

สัญญาเลขที่ RDG5450092

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์อะคริลาไมด์-2-(เมทาครีโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อใช้เป็นสารจับตัวในน้ำอย่างสกิม

คณะผู้วิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์กลิ่นพิทักษ์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ รุ่งวิชานีวัฒน์
3. นางสาวฟาร์ชียะ สติเต๊ะ

สังกัด

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ วิจัยแห่งชาติยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ชื่อโครงการ

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงาน และที่อยู่

ชื่อ-สกุล	รองศาสตราจารย์ดร.ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์
หน่วยงาน	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ที่อยู่	181 ถนนเจริญประดิษฐ์ อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000
โทรศัพท์/โทรสาร	073 313930-50 ต่อ 1845
E-mail	kpairote@bunga.pn.psu.ac.th

นักศึกษา

นางสาวยุริยะ แยนนา

งบประมาณทั้งโครงการ

370,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ

18 เดือน ตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม 2553 ถึงวันที่ 14 พฤษภาคม 2556

ปัญหาที่ท้าวิจัยและความสำคัญ

ยางสกิมเป็นยางธรรมชาติที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิม (Skim rubber latex) ด้วยกรดแล้วนำยางที่ได้ไปทำการรีดแผ่นและทำให้แห้ง โดยน้ำยางสกิมเป็นน้ำส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้นด้วยการนำน้ำยางสดมาทำการเซนตริฟิวส์ แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำ ซึ่งอนุภาคเม็ดยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่จึงแยกตัวออกไปเป็นน้ำยางข้น น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 60-63 โดยน้ำยางสกิมคือส่วนที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไปแล้ว ก็ยังมีส่วนของเนื้อยางออกมาด้วย ซึ่งเป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ๆ มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6 (พรพรรณ, 2540)

น้ำยางสกิมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสกิมบล็อก (Skim block) โดยการนำไปผ่านกระบวนการจับตัว รีด อบ อัดเป็นแท่ง จะได้สกิมบล็อก หรือสกิมเครพ ยางสกิมนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางที่ต้องการคุณสมบัติด้านการกระดอน (Rebound) ต่ำ เช่นพื้นรองเท้าบางประเภท ยางรองพื้นยางรองขาโต๊ะ ฯลฯ เพราะราคาค่อนข้างถูก และคุณภาพก็อยู่ในระดับยอมรับได้ เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการคุณสมบัติทนทานมากนัก

([http://spretread.blogspot.com/2006/10/blog-post_25.html\(30/12/2010\)](http://spretread.blogspot.com/2006/10/blog-post_25.html(30/12/2010)))

เนื่องจากกระบวนการจับตัวน้ำยางสกิมโดยทั่วไปใช้กรดซัลฟิวริก ทำให้ได้เนื้อยางที่มีคุณภาพต่ำ น้ำทั้งนี้มีความเป็นกรดสูงและมีการปนเปื้อนของซัลเฟตเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ส่งกลิ่นเหม็น เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เพื่อแก้ปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโรงงานผลิตน้ำยางข้นและได้ยางสกิมที่มีคุณภาพดีขึ้น ตลอดจนแก้ปัญหาข้อจำกัดอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการนำยางสกิมกลับคืน (Recovery) เป็นยางแห้งจากน้ำยางสกิม จึงได้มีการศึกษาการใช้สารประกอบอื่นๆ เพื่อทดแทนการใช้กรดซัลฟิวริก เช่น ศิวโรฒ (2542) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมจากการทำน้ำยางข้น โดยรายงานว่าน้ำยางสกิมจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น โดยปกติแล้วสามารถจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริก แต่น้ำยางสกิมที่เก็บตั้งทิ้งไว้นานเกินกว่า 5 วัน ไม่สามารถจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริก ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางได้หลุดออกมา

ขัดขวางการจับตัวเป็นก้อนของอนุภาคยาง การขจัดโปรตีนออกไปจากน้ำยางสกิมโดยการเซนตริฟิวจ์หรือการใช้เอนไซม์ทำลายโปรตีนทำให้น้ำยางสกิมสามารถกลับมาจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกอีกครั้ง นอกเหนือจากวิธีขจัดโปรตีนออกจากน้ำยางสกิมแล้ว การใช้สารละลายโซเดียมพอลิอะคริเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลเกิน 100,000 กรัม/โมล ปริมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำยางสกิม ทำให้น้ำยางสกิมสามารถจับตัวด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกได้

มีการศึกษาการใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (Cationic polyacrylamide, C-PAM) ในทางการค้าในการจับตัวน้ำยางสกิมพบว่า การจับตัวเกิดได้ดีขึ้นโดยปรับ pH ของน้ำยางให้ต่ำลง ก่อนการเติม C-PAM และเพิ่มความเป็นด่างทำให้เก็บน้ำยางได้ดีขึ้น นอกจากนี้ น้ำยางสกิมที่เก็บไว้ในช่วงเวลาสั้นๆ สามารถจับตัวได้ดีขึ้นเมื่อเติมสบูโซเดียมลอริลซัลเฟตก่อนการเติม C-PAM (Kongkaew *et al.*, 2010)

บทคัดย่อ

แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) คือ พอลิอะคริลาไมด์-2-(เมทาคริโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์ (AM-MAETAC) สังเคราะห์จากอะคริลาไมด์ (AM) และ 2-(เมทาคริโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์ (MAETAC) โดยพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลายโดยใช้โพแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การทดลองทำโดยการแปรปริมาณ AM:MAETAC 0.90:0.10, 0.85:0.15, 0.80:0.20 และ 0.75:0.25 (โมล/ลิตร) และ KPS 0.005, 0.01 และ 0.02 โมล/ลิตร ศึกษาลักษณะของโคพอลิเมอร์ที่ได้โดย FTIR และ ¹H-NMR สเปกโทรสโกปี น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยตามความหนืดของโคพอลิเมอร์สามารถคำนวณได้โดยผ่านความหนืดซึ่งหาโดยคาปิลลารี แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุล 58,350, 102,220 และ 181,100 กรัม/โมลได้จากการใช้ AM:MAETAC 0.80:0.20, 0.80:0.20 และ 0.90:0.10 (โมล/ลิตร) KPS 0.01 โมล/ลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามลำดับ แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดนำไปศึกษาการจับตัวน้ำยางสกิมที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ ศึกษาเปรียบเทียบการจับตัวของน้ำยางสกิมของแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดนี้กับสารละลาย 10% และ 98% กรดซัลฟิวริก การศึกษาการจับตัวทำโดยใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัมร่วมกับสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกในน้ำยางสกิม 100 กรัม จากการทดลองพบว่า แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 1.0 กรัมที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ ในน้ำยางสกิม 100 มิลลิลิตรได้ปริมาณเนื้อยางแห้งและเนื้อยางกลับคืนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเพียงอย่างเดียว การใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิด ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ พบว่าค่าความหนืดมูนิ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และค่าดัชนีการอ่อนตัวต่ำกว่าการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ หรือ 98% H₂SO₄ ปริมาณสิ่งสกปรกและเถ้าของยางสกิมมีค่าใกล้เคียงกับกรณีการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และต่ำกว่า 98% H₂SO₄ ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าการใช้สารละลายกรดทั้งสอง นอกจากนี้ความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาดของ C-PAM ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลที่ใช้ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ มีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย 10% H₂SO₄ ในขณะที่ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งที่ค่าต่ำกว่าการใช้ 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄ เป็นสารช่วยจับตัว

Abstract

The cationic polyacrylamide (C-PAM), poly[acrylamide-2-(methacryloyloxyethyl) trimethyl ammonium chloride] (AM-MAETAC), was synthesized from acrylamide (AM) and 2-(methacryloyloxyethyl) trimethyl ammonium chloride (MAETAC) by solution polymerization in the presence of potassium persulfate (KPS) as an initiator at 60°C for 2 hrs. The experiments were performed by varying ratios of AM:MAETAC 0.90:0.10, 0.85:0.15, 0.80:0.20 and 0.75:0.25 (mole/L) and $K_2S_2O_8$ 0.005, 0.01 and 0.02 mole/L. The copolymer obtained was characterized by FTIR and 1H -NMR spectroscopy. The average viscosity molecular weight of this copolymer was also calculated via intrinsic viscosity determining by capillary viscometer. Three types of C-PAM with average viscosity molecular weight of 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole was obtained when using ratios of AM:MAETAC 0.80:0.20, 0.80:0.20 and 0.90:0.10, KPS 0.01 mole/L for 1 hr, respectively. These C-PAMs were further used for flocculation of skim rubber latex with different ages. The comparison of skim rubber flocculant among three C-PAMs, 10% H_2SO_4 and 98% H_2SO_4 solutions was investigated. The flocculant investigation was performed by using the amounts of C-PAMs 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 g associated with 10% H_2SO_4 solution in 100 mL of skim rubber latex. It was found that 0.10 g C-PAM with the molecular weight of 181,100 associated with 10% H_2SO_4 solution in 100 mL of skim latex showed the highest dry rubber content and rubber recovery as compared with using 10% H_2SO_4 Solution. The Mooney viscosity, initial plasticity and plasticity retention index of skim rubber obtained from using C-PAMs associated with 10% H_2SO_4 solution was lower than that using 10% H_2SO_4 or 98% H_2SO_4 solutions. Its dirt and ash contents of both systems were similar but lower than using 98% H_2SO_4 whereas nitrogen content was lower than both acids. Additionally, the tensile strength, elongation at break of both systems were also similar whereas the 300% modulus and hardness of them was lower than using H_2SO_4 solutions as flocculants.

