#### 4. ปัญหาส่วนตัวของผู้ปฏิบัติงาน

ผู้ปฏิบัติงานจึงควรหมั่นตรวจสอบผลการปฏิบัติงานและแก้ปัญหาที่เป็นสาเหตุซึ่งมักจะไม่พ้นไปจากที่กล่าวไว้ข้างต้นโดยรีบด่วน

#### จรรยาบรรณ/คุณธรรม/จริยธรรมในการปฏิบัติงาน

จรรยาบรรณ เป็นพื้นฐานแนวทาง ต่อการปฏิบัติงานในอาชีพทุกอาชีพ ซึ่งจรรยาบรรณจะช่วยควบคุมพฤติกรรมของบุคคลในองค์กรในแต่ละบทบาทหน้าที่ ช่วยให้การปฏิบัติหน้าที่ การทำงานเป็นไปโดยถูกต้อง รวมทั้งทำให้องค์กรมีความสามัคคีและปฏิบัติงานร่วมกันได้อย่างมีความสุขทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน นอกจากนี้จรรยาบรรณจะช่วยให้การบริหารงานขององค์กรเป็นไปด้วยคุณธรรม ไม่มีการเอาเปรียบซึ่งกันและกัน

#### พระบรมราโชวาทในการปฏิบัติงาน

พระบรมราโชวาท พระบาทสมเด็จพระปรเมนทรรามาธิบดี ศรีสินทรมหาวชิราลงกรณ พระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงพระราชทานให้แก่ข้าราชการในวันข้าราชการพลเรือนทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2524 – ปัจจุบัน ผู้เขียนได้ตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นอย่างสูงสุดที่จะน้อมนำพระบรมราโชวาทดังกล่าวมาปฏิบัติ ด้วยจิตสำนึกที่ศรัทธา และยึดมั่นในประโยชน์ของแผ่นดิน ยึดถือความถูกต้อง เป็นธรรม มีความซื่อสัตย์สุจริต และมุ่งมั่นปฏิบัติหน้าที่ให้สำเร็จตามที่ได้รับมอบหมาย

เนื่องในโอกาสวันข้าราชการพลเรือน ปีพุทธศักราช 2561 “ผู้ปฏิบัติราชการ นอกจากจะต้องรู้งานในหน้าที่อย่างทั่วถึงแล้ว ยังจำเป็นต้องรู้ดีชั่ว ประโยชน์และไม่ใช้ประโยชน์อย่างกระจ่างชัดเจนด้วย งานราชการซึ่งเป็นงานของแผ่นดิน จึงจะดำเนินไปอย่างถูกต้องตรงตามเป้าหมาย และสำเร็จประโยชน์ที่พึงประสงค์ คือยังความดีความเจริญให้เกิดแก่ประเทศชาติและประชาชนได้แท้จริงและยั่งยืน”

เนื่องในโอกาสวันข้าราชการพลเรือน ปีพุทธศักราช 2563 "งานราชการนั้น ต้องอาศัยความรู้ 3 ส่วนในการปฏิบัติ คือความรู้ในหลักวิชาที่ถูกต้อง แม่นยำ ลึกซึ้ง กว้างขวาง ความรู้ในการปฏิบัติบริหารงานตามภาระหน้าที่ และความรู้จิตวินิจฉัยที่ถูกต้องด้วยเหตุผล หลักวิชา และหลักธรรม ข้าราชการทุกคนจึงต้องสร้างสมอบรมความรู้ทั้งสามส่วนนี้ ให้สมบูรณ์พร้อม อย่าให้บกพร่องในส่วนใดเป็นอันขาด จะได้สามารถปฏิบัติงานให้บรรลุผลเป็นประโยชน์ที่แท้ทั้งแก่ประเทศชาติและประชาชน"

เนื่องในโอกาสวันข้าราชการพลเรือน ปีพุทธศักราช 2565 “ข้าราชการคือผู้ที่ทำงานเพื่อประโยชน์ของประชาชน จึงจำเป็นต้องเข้าใจอย่างถ่องแท้ ว่าสิ่งใดคือประโยชน์สมควรปฏิบัติ และสิ่งใดไม่ใช่ประโยชน์ไม่สมควรปฏิบัติ ความเข้าใจทั้งนี้ เป็นผลจากวิญญูญาณอันเที่ยงตรงถูกต้อง ซึ่งข้าราชการทุกคนควรจะได้ฝึกฝนและสร้างสมให้เป็นคุณสมบัติประจำตัวสืบไป”

### จรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือน

โดยที่ข้าราชการพลเรือนมีหน้าที่และความรับผิดชอบสำคัญในการพัฒนาประเทศรวมทั้งการให้บริการแก่ประชาชน ซึ่งจำเป็นต้องทำงานร่วมกันหลายฝ่าย ฉะนั้น เพื่อให้ข้าราชการพลเรือนมีความประพฤติดีสำนึกในหน้าที่ สามารถประสานงานกับทุกฝ่ายตลอดจนปฏิบัติหน้าที่ราชการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จึงสมควรให้มีข้อบังคับ ก.พ. ว่าด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือนไว้เป็นประมวลความประพฤติเพื่อรักษาไว้ซึ่งศักดิ์ศรีและส่งเสริมชื่อเสียง เกียรติคุณ เกียรติฐานะ ของข้าราชการพลเรือน อันจะยังผลให้ผู้ประพฤติเป็นที่เลื่อมใส ศรัทธาและยกย่องของบุคคลโดยทั่วไป อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 8 (5) และมาตรา 91 แห่งพระราชบัญญัติระเบียบข้าราชการพลเรือน พ.ศ. 2535 จึงออกข้อบังคับ ก.พ. ว่าด้วยจรรยาบรรณของข้าราชการพลเรือนไว้ ดังต่อไปนี้

#### จรรยาบรรณต่อตนเอง

- ข้อ 1 ข้าราชการพลเรือนพึงเป็นผู้มีศีลธรรมอันดี และประพฤติตนให้เหมาะสมกับการเป็นข้าราชการ
- ข้อ 2 ข้าราชการพลเรือนพึงใช้วิชาชีพในการปฏิบัติหน้าที่ราชการด้วยความซื่อสัตย์ และไม่แสวงหาประโยชน์โดยมิชอบ ในกรณีที่ใช้วิชาชีพใดมีจรรยาวิชาชีวกำหนดไว้ ก็พึงปฏิบัติตามจรรยาวิชาชีพนั้นด้วย
- ข้อ 3 ข้าราชการพลเรือนพึงมีทัศนคติที่ดี และพัฒนาตนเองให้มีคุณธรรม จริยธรรม รวมทั้งเพิ่มพูนความรู้ความสามารถ และทักษะ ในการทำงานเพื่อให้การปฏิบัติหน้าที่ราชการมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

#### จรรยาบรรณต่อหน่วยงาน

- ข้อ 4 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติหน้าที่ราชการด้วยความสุจริต เสมอภาคและปราศจากอคติ
- ข้อ 5 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติหน้าที่ราชการอย่างเต็มกำลังความสามารถ รอบคอบ รวดเร็ว ขยันหมั่นเพียร ถูกต้องสมเหตุสมผล โดยคำนึงถึงประโยชน์ของทางราชการและประชาชนเป็นสำคัญ
- ข้อ 6 ข้าราชการพลเรือนพึงประพฤติตนเป็นผู้ตรงต่อเวลา และใช้เวลาราชการให้เป็นประโยชน์ต่อทางราชการอย่างเต็มที่
- ข้อ 7 ข้าราชการพลเรือนพึงดูแลรักษาและใช้ทรัพย์สินของทางราชการอย่างประหยัด คุ่มค่า โดยระมัดระวังมิให้เสียหายหรือสิ้นเปลืองเสียวงเงินจะพึงปฏิบัติต่อทรัพย์สินของตนเอง

#### จรรยาบรรณต่อผู้บังคับบัญชา ผู้ที่อยู่ใต้บังคับบัญชา และผู้ร่วมงาน

- ข้อ 8 ข้าราชการพลเรือนพึงมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน การให้ความร่วมมือช่วยเหลือกลุ่มงานของตนทั้งในด้านการให้ความคิดเห็น การช่วยทำงาน และการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมทั้งการเสนอแนะในสิ่งที่เห็นว่าจะมีประโยชน์ต่อการพัฒนางานในความรับผิดชอบด้วย

ข้อ 9 ข้าราชการพลเรือนซึ่งเป็นผู้บังคับบัญชา พึงดูแลเอาใจใส่ผู้อยู่ใต้บังคับบัญชาทั้งในด้านการปฏิบัติงาน ขวัญ กำลังใจ สวัสดิการ และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา ตลอดจนปกครองผู้อยู่ใต้บังคับบัญชาด้วยหลักการและเหตุผลที่ถูกต้องตามทำนองคลองธรรม