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ยางสกิมเป็นยางธรรมชาติที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิม (Skim rubber latex) ด้วยกรดแล้วนำยางที่ได้ไปทำการรีดแผ่นและทำให้แห้ง โดยน้ำยางสกิมเป็นน้ำส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้นด้วยการนำน้ำยางสดมาทำการเซนตริฟิวส์ แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำ ซึ่งอนุภาคเม็ดยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่จึงแยกตัวออกไปเป็นน้ำยางข้น น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 60-63 โดยน้ำยางสกิมคือส่วนที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไปแล้ว ก็ยังมีส่วนของเนื้อยางออกมาด้วย ซึ่งเป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ๆ มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6 (พรพรรณ, 2540)

น้ำยางสกิมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสกิมบล็อก (Skim block) โดยการนำไปผ่านกระบวนการจับตัว รีด อบอัดเป็นแท่ง จะได้สกิมบล็อก หรือสกิมเครพ ยางสกิม นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางที่ต้องการคุณสมบัติด้านการกระดอน (Rebound) ต่ำ เช่นพื้นรองเท้าบางประเภท ยางรองพื้น, ยางรองขาโต๊ะ ฯลฯ เพราะราคาค่อนข้างถูก และคุณภาพก็อยู่ในระดับยอมรับได้ เหมาะสำหรับงานที่ไม่

ต้องการคุณสมบัติทนทานมากนัก

([http://spretread.blogspot.com/2006/10/blog-post_25.html\(30/12/2010\)](http://spretread.blogspot.com/2006/10/blog-post_25.html(30/12/2010)))

เนื่องจากกระบวนการจับตัวน้ำยางสกิมโดยทั่วไปใช้กรดซัลฟิวริกทำให้ได้เนื้อยางที่มีคุณภาพต่ำ น้ำทิ้งมีความเป็นกรดสูงและมีการปนเปื้อนของซัลเฟตเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ส่องกลิ่นเหม็น เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เพื่อแก้ปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโรงงานผลิตน้ำยางข้นและได้ยางสกิมที่มีคุณภาพดีขึ้น ตลอดจนแก้ปัญหาข้อจำกัดอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการนำยางสกิมกลับคืน (Rubber recovery) เป็นยางแห้งจากน้ำยางสกิม จึงได้มีการศึกษาการใช้สารประกอบอื่นๆ เพื่อทดแทนการใช้กรดซัลฟิวริก เช่น คิวโรล (2542) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมจากการทำน้ำยางข้น โดยรายงานว่าน้ำยางสกิมจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยปกติแล้วสามารถจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริก แต่น้ำยางสกิมที่เก็บตั้งทิ้งไว้นานเกินกว่า 5 วัน ไม่สามารถจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริก ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางได้หลุดออกมาขัดขวางการจับตัว เป็นก้อนของอนุภาคยาง การขจัดโปรตีนออกไปจากน้ำยางสกิมโดยการเซนตริฟิวจ์หรือการใช้เอนไซม์ ทำลายโปรตีนทำให้น้ำยางสกิมสามารถกลับมาจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกอีกครั้ง นอกเหนือจากวิธีขจัดโปรตีนออกจากน้ำยางสกิมแล้ว การใช้สารละลายโซเดียมพอลิอะคริเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 100,000 ปริมาณร้อยละ 0.2 ของน้ำยางสกิม ทำให้น้ำยางสกิมนั้น สามารถจับตัวได้ด้วยสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกได้

มีรายงาน (Werathirachot *et al.*, 2008) การใช้สารประกอบไคโตซานที่ละลายน้ำได้ (Chito-oligosaccharide, COS) สามารถนำไปใช้ในการจับตัวอนุภาคยางจากน้ำยางสกิมพบว่าการปรับ pH ให้เป็นกลางเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการจับตัว จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุด คือใช้สารละลายไคโตซาน 0.107% w/v ของสารละลายไคโตซานหรือประมาณ 8.02 phr

มีการศึกษาการใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (Cationic polyacrylamide, C-PAM) ในทางการค้าในการจับตัวน้ำยางสกิมพบว่าการจับตัวเกิดได้ดีขึ้นโดยปรับ pH ของน้ำยางให้ต่ำลง ก่อนการเติม PAM และเพิ่มความเข้มข้นทำให้เก็บน้ำยางได้ดีขึ้น นอกจากนี้ น้ำยางสกิมที่เก็บไว้ในช่วงเวลาสั้นๆ สามารถจับตัวได้ดีขึ้นเมื่อเติมสบู่โซเดียมลอริลซัลเฟตก่อนการเติม C-PAM (Kongkaew *et al.*, 2010)

2.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสังเคราะห์โคพอลิเมอร์พอลิอะคริลาไมด์-2-(เมทาครีโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์และใช้เป็นสารจับตัวในน้ำยางสกิม

2.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

Werathirachot *et al.* (2008) ศึกษาการใช้สารประกอบไคโตซานที่ละลายน้ำได้ (Chito-oligosaccharide, COS) ไปใช้ในการจับตัวอนุภาคยางจากน้ำยางสกิม พบว่าการปรับ pH ให้เป็นกลางเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการจับตัว จากการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการจับตัว คือใช้สารละลายไคโตซาน 0.107% w/v ของสารละลายไคโตซานหรือประมาณ 8.02 phr

Danwanichakul *et al.* (2011) ศึกษาการใช้ไคโตแซน และ cationic polyacrylamide เป็นทางเลือกในการจับตัวยางสกิมเทียบกับสารละลายกรดซัลฟิวริก พบว่าประสิทธิภาพในการจับตัวขึ้นอยู่กับ การปรับ pH ให้เป็นกลาง ในระบบการใช้ไคโตแซนพบว่าประสิทธิภาพการจับตัวยางสูงถึง 80% ซึ่งให้ผลใกล้เคียง

กับการใช้ระบบกรดซัลฟิวริก อย่างไรก็ตามคุณภาพของซีรัม เช่น BOD, COD และ pH หลังจากการจับตัวอนุภาคของยางกับโคโตนในสารละลายกรดแอซิดดีกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก

MTEC ได้พัฒนาสารจับตัวยางสกิมประสิทธิภาพสูง (A704) สามารถจับตัวน้ำยางสกิมได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว ใช้ปริมาณน้อย และต้นทุนการผลิตต่ำ สารดังกล่าวสามารถใช้ได้น้ำยางสกิมเก่าและยางสกิมใหม่ และปราศจากการปนเปื้อนของซัลเฟตในน้ำทิ้งและสามารถกำหนด pH ของน้ำทิ้งได้ตามต้องการ นอกจากนี้ยางสกิมแห้งที่ได้มีปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้าและปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่า มีความนิ่มกว่าและทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่ายางสกิมที่ได้จากการจับตัวด้วยวิธีปกติ คือกรดซัลฟิวริก (<http://www.mtec.or.th/index.php/login> [08/09/2014])

Moonprasith *et al.* (2008) ศึกษาการใช้สาร hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) ซึ่งเป็นสารจับที่ว่องไวต่อความร้อนในการจับตัวน้ำยางสกิม พบว่าอนุภาคสามารถแยกน้ำยางที่มีความเข้มข้นสูงในรูปครีมภายในเวลา 5 ชั่วโมง และสามารถแยกได้เกือบ 100% เมื่อใช้ HPMC 0.7%w/v นอกจากนี้สีของยางสกิมที่ได้ดีกว่าและมีสีจางกว่ายางที่จับตัวด้วยวิธีปกติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้พัฒนาสารรวบรวมน้ำยางสกิมซึ่งมีชื่อว่า GRASS 1 พบว่าสามารถรวบรวมเนื้อยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำยางสกิมแยกชั้นได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 5 ชั่วโมง มีความเข้มข้นของเนื้อยางในชั้นครีมได้มากกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สามารถเก็บรวบรวมเนื้อยางสกิมได้มากกว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก ประสิทธิภาพของสาร GRASS 1 ใช้ได้ทั้งน้ำยางสกิมใหม่และน้ำยางสกิมที่ได้จากน้ำยางสดเก่าเก็บที่มาจากทุกขั้นตอนการผลิตและได้ยางสกิมที่มีคุณภาพ (www.nstd.or.th/nsth-r-and-d/10984-grass-1 [20/10/2014])

มีการศึกษาการใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (Cationic polyacrylamide, C-PAM) ในทางการค้าในการจับตัวน้ำยางสกิมพบว่า การจับตัวเกิดได้ดีขึ้นโดยปรับ pH ของน้ำยางให้ต่ำลง ก่อนการเติม C-PAM และเพิ่มความเป็นด่างทำให้เก็บน้ำยางได้ดีขึ้น นอกจากนี้ น้ำยางสกิมที่เก็บไว้ในช่วงเวลาสั้นๆ สามารถจับตัวได้ดีขึ้นเมื่อเติมสบูโซเดียมลอริลซัลเฟตก่อนการเติม C-PAM (Kongkaew *et al.*, 2010)

2.4 วิธีการ

2.4.1 การเตรียมแคตไอออนิกโคพอลิเมอร์

2.4.1.1 การเตรียมแคตไอออนิกโคพอลิเมอร์จาก 2-(เมทาครีโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์และอะคริลาไมด์

เตรียมแคตไอออนิกโคพอลิเมอร์โดยแปรสัดส่วนปริมาณ อะคริลาไมด์ (AM) ต่อ 2-(เมทาครีโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (MAETAC) (0.90:0.10-0.75:0.25 โดยโมล/ลิตร) ปริมาณ potassium persulfate ($K_2S_2O_8$, KPS) 0.005, 0.01 และ 0.02 โมล/ลิตร และเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ ดังนี้: เติมอะคริลาไมด์ MAETAC ในน้ำกลั่น 100 mL กวนสารผสมให้เข้ากันโดยใช้ความเร็วรอบ 150 rpm และเติม KPS ใน reaction kettle 4 คอขนาด 200 mL ซึ่งแช่อยู่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ และต่อเข้ากับ mechanical stirrer, condenser, dropping funnel และท่อนำแก๊สไนโตรเจน ปลอ่ยให้ปฏิกิริยาดำเนินไป เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำพอลิเมอร์ที่ได้ไปล้างด้วย acetone 2 ครั้ง จากนั้นจึงนำไปตั้งที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งแห้ง

2.4.1.2 การศึกษาลักษณะโครงสร้างของแคตไอออนิกโคพอลิเมอร์

นำแคตไอออนิกโคพอลิเมอร์ที่ได้ไปศึกษาลักษณะโครงสร้างโดยใช้เทคนิค FTIR และ 1H -NMR

2.4.1.3 การหาน้ำหนักโมเลกุลของแคตไอออนิกโพลีเมอร์

หาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยตามความหนืดของโพลีเมอร์โดยวิธี Capillary Viscometer ใช้ 1M NaCl เป็นตัวทำละลายและหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยตามความหนืดโดยใช้ Mark-Houwink equation , $[\eta] = KM_v^a$ ($a = 0.73$ และ $K = 1.05 \times 10^{-4}$, ที่อุณหภูมิ 30°C) (Abdullah *et al.*, 2010)

2.4.2 การศึกษาวิเคราะห์สมบัติน้ำยางสกิม

นำน้ำยางสกิมมากรองเอาสิ่งปนเปื้อนออกด้วยตะแกรงขนาด 80-85 เมช หลังจากนั้นทดสอบสมบัติเบื้องต้นของน้ำยางสกิมคือ ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณเนื้อยางแห้ง และความเป็นต่างในน้ำยาง

2.4.3 การศึกษาการจับตัวของน้ำยางสกิม

2.4.3.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารในการช่วยจับตัวน้ำยางสกิม

ในการทดลองนี้ใช้สารในการช่วยจับตัวน้ำยางสกิม 3 ชนิด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการรวบอนุภาคน้ำยางสกิมดังนี้

2.4.3.1.1 สารละลายพอลิเมอร์แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (CPAM)

ใช้สารละลาย CPAM 3 ชนิด ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 58,350, 102,220 และ 181,100 (เตรียมได้จากการสัดส่วน ACRYLAMIDE: MAETEC เท่ากับ 0.80:0.20, 0.80:0.20 และ 0.90:0.10 โมล/ลิตร ใช้ $K_2S_2O_8$ 0.01 โมล/ลิตร ที่ 60°C เวลา 1 ชั่วโมง ตามลำดับ) โดยใช้ CPAM ปริมาณ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัม/น้ำยางสกิม 100 มิลลิลิตร กวนผสมกับน้ำยางสกิมโดยใช้ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ในการจับยาง โดยทดสอบการจับตัวในระยะเวลาของน้ำยางสกิมที่มีอายุ 9 วัน นอกจากนี้วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของส่วนเข้มข้นภายหลังการจับตัว นำก้อนยางที่จับได้ไปรีดเป็นแผ่นยาง ล้างด้วยน้ำหลายๆครั้ง แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาปริมาณที่จับตัวได้ (% Rubber recovery) แล้วทดสอบสมบัติของยางสกิมที่ได้คือ ค่าความหนืดมูนิ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) ค่าดัชนีความอ่อน (PRI) หาปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณเถ้า และปริมาณไนโตรเจน ตลอดจนค่าความต้านทานต่อแรงดึง ความสามารถในการยืดจนขาด โมดูลัส 300% และความแข็งโดยเปรียบเทียบสมบัติกับยางสกิมที่จับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 และ 98% H_2SO_4 โดยน้ำหนัก โดยไม่ใช้สารแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์

2.4.3.2 อิทธิพลของเวลาในการเก็บรักษา น้ำยางสกิมต่อการจับตัวยางสกิม

นำน้ำยางสกิมที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 1-7 วัน โดยนำตัวอย่างที่เก็บรักษาเวลาผ่านไปแต่ละวัน มาผสมกับสารละลายพอลิเมอร์แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ของแต่ละชนิดข้างต้น ในปริมาณ 0.8 กรัม กวนผสมด้วยความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วเทน้ำยางสกิมที่ได้ใส่ภาชนะทรงสูงที่มีฝาปิด วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เกิดการแยกชั้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดลองในทำนองเดียวกับกระบวนการในหัวข้อ 3.3.3.1.1 แล้วนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิมที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% และ 98% โดยน้ำหนัก โดยไม่ใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์

2.4.4 การวิเคราะห์และทดสอบ

2.4.4.1 การวิเคราะห์หาค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand)

ค่า BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน สภาวะมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณ BOD คือ 20°C และเวลา 5 วัน (BOD₅) ใช้วิธี Dilution method

วิธีวิเคราะห์หาค่า BOD

เริ่มจากการปรับ pH ของน้ำตัวอย่างให้อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ด้วยสารละลายกรดหรือด่างเข้มข้น 1.0 โมลาร์ แล้วแช่น้ำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิประมาณ 20°C จากนั้นพ่นอากาศลงในน้ำตัวอย่างให้มีออกซิเจนอิ่มตัว รินน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD จนเต็ม 3 ขวดต่อ 1 ตัวอย่างน้ำ ปิดจุกให้แน่น คอยดูให้มีน้ำหล่ออยู่ที่ปากขวด ตลอดระยะเวลา 5 วันที่แช่อยู่ในตู้ incubator นำตัวอย่าง 1 ขวดมาวิเคราะห์ปริมาณ DO₀ โดยวิธี Azide Modification อีก 2 ขวดแช่ไว้ใน incubator อุณหภูมิ 20 ± 1°C เมื่อครบกำหนด 5 วัน นำตัวอย่างที่เหลือมาวิเคราะห์หาปริมาณ BOD โดยใช้สูตรคำนวณดังสมการ 1

การคำนวณ

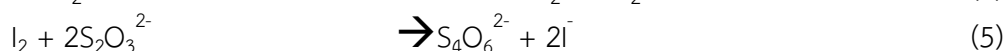
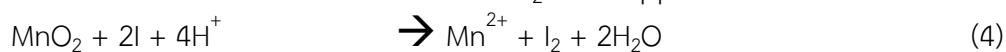
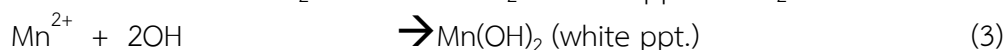
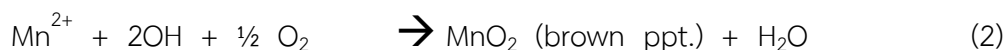
$$\text{BOD}_5, \text{ mg/l} = (\text{DO}_0 - \text{DO}_5) / \% \text{ mixture} \quad (1)$$

โดย

DO₀ คือ ปริมาณออกซิเจนละลายก่อนบ่มในภาชนะปิด

DO₅ คือ ปริมาณออกซิเจนละลายหลังบ่มในภาชนะปิดเป็นเวลา 5 วัน

โดยค่า DO สามารถหาได้โดยใช้ The Azide Modification of the Winkler Method ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับน้ำทิ้งที่มี NO₂ อยู่ ทำได้โดยการเติม Mn²⁺ เพื่อให้จับกับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (fixation of oxygen) ได้เป็น MnO₂ ซึ่งเป็นตะกอนสีน้ำตาล ดังสมการ 2 แต่ถ้าไม่มีออกซิเจนละลายอยู่จะได้ตะกอนสีขาวของ MnO₂ ดังสมการ 3 จากนั้น MnO₂ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยารีดอกซ์กับ I⁻ (ที่เติมจนเกินพอ) เกิดเป็น Mn²⁺ และ I₂ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดดังสมการ 4 ปริมาณ I₂ ที่เกิดขึ้นโดยการไตเตรตกับ Na₂S₂O₃ โดยมีน้ำแ่งเป็นอินดิเคเตอร์ ดังสมการ 5



วิธีวิเคราะห์หาค่า DO

เริ่มจากการถ่ายตัวอย่างน้ำใส่ขวด BOD ให้เต็มโดยวิธีกลักน้ำ (ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ) แล้วเติมสารละลาย MnSO₄ 2 มิลลิเมตร และ alkali-iodide 2 มิลลิลิตร ลงในขวด BOD ดังกล่าว โดยทุกครั้งให้เปิดจุ่มอยู่ใต้น้ำ ปิดจุกอย่าให้มีฟองอากาศผสมให้เข้ากัน โดยการคว่ำขวดไปมาหลาย ๆ ครั้ง แล้วปล่อยให้ตะกอนนอนกัน เขย่าแล้วปล่อยให้ตะกอนนอนกันจนได้น้ำประมาณ 1/3 ของขวด แล้วเติม conc. H₂SO₄ 2 มิลลิลิตร ใต้ผิวน้ำ ปิดจุกเขย่าจนตะกอนละลายหมด แล้วไตเตรตตัวอย่างน้ำ 203 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายมาตรฐาน Na₂S₂O₃ จนสารละลายมีสีจางลงก่อน จึงค่อยเติมน้ำแ่งแล้วไตเตรตต่อจนสีน้ำเงินจางหายไป คำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

การคำนวณ

$$\text{DO (mg/l)} = \frac{\text{ml. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 0.025 \times 8 \times 1000}{\text{ml of Sample}}$$

2.4.4 การวิเคราะห์หาค่า COD (Chemical Oxygen Demand)

ค่า COD หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการ เพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หลักการของวิธีนี้คือ สารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดซ์โดย โพแทสเซียมไดโครเมต ในสภาวะที่เป็นกรดอย่างรุนแรง จึงใช้การรีฟลักซ์ เพื่อป้องกันการระเหยสูญหายของ สารเคมี จากนั้น ไตเตรตหาปริมาณโพแทสเซียม-ไดโครเมตที่เหลืออยู่ด้วยสารละลาย ferrous ammonium sulfate โดยใช้ ferroin เป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

**วิธีวิเคราะห์หาค่า COD**

ล้างหลอดทดลอง และฝาจุกด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20% ก่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจาก สารอินทรีย์ จากนั้น ปิเปตตัวอย่างน้ำประมาณ 2.5 มิลลิเมตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม digestion reagent ลงไป 1.5 มิลลิลิตร แล้วค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ผสม Ag_2SO_4 ลงไป 3.5 มิลลิลิตร ให้ไหล ลงก้นหลอดแก้ว เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของน้ำตัวอย่างและ digestion reagent ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายๆ ครั้งอย่างทั่วถึง ก่อนจะนำตัวอย่างไปใส่ใน Block heater ของเครื่อง COD Reactor เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ที่ก้นหลอด ให้ทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่างด้วย วิธีการทดลองเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ประมาณ 1-2 หลอด แล้วเตรียม Calibration curve โดย

1) เตรียม standard potassium hydrogen phthalate (KHP) โดยให้ค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 20-900 มิลลิกรัม/ลิตร

2) ปิเปตสารละลายมาตรฐาน KHP ในแต่ละความเข้มข้นมา 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง แล้ว เติม digestion reagent ลงไป 1.5 มิลลิลิตร

3) ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ผสม Ag_2SO_4 ลงไป 3.5 มิลลิลิตร ให้ไหลลงก้นหลอดแก้ว เพื่อให้ ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของน้ำตัวอย่าง และ digestion reagent

4) ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น แล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายๆ ครั้งอย่างทั่วถึง ก่อนจะนำตัวอย่างไปใส่ ใน Block heater ของเครื่อง COD Reactor เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ที่ก้นหลอด ซึ่งอาจแตก ได้ในขณะทำการทดลอง

จากนั้น นำหลอดแก้วทั้งหมดที่ใส่น้ำตัวอย่าง Blank และ standard KHP ที่เตรียมไว้ทั้ง 5 ชุด ไปใส่ ใน Block heater ของเครื่อง COD Reactor ที่อุณหภูมิสูงถึง $150 \pm 2^\circ\text{C}$ ก่อนหน้านั้นแล้ว เมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมง ให้นำตัวอย่างออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งเย็น จึงเท

ตัวอย่างจากหลอดใส่ลงใน cuvette วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร แล้วนำค่า %Absorbance ของ Standard KHP ไปพล็อตกับค่าความเข้มข้นของ KHP จะได้กราฟเป็นเส้นตรง

การคำนวณ

$$\text{COD as mg O}_2 / \text{ml} = \frac{\text{mg O}_2 \text{ final volume} \times 1000}{\text{ml sample}}$$

2.4.7 การทดสอบสมบัติของน้ำยางสีกิมและยางสีกิม

2.4.7.1 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)

การทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน ASTM D1076-02 โดยชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม (ให้ถูกต้องแม่นยำ 5 มิลลิกรัม) ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นเติมกรดแอซิดิกที่มีความเข้มข้น 2% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร ปริมาตร 80 มิลลิเมตร ลงไปช้าๆ และคนตลอดเวลาที่เติมกรด การใส่กรดควรใช้เวลามากกว่า 5 นาที นำน้ำยางที่ใส่กรดแล้วไปวางบนอ่างน้ำร้อน 15-30 นาที จะได้สารละลายใสของเซรัม น้ำยางที่จับตัวแล้วล้างด้วยน้ำที่กำลังไหล แล้วทำเป็นแผ่นบาง อบให้แห้งที่อุณหภูมิ $70 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลาประมาณ 18-24 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ซึ่งแล้วอบต่ออีก 30 นาที น้ำหนักต้องต่างไม่เกิน 5 มิลลิกรัม จากค่าที่ชั่งครั้งสุดท้าย

การคำนวณ

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

โดย

A	คือ	น้ำหนักเนื้อยางแห้ง (กรัม)
B	คือ	น้ำหนักยางที่ใช้ (กรัม)