ข้อ 10 ข้าราชการพลเรือนพึงช่วยเหลือเกื้อกูลกันในทางที่ชอบ รวมทั้งส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดความสามัคคี ร่วมแรงร่วมใจในบรรดาผู้ร่วมงานในการปฏิบัติหน้าที่เพื่อประโยชน์ส่วนรวม

ข้อ 11 ข้าราชการพลเรือนพึงปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานตลอดจนผู้เกี่ยวข้องด้วยความสุภาพ มีน้ำใจ และมนุษยสัมพันธ์

ข้อ 12 ข้าราชการพลเรือนพึงละเว้นจากการนำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตน

### **จรรยาบรรณต่อประชาชนและสังคม**

ข้อ 13 ข้าราชการพลเรือนพึงให้บริการประชาชนอย่างเต็มกำลังความสามารถด้วยความเป็นธรรม เอื้อเฟื้อ มีน้ำใจ และใช้กิริยาวาจาที่สุภาพอ่อนโยน เมื่อเห็นว่าเรื่องใดไม่สามารถปฏิบัติได้หรือไม่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของตนจะต้องปฏิบัติ ควรชี้แจงเหตุผลหรือแนะนำให้ติดต่อยังหน่วยงานหรือบุคคลซึ่งตนทราบว่ามีอำนาจหน้าที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

ข้อ 14 ข้าราชการพลเรือนพึงประพฤติตนให้เป็นที่เชื่อถือของบุคคลทั่วไป

ข้อ 15 ข้าราชการพลเรือนถึงละเว้นการรับทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใด ซึ่งมีมูลค่าเกินปกติวิสัยที่วิญญูชนจะให้แก่กันโดยเสน่หาจากผู้มาติดต่อราชการ หรือผู้ซึ่งอาจได้รับประโยชน์จากการปฏิบัติหน้าที่ราชการนั้น หากได้รับไว้แล้วและทราบภายหลังว่าทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใดที่รับไว้มีมูลค่าเกินปกติวิสัย ก็ให้รายงานผู้บังคับบัญชาทราบโดยเร็ว เพื่อดำเนินการตามสมควรแก่กรณี

ข้อ 16 ข้อบังคับฉบับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

### **จรรยาบรรณของผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยทักษิณ**

**ธรรมนูญและจริยธรรมของมหาวิทยาลัย พ.ศ. 2564**

#### **หลักธรรมนูญ**

#### **หลักธรรมนูญของมหาวิทยาลัยมีดังนี้**

(๑) หลักประสิทธิผล คือ ผลการปฏิบัติงานที่บรรลุตามวิสัยทัศน์ พันธกิจและเป้าหมายตามแผนยุทธศาสตร์ การพัฒนามหาวิทยาลัย โดยการปฏิบัติงานจะต้องมีทิศทางยุทธศาสตร์ และเป้าประสงค์มีกระบวนการปฏิบัติงาน และระบบงานที่เป็นมาตรฐาน ตามมาตรฐานการพัฒนาคุณภาพการศึกษาสู่ความเป็นเลิศของมหาวิทยาลัย



(๒) หลักประสิทธิภาพ คือ การบริหารงานตามวิสัยทัศน์ พันธกิจของมหาวิทยาลัยและกำกับดูแลที่ดีให้เป็ นไปตามมาตรฐานการอุดมศึกษา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาขีดความสามารถในการปฏิบัติงานตาม ภารกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกส่วน

(๓) หลักการตอบสนอง คือ การให้บริการที่สามารถดำเนินการได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดและสร้าง ความเชื่อมั่น ความไว้วางใจ รวมถึงสามารถตอบสนองตามความคาดหวัง ความต้องการของผู้รับบริการและผู้มีส่วน ได้ส่วนเสียที่มีความหลากหลายและมีความแตกต่าง

(๔) หลักการรับผิดชอบ คือ การแสดงความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่และผลงานต่อเป้าหมายที่ กำหนดไว้ โดยความรับผิดชอบนั้น ควรอยู่ในระดับที่สนองต่อความคาดหวังของผู้รับบริการ รวมถึงความคาดหวัง ของสาธารณะ และแสดงถึงความสำนึกในการรับผิดชอบต่อปัญหาทางสังคม

(๕) หลักความโปร่งใสตรวจสอบได้คือ มหาวิทยาลัยมีกระบวนการเปิดเผยข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา สามารถชี้แจงได้เมื่อมีข้อสงสัย และสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ตามกฎหมาย โดยสามารถรู้ทุกขั้นตอนในการ ดำเนินกิจกรรมหรือกระบวนการต่าง ๆ ที่สามารถตรวจสอบได้

(๖) หลักการมีส่วนร่วม คือ กระบวนการที่ผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัย ผู้รับบริการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทุกฝ่าย มีโอกาสได้เข้าร่วมในการรับรู้ เรียนรู้ ทำความเข้าใจ รวมแสดงทัศนะ รวมเสนอปัญหาในประเด็นที่สำคัญ กั บ ส่วนที่เกี่ยวข้อง รวมคิดแนวทาง การแก้ไขปัญหาในกระบวนการตัดสินใจ และกระบวนการพัฒนาในฐานะผู้มีส่วน เกี่ยวข้องกับมหาวิทยาลัย

(๗) หลักการกระจายอำนาจ คือ การถ่ายทอดนโยบาย การตัดสินใจจากผู้บริหารตอสวนงานภายใน มหาวิทยาลัย และผู้รับผิดชอบตามภารกิจที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นการสร้างคามพึงพอใจในการให้บริการต่อผู้รับ บริการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การปรับปรุง กระบวนการ และเพิ่มผลิตภาพ เพื่อผลการดำเนินงานที่ดีของ มหาวิทยาลัย

(๘) หลักนิติธรรม คือ การใช้อำนาจตามกฎหมาย กฎระเบียบ ประกาศ และข้อบังคับ ในการดำเนินงาน ของมหาวิทยาลัยภายใต้หลักธรรมาภิบาล

(๙) หลักความเสมอภาค คือ การได้รับการปฏิบัติและได้รับบริการอย่างเท่าเทียมกันโดยไม่มีการแบ่งแยกด านชายหรือหญิง ถิ่นกำเนิด เชื้อชาติ ภาษา เพศ อายุ ความพิการ สภาพทางกายหรือสุขภาพ สถานะของบุคคล ฐานะทางเศรษฐกิจ และสังคม ความเชื่อทางศาสนา การศึกษา การฝกอบรม และอื่น ๆ

(๑๐) หลักมุ่งเน้นฉันทามติ คือ การหาข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และข้อตกลงทั่วไปภายในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส วนเสียที่เกี่ยวข้อง เปนข้อตกลงที่เกิดจากการใช้กระบวนการเพื่อหาข้อคิดเห็นจากกลุ่มบุคคลที่ได้รับประโยชน์หรือ เสียประโยชน์ โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรง ซึ่งต้องไม่มีข้อคัดค้านที่ยุติไม่ได้ในประเด็นที่สำคัญ โดยฉันทามติไม่จำเป็นต้องหมายความว่าเปนความเห็นพ้องโดยเอกฉันท์

## จริยธรรมของมหาวิทยาลัย

### มาตรฐานทางจริยธรรมและการป้องกันการขัดกันระหว่างผลประโยชน์ส่วนตัวกับผลประโยชน์สาธารณะ

ข้อ ๗ นายกสภามหาวิทยาลัย กรรมการสภามหาวิทยาลัย ผู้บริหาร คณาจารย์ ผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัย และนิสิต พึงประพฤติดังนี้

(๑) พึงยึดมั่นในสถาบันหลักของประเทศ อันได้แก่ชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

(๒) พึงรักษาเกียรติของมหาวิทยาลัย ปกป้องผลประโยชน์สาธารณะของมหาวิทยาลัยและไม่ดำเนินการใดที่เป็นการแสดงถึงผลประโยชน์ทับซ้อน ไม่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนผู้ใดหรือกลุ่มใด หรือมีความเกี่ยวข้องในกิจการหรือกิจกรรมใด ๆ อันเป็นการขัดแย้งกับผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัย

(๓) พึงปฏิบัติต่อผู้ร่วมงานหรือผู้อื่นด้วยความสุภาพ มีน้ำใจ มีมนุษยสัมพันธ์อันดี ถูกต้องตามครรลองคลองธรรม มีจิตสำนึกที่ดี ซื่อสัตย์ สุจริต รักรักสามัคคี และรับผิดชอบหน้าที่ด้วยความโปร่งใสและตรวจสอบได้ ยึดถือประโยชน์สาธารณะของมหาวิทยาลัยและประเทศชาติเหนือกว่าประโยชน์ส่วนตัวตน กล้าตัดสินใจและกระทำในสิ่งที่ถูกต้องชอบธรรม