2.4.7.2 การหาความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 976-1986 นำน้ำยางที่ต้องการทดสอบมาวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำยางด้วยเครื่อง pH meter โดยการจุ่มแท่งอิเล็กโทรดลงไปในของเหลวที่ต้องการวัด ที่อุณหภูมิห้อง และจดบันทึกค่า pH ที่วัดได้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแมกนีเซียมออกไซด์ในน้ำยาง} = \frac{M \times V \times 100 \{ [W \times (100 - \text{TSC}) / 100] + 20 \}}{W}$$

โดย

TSC	คือ	ปริมาณของแข็งที่อยู่ในน้ำยาง (เปอร์เซ็นต์)
W	คือ	น้ำหนักของน้ำยางที่ใช้ (กรัม)
M	คือ	ความเข้มข้นของ EDTA(นอร์มัล)
V	คือ	ปริมาตรของ EDTA(มิลลิลิตร)

2.4.7.3 การหาปริมาณสิ่งสกปรก (Determination of Dirt Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a โดยนำยางที่เตรียมไว้ 15 กรัม ผ่านเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง ที่ปรับช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.013 นิ้ว จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งเติมน้ำมันสนปริมาตร 250 มิลลิลิตร และสารเคมีเร่งการละลายอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140°C นำขวดรูปชมพู่ออกมาแกว่งเป็นระยะ เพื่อเร่งการละลายอย่างให้เร็วขึ้นจนยางละลายหมด กรองสารละลายยางขณะร้อนด้วยตะแกรงกรอง (Sieve) ขนาด 325 เมช ที่สะอาด แห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว ล้างสารที่ค้างอยู่บนตะแกรงกรองด้วยน้ำมันสนร้อนผ่านตัวกรองอีกครั้ง เสร็จแล้วนำตะแกรงกรองไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วบันทึกน้ำหนัก

การคำนวณ

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

โดย

A	คือ	น้ำหนักของยางตัวอย่าง (กรัม)
B	คือ	น้ำหนักตะแกรงกรอง (กรัม)
C	คือ	น้ำหนักตะแกรงกรองหลังอบ (กรัม)

2.4.7.4 การหาปริมาณเถ้า (Determination of Ash Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1278-91a โดยซึ่งยางที่เตรียมไว้ให้น้ำหนักประมาณ 5 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ห่ออย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในถ้วยทนความร้อนที่สะอาด แห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำเข้าในเตาเผาที่อุณหภูมิสูง 550±20°C จนกระทั่งเผาไหม้สมบูรณ์ ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

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

โดย

A	คือ	น้ำหนักของยางตัวอย่าง (กรัม)
B	คือ	น้ำหนักถ้วยทนความร้อน (กรัม)
C	คือ	น้ำหนักถ้วยทนความร้อนกับเถ้า (กรัม)

2.4.7.5 การหาปริมาณไนโตรเจน (Determination of Nitrogen Content)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3533-90 โดยซึ่งยางที่เตรียมไว้ประมาณ 0.1 กรัม และมีความละเอียด 0.0001 กรัม ใส่ในขวดแก้วสำหรับย่อยยาง เติมสารตัวเร่งร่วม (ประกอบด้วย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 2 ส่วน K_2SO_4 15 ส่วน Se 1 ส่วน) และกรดซัลฟิวริกชนิดเข้มข้น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 380-400°C จนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร นำของเหลวที่ได้ไปกลั่น โดยเครื่องกลั่น ซึ่งจะเติม 40% NaOH ลงไป 25 มิลลิลิตร นำขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ร่วมกับอินดิเคเตอร์ 4 หยด และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร รองรับสารที่กลั่น

ได้ให้มีปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร นำสารที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับสารละลายซัลฟิวริกเข้มข้น 0.01 N ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีม่วง ทำ Blank เพื่อเปรียบเทียบ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) N \times 0.014 \times 100}{W}$$

โดย

V ₁	คือ	ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
V ₂	คือ	ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)
N	คือ	ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก (นอร์มัล)
W	คือ	น้ำหนักชิ้นทดสอบ (กรัม)

2.4.7.6 การทดสอบดัชนีความอ่อนตัว

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3157-84 โดยนำยางที่เตรียมไว้ 20±5 กรัม ผ่านเครื่องรีดยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำ โดยการผ่านน้ำเย็น ปรับช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 1.9 มิลลิเมตร จำนวน 2 ครั้ง แล้วพับครึ่ง ทำให้เรียบด้วยลูกกลิ้งให้ได้ความหนา 3.2-3.6 มิลลิเมตร ตัดตัวอย่างทดสอบ 6 ชิ้น แบ่งเป็นชุด ชุดละ 3 ชิ้น ชุดแรกนำไปทดสอบโดย การวางขึ้นทดสอบระหว่างกระดาษมันบุหรือนำเข้าเครื่อง Wallace Plastometer อัดขึ้นทดสอบ โดยแป้นโลหะกลมบนและล่างของเครื่องจะกดขึ้นทดสอบให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นแรง 10±0.1 กิโลกรัม จะอัดยางเป็นเวลา 15 วินาที อ่านค่าความอ่อนตัวบนหน้าปัด จะได้ค่า P₀ ส่วนขึ้นทดสอบชุดที่สองนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 30 นาที นำขึ้นทดสอบออกมาตั้งให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปหาค่าความอ่อนตัวเช่นกัน ค่าที่ได้เป็นค่า P₃₀

การคำนวณ

$$\text{ดัชนีความอ่อนตัว} = (P_{30} / P_0) \times 100$$

โดย

PRI	คือ	ดัชนีความอ่อนตัว
P ₀	คือ	มัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดที่ไม่อบ
P ₃₀	คือ	มัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดที่อบ

2.4.7.7 การหาค่าความหนืดมูนนี่ (Determination of Mooney Viscosity, V_R)

การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1646-96 โดยตั้งอุณหภูมิของห้องเสื้อของเครื่อง Mooney Viscosity ที่ 100°C อุ่นโรเตอร์ในห้องใส่ยางเป็นเวลา 1 นาที แบ่งยางที่เตรียมไว้ประมาณ 25 กรัม ออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน โดยแต่ละส่วนมีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 12.5 กรัม นำโรเตอร์ออกจากช่องใส่ยาง นำยางประกอบด้านบนและด้านล่างของโรเตอร์ใส่กลับเข้าไปในช่องใส่ยาง อุ่นยางเป็นเวลา 1 นาที แล้วเดินเครื่องให้โรเตอร์หมุนเป็นเวลา 4 นาที บันทึกค่าที่เวลา 4 นาที เป็นค่าของความหนืดที่วัดได้

การบันทึกผล

$$\text{ความหนืดมูนี่} = [X \text{ ML } (1+4) 100 \text{ }^{\circ}\text{C}]$$

โดย

X	คือ	ค่าความหนืดที่อ่านได้
ML	คือ	โรเตอร์ขนาดใหญ่
1	คือ	อุ้นยงเป็นเวลา 1 นาที
4	คือ	ทดสอบเป็นเวลา 4 นาที
100	คือ	อุณหภูมิที่ทดสอบ

2.4.7 ศึกษาสมบัติของยางผสมสารเคมี

เตรียมยางสกินชนิดต่าง ๆ คือ ผสมสารเคมีโดยนำยางสกินที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (98% โดยน้ำหนัก) ยางสกินที่ได้จากการจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักและยางสกินที่ได้จากการจับตัวโดยใช้สารช่วยจับตัวทั้ง 3 ชนิด ร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก มาทำการผสมกับสารเคมีด้วยเครื่องบดผสมยาง

2.5 ผลการวิจัย

2.5.1 การเตรียมแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (CPAM)

แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่เตรียมจาก อะคริลาไมด์และ 2-(เมทาคริลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยใช้มอนอเมอร์ 4 สัดส่วนคือ 0.75:0.25, 0.80:0.20, 0.85:0.15 และ 0.90:0.10 (โมล/ลิตร) และใช้ 0.005-0.02 โมล/ลิตร $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ที่ใช้อุณหภูมิในการกวน 60°C กวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าการเพิ่มสัดส่วนของอะคริลาไมด์มีผลทำให้สารละลายมีความหนืดมากขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มสัดส่วนของอะคริลาไมด์ยังมีผลทำให้ลักษณะการจับตัวของพอลิเมอร์ด้วยอะซีโตนจะมีการจับตัวได้ดีมากขึ้นและลักษณะของพอลิเมอร์เมื่อมีการจับตัวแล้วจะมีลักษณะแข็งน้อยลง ลักษณะทางกายภาพของโคพอลิเมอร์ที่ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่ได้จากการแปรมอนอเมอร์สัดส่วนต่างๆ โดยใช้ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0.01 M เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

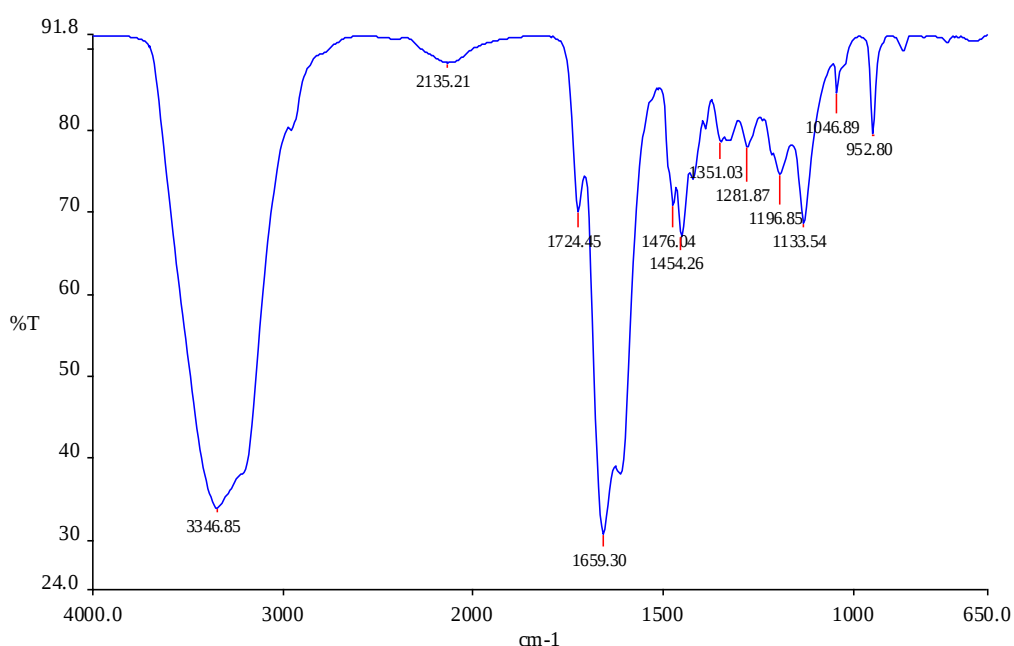
AM:MAETAC (ratios in mole/L)	ลักษณะของผลิตภัณฑ์	ลักษณะของผลิตภัณฑ์เมื่อจับตัวด้วยอะซีโตน
0.75:0.25	สารละลายมีความหนืดน้อยสีที่ได้มีสีขาวใส	จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ลักษณะแข็งมาก และมีการจับตัวได้น้อยที่สุด
0.80:0.20	สารละลายมีความหนืดมากขึ้นกว่าสัดส่วน 0.75:0.25 สีที่ได้มีสีขาวใส	จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ลักษณะแข็งน้อยกว่า 0.75:0.25 และมีการจับตัวได้ดีกว่า 0.75:0.25

0.85:0.15	สารละลายมีความหนืดมากขึ้นกว่าสัดส่วน 0.80:0.20 สีที่ได้มีสีขาวใส	จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ลักษณะแข็งน้อยกว่า 0.80:0.20 และมีการจับตัวได้ดีกว่า 0.80:0.20
0.90:0.10	สารละลายมีความหนืดมากขึ้นกว่าสัดส่วน 0.85:0.15 สีที่ได้มีสีขาวใส	จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น ลักษณะแข็งน้อยที่สุด และมีการจับตัวได้ดีที่สุด

2.5.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของ C-PAM

2.5.2.1 วิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีโดยใช้ FT-IR spectroscopy

รูปที่ 1 แสดง FTIR spectra ของตัวอย่าง CPAM ที่เตรียมได้จากการแปรสัดส่วนของ อะคริลาไมด์ และ 2-(เมทาคริลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ 80:20 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.01 M $K_2S_2O_8$ ที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

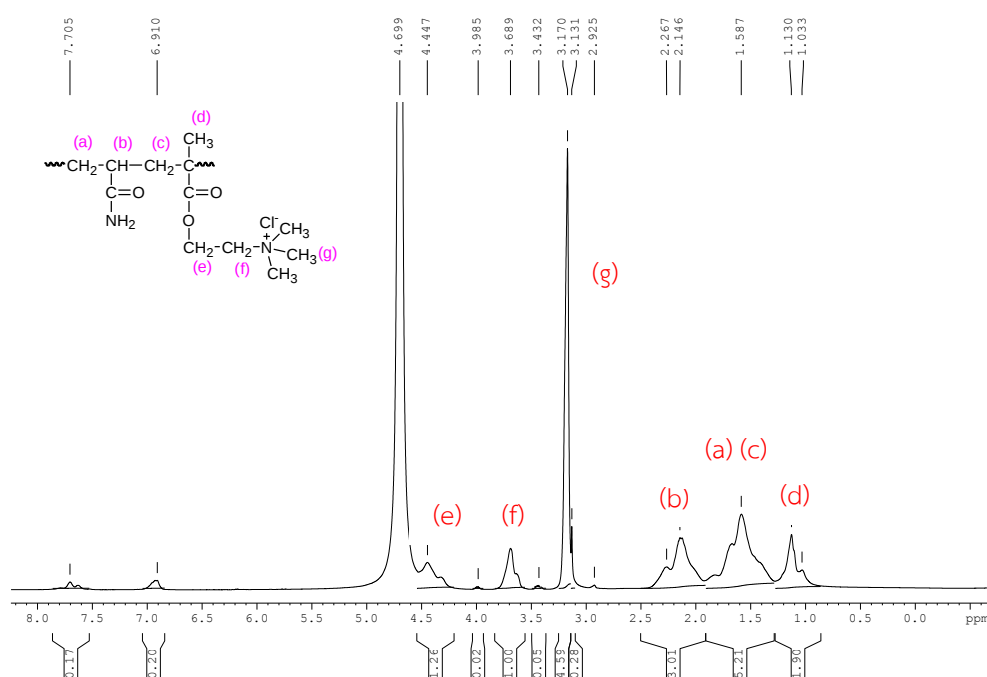


รูปที่ 1 FT-IR spectrum ของ C-PAM ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ AM:MAETAC 0.80:0.20 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.01 M $K_2S_2O_8$ ที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์โคพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นยืนยันได้จากการปรากฏการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่สำคัญที่เลขคลื่น ได้แก่ แสดงการยืดของ $NH_2(C=O)$ ที่เลขคลื่น 3346.85 cm^{-1} การยืดของ $C=O$ (carboxamide) ที่เลขคลื่น 1659.30 cm^{-1} ใน AM และการยืดของ $C=O$ (ester) ที่เลขคลื่น 1724.45 cm^{-1} การยืดของ $C-O$ (เอสเตอร์) ที่เลขคลื่น 1046.89 cm^{-1} และการงอของ $N-H$ ของเกลือเอมีนที่เลขคลื่น 1454.26 cm^{-1} และที่ 952.80 cm^{-1} ซึ่งเป็นการการสั่นเป็นงอของหมู่ $-N^+(CH_3)_3$ ใน MAETAC (รูปที่ 1)

2.5.2.2 วิเคราะห์โคพอลิเมอร์ที่ได้โดยใช้ $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy

รูปที่ 2 แสดง $^1\text{H-NMR}$ spectrum ของสารละลาย C-PAM ใน D_2O . $^1\text{H-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณโปรตอนที่ 1.13 ppm เป็นของหมู่เมทิล $-\text{CH}_3$ (d) ใน AM ที่ 1.59 ppm เป็นของหมู่เมทิลีน $-\text{CH}_2$ (a,c) ใน AM และ MAETAC ที่ช่วง 2.14-2.25 ppm เป็นของหมู่เมทิลีน $-\text{CH}$ ใน AM ที่ 3.13 ppm ซึ่งเป็นของสามหมู่เมทิลของแอมโมเนียม $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ (g) ใน MAETAC และที่ 3.68 และ 4.45 ppm เป็นของหมู่เมทิลีน $-\text{OCH}_2$ (e) และ $-\text{N}^+(\text{CH}_2)$ (f) ใน MAETAC, ตามลำดับ เป็นการยืนยันว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่าง AM กับ MAETAC



รูปที่ 2 $^1\text{H-NMR}$ spectrum ของ CPAM ที่สัดส่วน AM:MAETAC 80:20 โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยา 0.01 M $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.5.3 การใช้ C-PAM เป็นสารช่วยจับตัวน้ำยางสกิม

จากการศึกษาการใช้ C-PAM 3 ชนิดในปริมาณ 0.25-1.25 กรัมเป็นสารช่วยในการจับตัวน้ำยางสกิมร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 เปรียบเทียบกับการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 และ 98% H_2SO_4 อย่างเดียว ปริมาตรของสารละลายกรดที่ใช้เพื่อให้ยางสกิมจับตัวได้แสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1-3 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ยิ่งน้ำยางสกิมที่มีอายุการเก็บนานขึ้น ยิ่งต้องใช้ปริมาณสารละลายกรดมากขึ้นเพื่อให้สามารถจับตัวน้ำยางสกิมได้ และพบว่าการใช้ C-PAM ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 สามารถใช้ปริมาณกรดที่น้อยกว่าการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่า C-PAM ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คือ 181,200 กรัม/โมล สามารถจับตัวน้ำยางสกิมได้ดีที่สุด

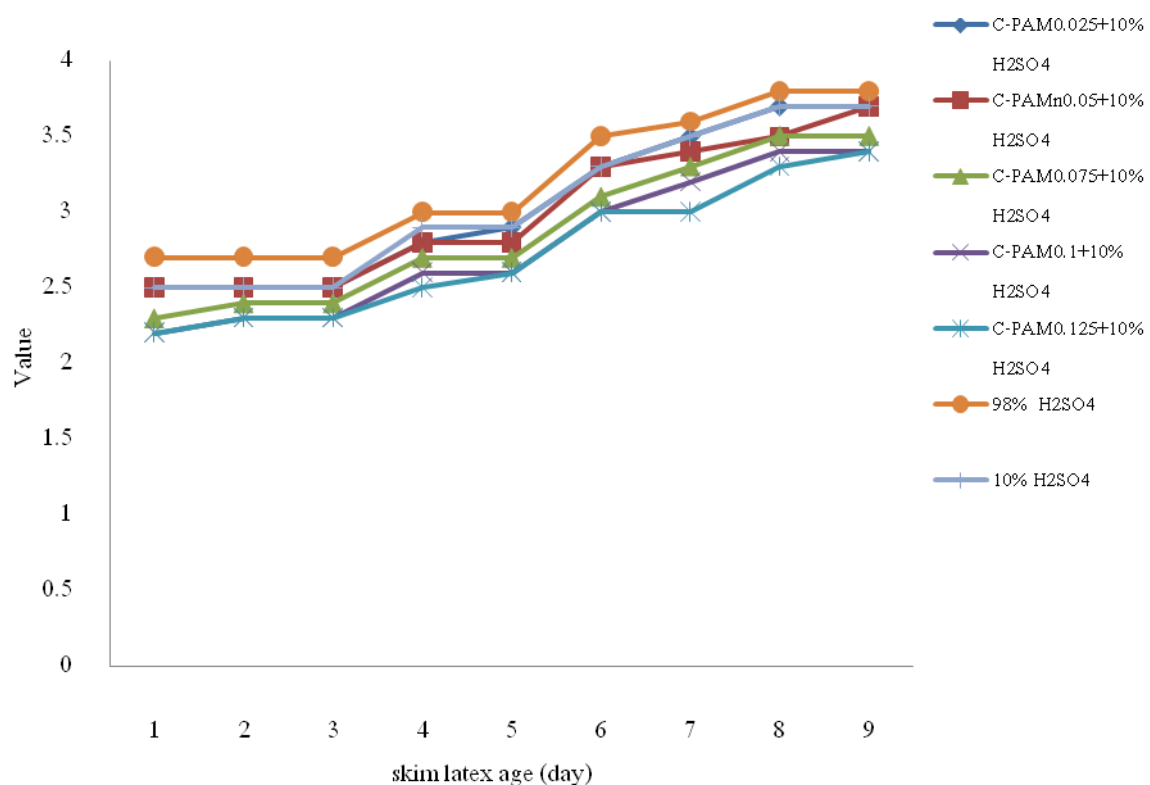
ตารางที่ 1 ปริมาตรกรดซัลฟิวริก 10% ที่ใช้ร่วมกับสารช่วยจับตัวน้ำยางสกินที่มีอายุการเก็บต่างๆ โดยใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ ปริมาณ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัม (ใช้น้ำยางสกิน 100 มิลลิลิตร)

Skim latex age (day)	Value of C-PAM (58, 350) + 10% H ₂ SO ₄ (ml)					98% H ₂ SO ₄ (ml)	10% H ₂ SO ₄ (ml)
	0.25 g	0.50 g	0.75 g	1.00 g	1.25 g		
1	25(2.5)	24(2.4)	23(2.3)	22(2.2)	22(2.2)	2.7	25(2.5)
2	25(2.5)	24(2.4)	24(2.4)	23(2.3)	22(2.2)	2.7	25(2.5)
3	25(2.5)	25(2.5)	24(2.4)	23(2.3)	23(2.3)	2.7	25(2.5)
4	28(2.8)	28(2.8)	27(2.7)	26(2.6)	25(2.5)	3.0	29(2.9)
5	29(2.9)	28(2.8)	27(2.7)	26(2.6)	26(2.6)	3.0	29(2.9)
6	33(3.3)	33(3.3)	31(3.1)	30(3.0)	30(3.0)	3.5	33(3.3)
7	35(3.5)	34(3.4)	33(3.3)	32(3.2)	30(3.0)	3.6	35(3.5)
8	37(3.7)	35(3.5)	35(3.5)	34(3.4)	33(3.3)	3.8	37(3.7)
9	37(3.7)	37(3.7)	35(3.5)	34(3.4)	33(3.3)	3.8	37(3.7)