(๔) พึงดูแลรักษาและใช้ทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยและทางราชการอย่างประหยัด คุ่มค่าโดยระมัดระวังมิให้เสียหายหรือสิ้นเปลืองเยี่ยงวิญญูชนจะพึงปฏิบัติต่อทรัพย์สินของตนเอง

(๕) พึงประพฤติตนให้เป็นที่น่าเชื่อถือของบุคคลทั่วไป ไม่กระทำการใด ๆ อันจะนำไปสู่การเสื่อมเสียชื่อเสียงและเกียรติภูมิของมหาวิทยาลัย

(๖) พึงประพฤติปฏิบัติตนตามแนวปรัชญาของมหาวิทยาลัย “ปัญญา จริยธรรม นำการพัฒนา” และพึงยึดมั่นในปณิธานของมหาวิทยาลัย

(๗) พึงประพฤติตนเป็นผู้ตรงต่อเวลา และใช้เวลาให้เป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัยอย่างเต็มที่ไม่วางงานที่โดยไม่มีเหตุอันสมควร

(๘) พึงละเว้นการรับทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใด ซึ่งมีมูลค่าเกินปกติวิสัยที่วิญญูชนจะให้แก่กันโดยเสนหาจากผู้รับบริการ ในกรณีที่มีการขอมอบทรัพย์สินหรือประโยชน์อื่นใดที่มีมูลค่าสูงเกินปกติวิสัยเช่นนั้น ก็ให้รายงานผู้บังคับบัญชาทราบโดยเร็ว แต่ถ้าเป็นกรณีที่มอบให้นายกสภามหาวิทยาลัย กรรมการสภามหาวิทยาลัยหรืออธิการบดีให้รายงานสภามหาวิทยาลัยทราบโดยเร็ว เพื่อพิจารณาดำเนินการแกทรัพย์สินหรือประโยชน์

ดังกล่าวให้เป็นไปตามที่กฎหมายบัญญัติต่อไป

(๙) พึงปฏิบัติตามกฎหมาย ข้อบังคับ ระเบียบของทางราชการหรือมหาวิทยาลัยอย่างเคร่งครัดรวมถึงจารีตประเพณีที่ได้รับการยอมรับและปฏิบัติโดยชอบธรรม

(๑๐) พึงละเว้นการใช้อำนาจในตำแหน่งหน้าที่ดำเนินกิจกรรมหรือโครงการที่เอื้อประโยชน์ต่อตนเองหรือพวกพ้องโดยมิชอบ

(๑๑) พึงไม่นำความสัมพันธ์ส่วนตัวมาประกอบการใช้ดุลยพินิจในการปฏิบัติหน้าที่อันจะเป็นคุณหรือเป็นโทษกับบุคคลอื่น

(๑๒) ในกรณีมีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับการจัดซื้อจัดจ้าง การจัดหาพัสดุ และการบริหารสัญญาต้องปฏิบัติต่อเอกชนที่รวมแข่งขันเพื่อเข้าเป็นคู่สัญญากับมหาวิทยาลัยอย่างเท่าเทียมกัน โดยไม่เลือกปฏิบัติต่อเอกชนรายใดเป็นพิเศษ

### จริยธรรมของผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัย

ขอ ๑๑ ผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยพึงมีจริยธรรมดังนี้

(๑) พึงมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน การให้ความร่วมมือช่วยเหลือในหน่วยงานของตน ทั้งในด้าน การให้ความคิดเห็น การช่วยทำงาน และการแก้ปัญหาารวมกัน รวมทั้งการเสนอแนะ กล่าวดัดสันใจ เป็นแบบอย่างที่ดี รักษาภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย รักษาความสัมพันธ์กับผู้รับบริการอย่างเหมาะสม และถูกต้องตามครรลองคลองธรรม

(๒) พึงบริการแก่ผู้รับบริการด้วยจิตสาธารณะอย่างเต็มกำลังความสามารถ รอบคอบ รวดเร็ว ขยันหมั่นเพียร ถูกต้อง และสมเหตุสมผล รวมทั้งมุ่งผลสัมฤทธิ์ของงาน รักษามาตรฐาน และมีคุณภาพ โดยคำนึงถึงประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเป็นสำคัญ ปฏิบัติหน้าที่อย่างเป็นธรรม และไม่เลือกปฏิบัติหน้าที่อย่างไม่เป็นธรรม