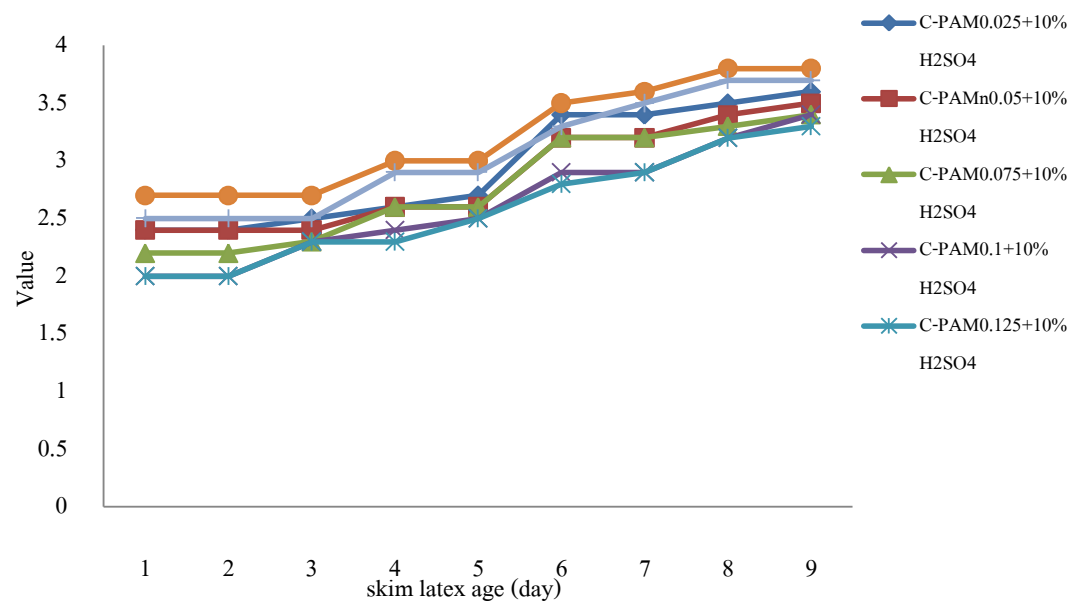
Skim latex age (day)	Value of C-PAM (102, 220) + 10% H ₂ SO ₄ (ml)					98% H ₂ SO ₄ (ml)	10% H ₂ SO ₄ (ml)
	0.25 g	0.50 g	0.75 g	1.00 g	1.25 g		
1	24(2.4)	24(2.4)	22(2.2)	20(2.0)	20(2.0)	2.7	25(2.5)
2	24(2.4)	24(2.4)	22(2.2)	20(2.0)	20(2.0)	2.7	25(2.5)
3	25(2.5)	24(2.4)	23(2.3)	23(2.3)	23(2.3)	2.7	25(2.5)
4	26(2.6)	26(2.6)	26(2.6)	24(2.4)	23(2.3)	3.0	29(2.9)
5	27(2.7)	26(2.6)	26(2.6)	25(2.5)	25(2.5)	3.0	29(2.9)
6	34(3.4)	32(3.2)	32(3.2)	29(2.9)	28(2.8)	3.5	33(3.3)
7	34(3.4)	32(3.2)	32(3.2)	2.9(2.9)	29(2.9)	3.6	35(3.5)
8	35(3.5)	34(3.4)	33(3.3)	32(3.2)	32(3.2)	3.8	37(3.7)
9	35(3.6)	35(3.5)	34(3.4)	34(3.4)	33(3.3)	3.8	37(3.7)

Skim latex age (day)	Value of C-PAM (181, 100) + 10% H ₂ SO ₄ (ml)					98% H ₂ SO ₄ (ml)	10% H ₂ SO ₄ (ml)
	0.25 g	0.50 g	0.75 g	1.00 g	1.25 g		
1	22(2.2)	22(2.2)	20(2.0)	17(1.7)	17(1.7)	2.7	25(2.5)
2	23(2.3)	22(2.2)	20(2.0)	17(1.7)	17(1.7)	2.7	25(2.5)
3	23(2.3)	23(2.3)	23(2.3)	20(2.0)	20(2.0)	2.7	25(2.5)
4	25(2.5)	23(2.3)	23(2.3)	20(2.0)	20(2.0)	3.0	29(2.9)
5	25(2.5)	24(2.4)	23(2.3)	23(2.3)	23(2.3)	3.0	29(2.9)
6	31(3.1)	31(3.1)	29(2.9)	28(2.8)	27(2.7)	3.5	33(3.3)
7	32(3.2)	31(3.1)	29(2.9)	28(2.8)	28(2.8)	3.6	35(3.5)
8	32(3.2)	32(3.2)	31(3.1)	31(3.1)	30(3.0)	3.8	37(3.7)
9	34(3.4)	34(3.4)	34(3.4)	33(3.3)	33(3.3)	3.8	37(3.7)

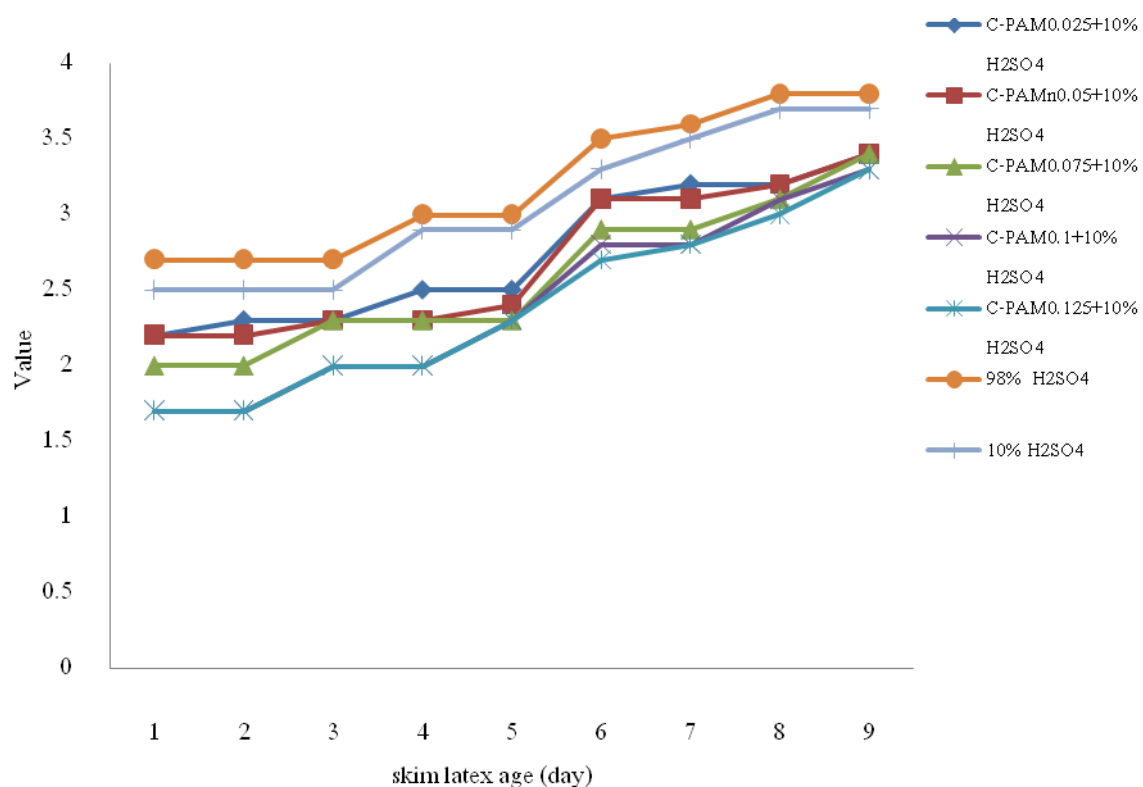
หมายเหตุ : ตัวเลขภายในวงเล็บ คือ ปริมาตรกรดที่ใช้ในการจับตัวเมื่อคิดเทียบเป็นกรดเข้มข้น 98 %



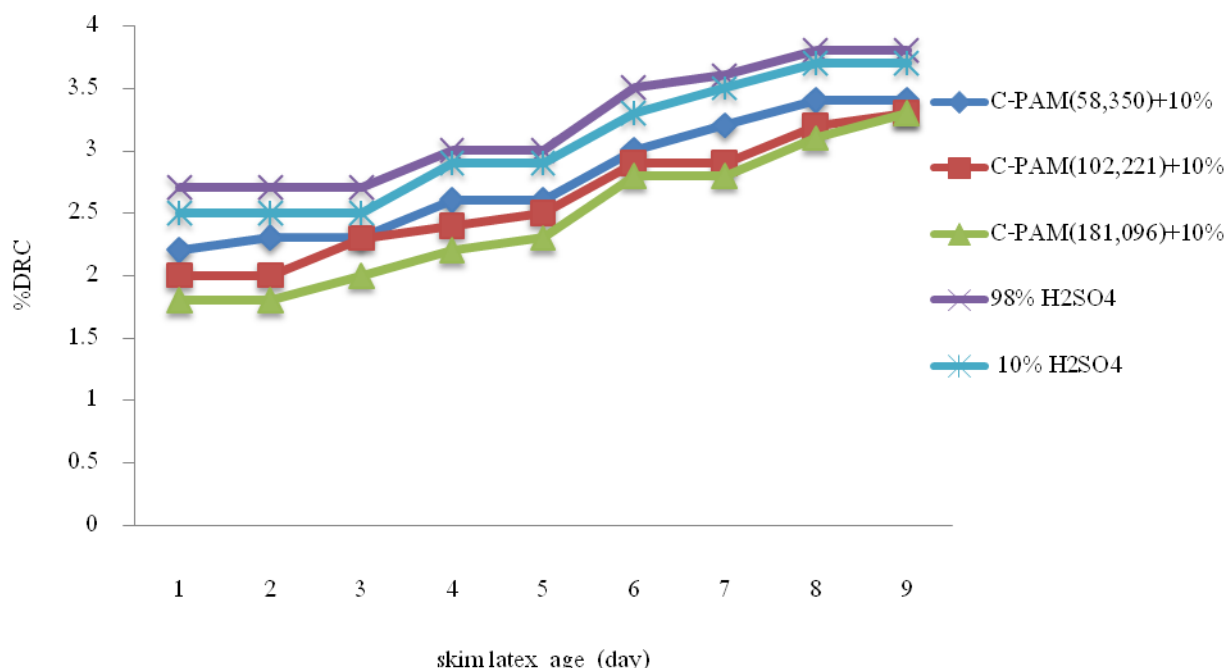
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซัลฟิวริก 10 % ที่ใช้ในการจับตัวน้ำยางสกิน เมื่อใช้ร่วมกับสารช่วยจับตัว C-PAM (58,350) ในปริมาณต่างกัน เปรียบเทียบกับน้ำยางสกินที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% หรือ 98% อย่างเดียว