(๓) พึงยึดมั่นในหลักจรรยาวิชาชีพ ตามหลักเกณฑ์ ก.พ.อ. กำหนด ปฏิบัติตามจรรยาวิชาชีพรวมทั้งรักษาความลับของผู้รับบริการและมหาวิทยาลัย

### จรรยาบรรณนักวิทยาศาสตร์

1. นักวิทยาศาสตร์พึงมีความซื่อตรงและซื่อสัตย์ในทางวิชาการ
2. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความรับ “ ผิด ” “ ชอบ ” ต่อสิ่งที่ศึกษาวิจัย ไม่ว่าจะป็นมนุษย์ สัตว์ พืช ครอบคลุมไปถึงวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมทั้งหลาย
3. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีพื้นฐานความรู้ดีพอในเรื่องที่วิจัย
4. นักวิทยาศาสตร์ต้องรับผิดชอบต่อพันธกรณีกับหน่วยงานหรือองค์กรที่สนับสนุนการวิจัย
5. นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่มีความลำเอียง หรืออคติในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และตีความข้อมูล รวมทั้งมีความอิสระทางความคิด
6. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีคุณธรรม และเคารพศักดิ์ศรีของเพื่อนมนุษย์ที่เป็นตัวอย่างในการวิจัย
7. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความใจกว้าง รับฟัง และเคารพความคิดเห็นทางวิชาการของผู้อื่น

8. นักวิทยาศาสตร์พึงนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในทางที่ชอบ

9. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีสำนึกต่อสังคมและประเทศชาติ

ทั้งหมดนี้ คือ จรรยาบรรณที่นักวิทยาศาสตร์ “ ต้อง ” ทำงานของตนให้อยู่ภายในกรอบขอบเขตที่สร้างสรรค์ และไม่เบียดเบียนชีวิตของเพื่อนมนุษย์คนอื่น รวมทั้งสิ่งมีชีวิตด้วย

## บทที่ 5

## ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

## ปัญหาอุปสรรคในการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานผู้ช่วยสอนรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีฯ ผู้เขียนได้รวบรวมประสบการณ์ในการปฏิบัติงานรายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีฯ ที่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงาน และนำเสนอแนวทางแก้ไขและพัฒนาางาน ดังนี้

1. ร่าง มคอ.3 รายวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยีฯร่วมกับอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
การสะกดคำผิดในเอกสาร มคอ.3	ความไม่รอบคอบของผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรอบคอบมากยิ่งขึ้น
ลำดับของการจัดการเรียนปฏิบัติการ	การจัดลำดับของปฏิบัติการไม่ตรงกับกรเรียนในรายวิชาเคมีพอลิเมอร์ ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อ นิสิตจะได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น	อาจารย์ผู้สอนต้องสอนเนื้อหา รายวิชาเคมีพอลิเมอร์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการนั้นก่อนการเรียน รายวิชาปฏิบัติการ
CLOs ไม่สอดคล้องกับ ELOs	ความไม่เข้าใจของผู้สอน	การ QA มคอ.3 ทุกครั้งก่อนเปิดสอน

2. กำหนดวัน เวลา ในการเรียนรายวิชาปฏิบัติการ

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
วันหยุดราชการที่ตรงกับวันเรียน รายวิชาปฏิบัติการ	การกำหนดเรียนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยตรงกับวันใดวันหนึ่งในสัปดาห์	อาจารย์และผู้ปฏิบัติงานประสานกับผู้เรียน เพื่อหาเวลาในการเรียนชดเชย
การเลือกวันและเวลาเรียนที่เหมาะสม	เวลาที่ใช้ในการเรียนรายวิชาปฏิบัติค่อนข้างนาน และมีการเก็บตัวอย่างนอกเวลาเรียน	เลือกวันและเวลาเรียนที่เหมาะสม ให้นิสิตสามารถทำปฏิบัติการ หลังจากเวลาเรียนดังกล่าวได้

## 3. เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการก่อนเรียน

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
ห้องปฏิบัติการยังไม่ได้มาตรฐาน	การขาดแคลนด้านงบประมาณ	ของบประมาณในการจัดทำห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน
ครุภัณฑ์บางส่วนไม่เพียงพอต่อความต้องการ	ความเสียหายของครุภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการใช้งาน	ของบประมาณสนับสนุนการซื้อและซ่อมบำรุงครุภัณฑ์
อุปกรณ์ป้องกันยังมีไม่ครบ	ห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้มาตรฐานทำให้ยังไม่มีอุปกรณ์ป้องกันบุคคลจากอันตรายในการทำปฏิบัติที่เพียงพอ	ของบประมาณสนับสนุนการซื้ออุปกรณ์ป้องกันบุคคลให้เพียงพอต่อการทำปฏิบัติการ

## 4. เตรียมความพร้อมอุปกรณ์ วัสดุ และสารเคมี ในระหว่างการเรียนปฏิบัติการ

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
อุปกรณ์และวัสดุไม่เพียงพอต่อความต้องการ	การใช้งานที่ทำให้หมดไป และความเสียหายของอุปกรณ์และวัสดุที่เกิดจากการใช้งาน	ของบประมาณสนับสนุนการซื้อและซ่อมบำรุงอุปกรณ์และวัสดุ
ชนิดของสารเคมีที่ไม่หลากหลาย	การขาดแคลนด้านงบประมาณ	ประยุกต์ใช้สารเคมีที่มีอยู่ให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย

## 5. เตรียมคู่มือสำหรับทำปฏิบัติการ

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
การสะกดคำผิด	ความไม่รอบคอบของผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรอบคอบมากยิ่งขึ้น
เนื้อหาปฏิบัติการไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ขาดการ QA คู่มือปฏิบัติการ	ทำการ QA คู่มือปฏิบัติการทุกครั้งที่เปิดสอนรายวิชานี้

## 6. การเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการ

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
อุปกรณ์ที่ไม่เพียงพอ	อุปกรณ์เกิดการชำรุดเสีย และสูญหาย	จัดสรรเวลาในการทำปฏิบัติการให้ไม่ตรงกัน
ไฟฟ้าดับ หรือน้ำประปาไม่ไหล	ระบบไฟฟ้าและระบบประปาขัดข้อง	หยุดการทำปฏิบัติการ และหาเวลาเรียนชดเชยเพิ่มเติม

## 7. ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยหลังจากเรียนปฏิบัติการ

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
ครุภัณฑ์ที่ชำรุดเสียหายจากการใช้งาน	การใช้งานครุภัณฑ์ที่ผิดวิธี	แนะนำการใช้งานครุภัณฑ์ให้กับนิสิต ก่อนเรียนรายวิชาปฏิบัติการ
การแยกประเภทของเสียที่เกิดจากการทำปฏิบัติการ	การขาดความรู้และจิตสำนึกในการแยกประเภทของเสีย	ให้ความรู้นิสิตในการแยกประเภทและสร้างจิตสำนึกให้นิสิตแยกประเภทของเสียทุกครั้ง

## 8. สำนวความพร้อมของครุภัณฑ์ วัสดุ อุปกรณ์ และปริมาณสารเคมี ในการทำปฏิบัติการครั้งต่อไป

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ปัญหา
การแตกหักเสียหายของอุปกรณ์และวัสดุ	การใช้งานที่ผิดวิธีและไม่มีควมระมัดระวัง	ให้ความรู้แก่นิสิตในการใช้งาน
การเสื่อมสภาพของสารเคมี	มีการเก็บรักษาสารเคมีไม่เหมาะสม	จัดเก็บสารเคมีให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ

### ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงหรือพัฒนางาน

การเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเทคโนโลยียาง ควรทำด้วยความระมัดระวังทุกๆบทปฏิบัติการ ทุกๆขั้นตอน อาจเกิดความผิดพลาดต่างๆ เกิดขึ้นได้ง่าย และสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผู้เรียน ผู้ร่วมเรียน อาจารย์ผู้สอน รวมทั้งนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้แล้วยังมีความเสียหายที่ไม่สามารถมองเห็นได้อย่างทันท่วงที เช่น การทิ้งสารเคมีลงในอ่างล้างภาชนะ เวลานานไปท่อน้ำจะเกิดการฟุ้งและเกิดการรั่วได้

ทั้งนี้ในการเรียนรายวิชาปฏิบัติการครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องทดสอบต่างๆที่ใช้ในการเรียน เช่น เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง และวิธีการแก้ไขเครื่องมือเบื้องต้นโรครณีที่สามารถแก้ไขได้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้



## ภาคผนวก

ตารางที่ 36 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำยาง มอก 98 -2552