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซัลฟิวริก 10 % ที่ใช้ในการจับตัวน้ำยางสกิม เมื่อใช้ร่วมกับสารช่วยจับตัว C-PAM (102,220) ในปริมาณต่างกัน เปรียบเทียบกับน้ำยางสกิมที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% หรือ 98% อย่างเดียว



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซัลฟิวริก 10 % ที่ใช้ในการจับตัวน้ำยางสกิม เมื่อใช้ร่วมกับสารช่วยจับตัว C-PAM (181,100) ในปริมาณต่างกัน เปรียบเทียบกับน้ำยางสกิมที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% หรือ 98% อย่างเดียว



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซัลฟิวริก 10 % ที่ใช้ในการจับตัวน้ำยางสกิน เมื่อใช้ร่วมกับ สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ในปริมาณสาร 0.1 กรัม สารช่วยจับตัว C-PAM (58,350) เปรียบเทียบกับน้ำยางสกินที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริก 10% หรือ 98% อย่างเดียว

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 1-4 อิทธิพลของชนิดสาร ปริมาตร 10% H₂SO₄ ที่ใช้ร่วมจับน้ำยางสกิน และปริมาณสารในการช่วยจับตัวน้ำยางสกินโดยใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิด ได้แก่ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) C-PAM (181,100) ในปริมาณ 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25 กรัม (ใช้น้ำยางสกิน 100 กรัม) ร่วมกับปริมาณสารละลาย 10% H₂SO₄ พบว่าผลการใช้สารช่วยในการจับตัวน้ำยางสกินทั้ง 3 ชนิด ที่ปริมาณ 0.1 และ 0.125 กรัม สามารถใช้ร่วมกับ 10% H₂SO₄ ในจับตัวน้ำยางสกินได้ปริมาณน้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบกับน้ำยางสกินที่จับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄ โดยน้ำหนักอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของน้ำยางสกิน จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา น้ำยางสกินต้องใช้ปริมาณสารละลาย 10% H₂SO₄ ในการจับตัวน้ำยางสกินที่ปริมาณมากขึ้นและพบว่า ปริมาตรสารละลาย 10% H₂SO₄ ที่ใช้ร่วมในการจับตัวน้ำยางสกินที่สามารถจับตัวน้ำยางสกินได้มากที่สุดคือ สารละลายพอลิเมอร์แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ C-PAM (181,0100 กรัม/โมล)

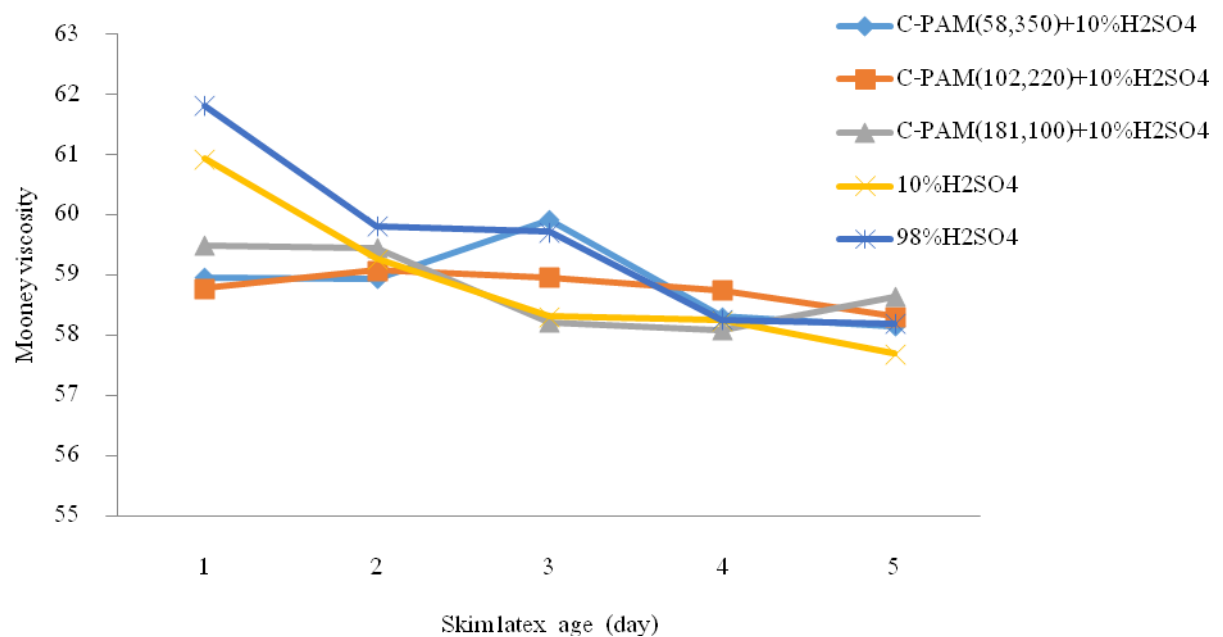
ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry rubber content) และการกลับคืนยาง (rubber recovery) ของน้ำยางสกินที่ได้จากการใช้ C-PAM น้ำหนักโมเลกุล 181,200 กรัม/โมล ปริมาณต่างๆ ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ เปรียบเทียบกับสารละลาย 98% H₂SO₄ แสดงในตารางที่ 2 และ 3 จากการทดลองพบว่าได้ปริมาณเนื้อยางมีค่าใกล้เคียงกับสารละลาย 98% H₂SO₄ และการกลับคืนยางอยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 99-100 ในขณะที่การใช้สารละลาย 10% H₂SO₄ เพียงอย่างเดียวได้การกลับคืนยางอยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 86-97

ตารางที่ 2. ผลของปริมาณแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM, M.W. 181,100) ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 และสารละลาย 10% H_2SO_4 , 98% H_2SO_4 ต่อปริมาณเนื้อมะพร้าวที่น้ำยางสกิมที่มีอายุต่างๆ

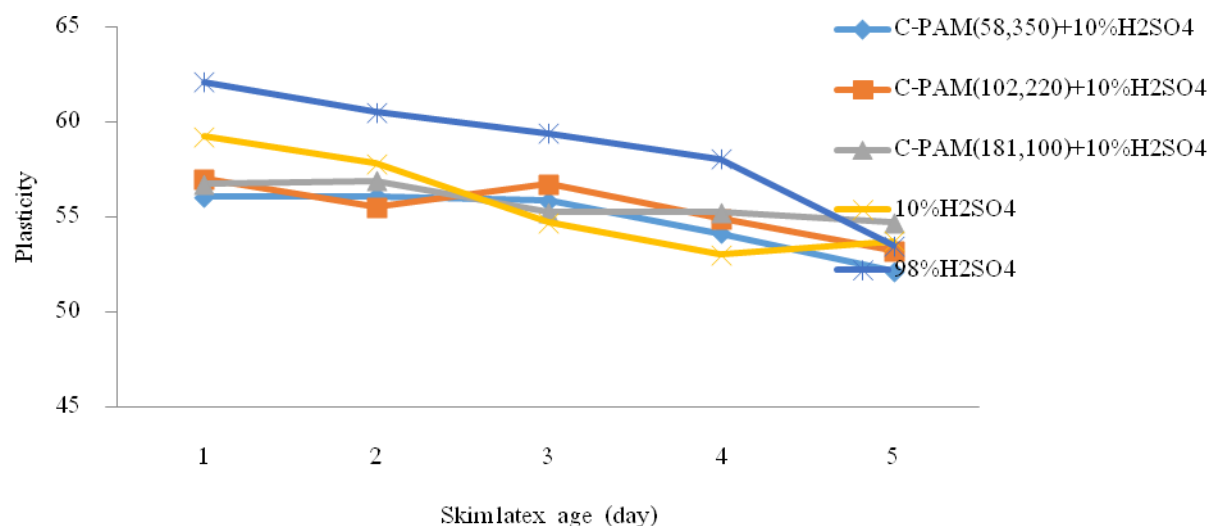
Skim latex age (day)	%DRC (Quantity of C-PAM (181,100) + 10% H_2SO_4) (170 ml)					98% H_2SO_4 (27ml)	10% H_2SO_4 (170ml)
	0.25 g	0.50 g	0.75 g	1.00 g	1.25 g		
1	7.30	7.35	7.39	7.44	7.44	7.45	7.15
2	7.20	7.35	7.40	7.42	7.43	7.45	7.10
3	7.20	7.25	7.30	7.38	7.38	7.40	7.10
4	7.10	7.20	7.25	7.30	7.30	7.30	7.05
5	7.00	7.05	7.10	7.20	7.20	7.20	7.02
6	6.30	6.70	6.98	7.05	7.05	7.10	6.30
7	6.30	6.70	6.70	6.90	6.90	6.98	6.25
8	6.15	6.65	6.78	6.90	6.92	6.95	6.00
9	5.40	5.50	5.50	5.52	5.52	5.55	5.00

ตารางที่ 3. ร้อยละยางกลับคืนจากการใช้ปริมาณ CPAM (M.W. 181,100) ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 ในการจับตัวน้ำยางสกิม

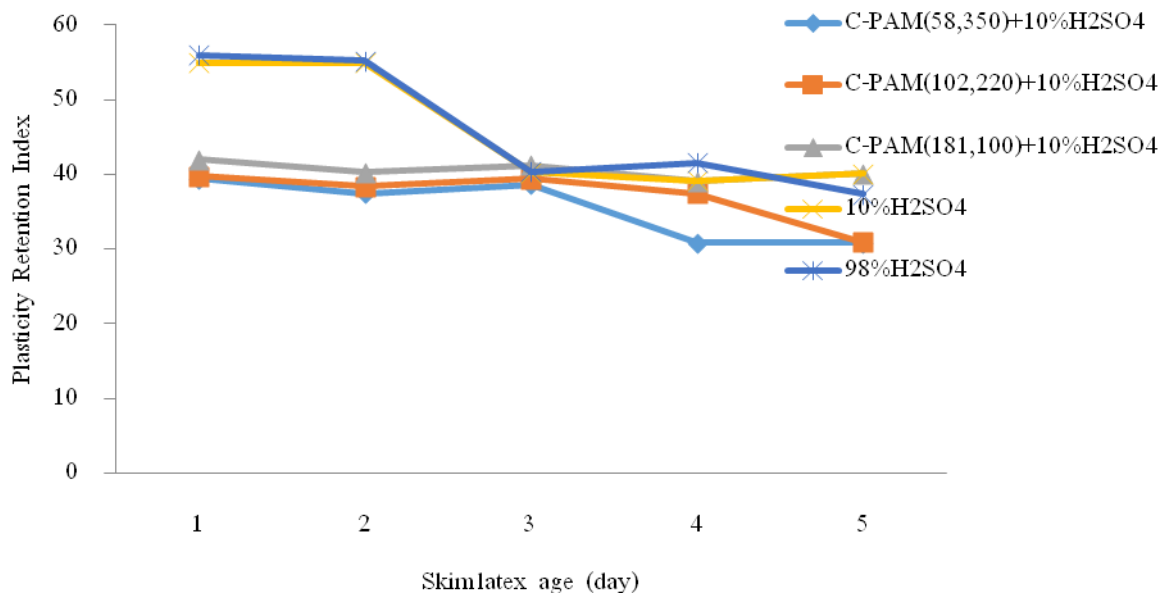
Skim latex age (day)	% Rubber recovery C-PAM (181,100) + 10% H_2SO_4 (170ml)					10% H_2SO_4 (170 ml)
	0.25 g	0.50 g	0.75 g	1.00 g	1.25 g	
1	97.98	98.65	99.19	99.87	99.87	95.97
2	96.64	98.65	99.33	99.60	99.73	95.30
3	97.30	97.97	99.32	99.86	99.86	95.94
4	97.26	98.63	99.31	100	100	96.57
5	97.22	97.92	98.61	100	100	97.50
6	88.73	94.37	98.31	99.26	99.26	88.73
7	90.26	95.99	95.99	98.85	98.85	89.54
8	88.49	95.68	97.55	99.28	99.56	86.33
9	98.18	99.10	99.10	99.63	99.63	90.10