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
		ชนิด HA	ชนิด LA	ชนิด MA <sup>3)</sup>	ชนิด HA ครีม	ชนิด LA ครีม	
1	ของแข็งทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	61.0 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย			65.0	65.0	ISO 124
2	เนื้อยางแห้ง ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	60.0	60.0	60.0	64.0	64.0	ISO 126
3	ของแข็งที่ไม่ใช่ยาง <sup>1)</sup> ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	-
4	ความเป็นด่าง (คำนวณเป็น NH <sub>3</sub> ) ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยางข้น	ไม่น้อยกว่า 0.60	ไม่เกิน 0.29	0.30 - 0.59	ไม่น้อยกว่า 0.55	ไม่เกิน 0.35	ISO 125
5	เสถียรภาพต่อการปั่น <sup>2)</sup> (mechanical stability) วินาที ไม่น้อยกว่า	650	650	650	650	650	ISO 35
6	ยางจับก้อน (coagulum) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	ISO 706
7	ทองแดง มีอลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	ISO 8053
8	แมงกานีส มีอลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	8	8	8	8	8	ISO 7780
9	แมกนีเซียม มีอลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	40 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย					ข้อ 8.3
10	ตะกอน (sludge) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	ISO 2005
11	ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA number) ไม่เกิน	0.06 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย					ISO 506
12	ค่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ไม่เกิน	0.7 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย					ISO 127

หมายเหตุ <sup>1)</sup> คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง

<sup>2)</sup> เสถียรภาพต่อการปั่น เป็นค่าที่วัดภายหลัง 21 วันนับจากวันที่ทำ

<sup>3)</sup> "MA" หรือ "XA" หมายถึง Medium Ammonia Latex

### บรรณานุกรม

- บุญธรรม นิธิอุทัย.(2532). *ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง*.ปัตตานี : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
- ชัยอรุณ วุฒิชชาญ, “สบู่กับความเสถียรของน้ำยาง”, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี,วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) สาขาเทคโนโลยีการยาง, คณะศึกษาศาสตร์, ม.สงขลานครินทร์, (2527), หน้า 18
- ปัทมา อาศัยราษฎร์, “ปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อความหนาของยางที่ได้จาก Coagulant dipping”, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) สาขาเทคโนโลยียาง คณะศึกษาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ (พ.ศ.2526)
- เสาวณีย์ ก่ออุฒิกุลรังษี, “การเก็บรักษาน้ำยางสดด้วยแอมโมเนียและกรดบอริก”, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ศึกษาศาสตร์) สาขาเทคโนโลยียาง คณะศึกษาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์, (2523), หน้า 24
- อภัย อนันตเสถ, “การหล่ออย่างด้วยปูนพลาสติก”, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) สาขาเทคโนโลยียาง คณะศึกษาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ (พ.ศ.2526)
- อนิดา เพ็ชรแก้ว, กฤษฎา พัชรสิทธิ์, เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย, กรกนก อุบลชลเขต, และศุภชัย สัตยานุรักษ์. (มปป.). เอกสารประกอบการสอน วิชา 1002202 ปฏิบัติการเทคโนโลยียาง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง.
- พรพรรณ นิธิอุทัย, “การหาปริมาณเนื้อยางในน้ำยางสดโดยใช้วัด light transmission”, วารสารสงขลานครินทร์, (1982) , หน้า 8 – 12
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ถุงมือยางทางการแพทย์” กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 538 – 2527, หน้า 2 มอก.980 - 2552
- ASTM D 1076 – 80
- ASTM D 1417 – 83
- ASTM D 3492 - 83
- BS 1672: Part 1 : 1950
- NF T 42 – 012 Dec. 1981
- NF T 42 – 005, 1975
- NF T 42 – 100, 1975
- NF T 42 – 101, 1975
- ISO 35 - 1972

ISO 126 – 1972

ISO 125 – 1977

ISO – 2004 - 1979

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวมาชิตา เลขผล
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2538
สถานที่เกิด	อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 9 หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช รหัสไปรษณีย์ 80320
หมายเลขโทรศัพท์	084-4542781
สถานที่ทำงาน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง เลขที่ 222 หมู่ 2 ตำบล บ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง รหัสไปรษณีย์ 80320
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา โรงเรียนวัดเขาขุนพนม มัธยมศึกษา โรงเรียนพรหมคีรีพิทยาคม ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ประวัติการทำงาน	พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (พ.ศ.2563 – ปัจจุบัน)