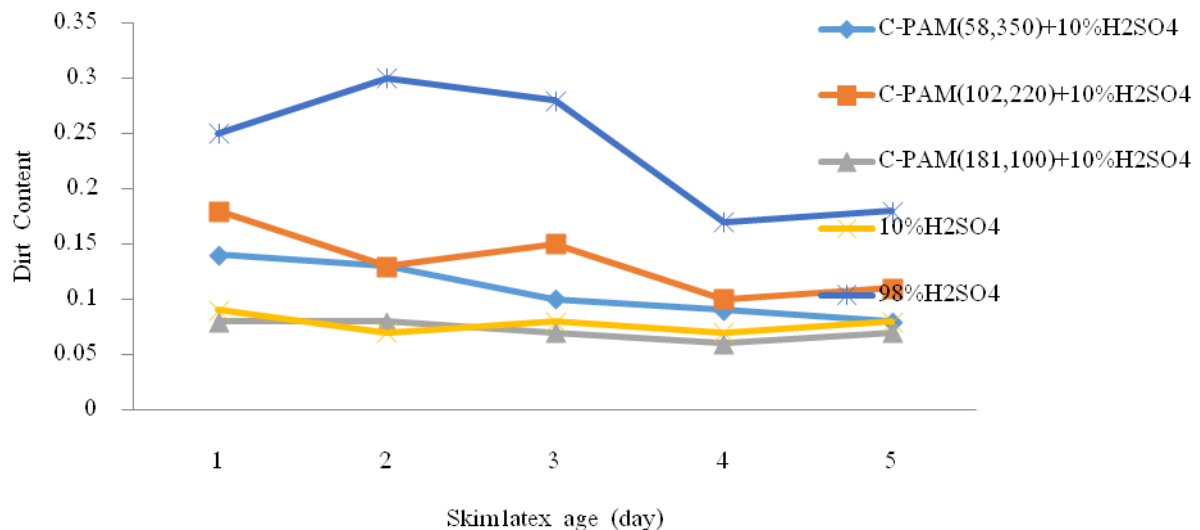
รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนีกับระยะเวลาของน้ำยางสกินหลังการจับตัวด้วยสารละลาย แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิด ได้แก่ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ เปรียบเทียบกับยางสกินที่ได้จากการจับตัวด้วย กรดซัลฟิวริก 10% และ 98% อย่างเดียว



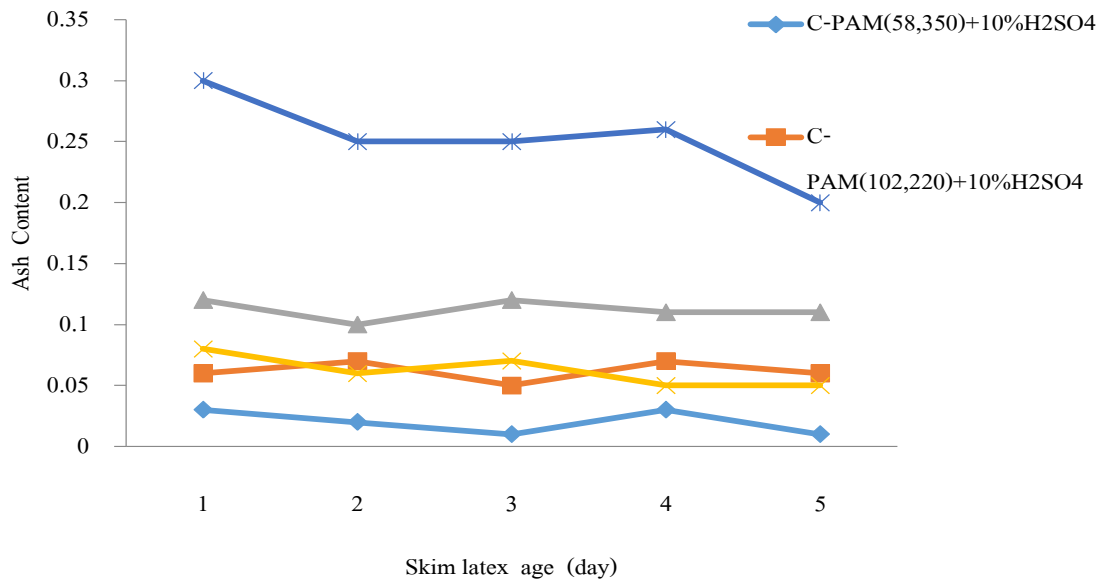
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (Po) กับระยะเวลาของน้ำยางสกินหลังการจับตัวด้วย สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิด ได้แก่ C-PAM (58,350) C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับกรดซัลฟิวริก 10% เปรียบเทียบกับยางสกินที่ได้จากการ จับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄



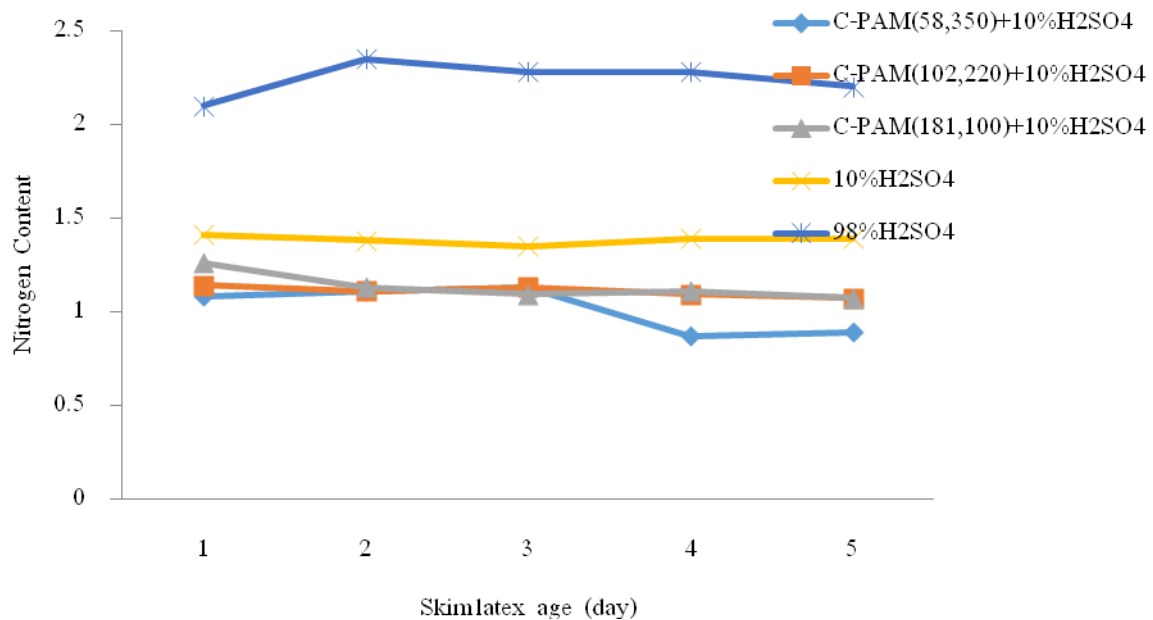
รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความอ่อนตัว (PRI) กับระยะเวลาของน้ำยางสกิมหลังการจับตัวด้วยสารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิด ได้แก่ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับกรดซัลฟิวริก 10% เปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄



รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งสกปรกกับอายุของน้ำยางสกิมของยางสกิมที่ได้จากการจับตัวด้วย C-PAM 3 ชนิด คือ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับ 10% H₂SO₄ เปรียบเทียบกับยางสกิมที่ได้จากการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄



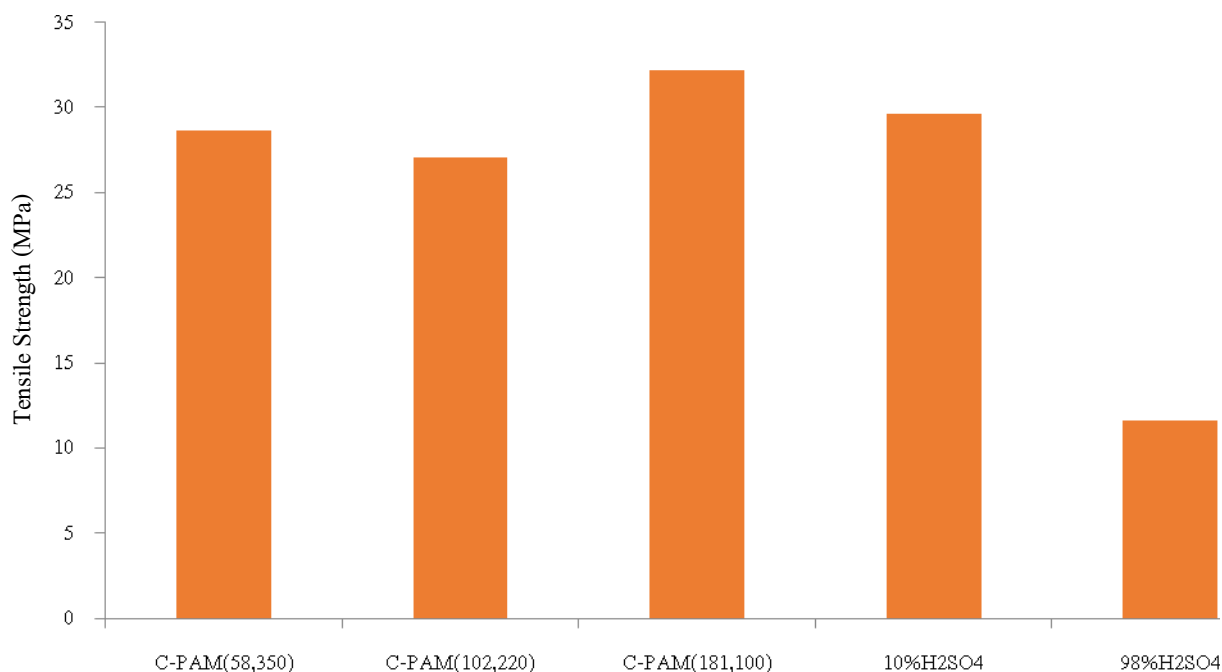
รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้ากับอายุของน้ำยางskimของยางskimที่ได้จากการจับตัวด้วย C-PAM 3 ชนิด คือ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ เปรียบเทียบกับยางskimที่ได้จากการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄



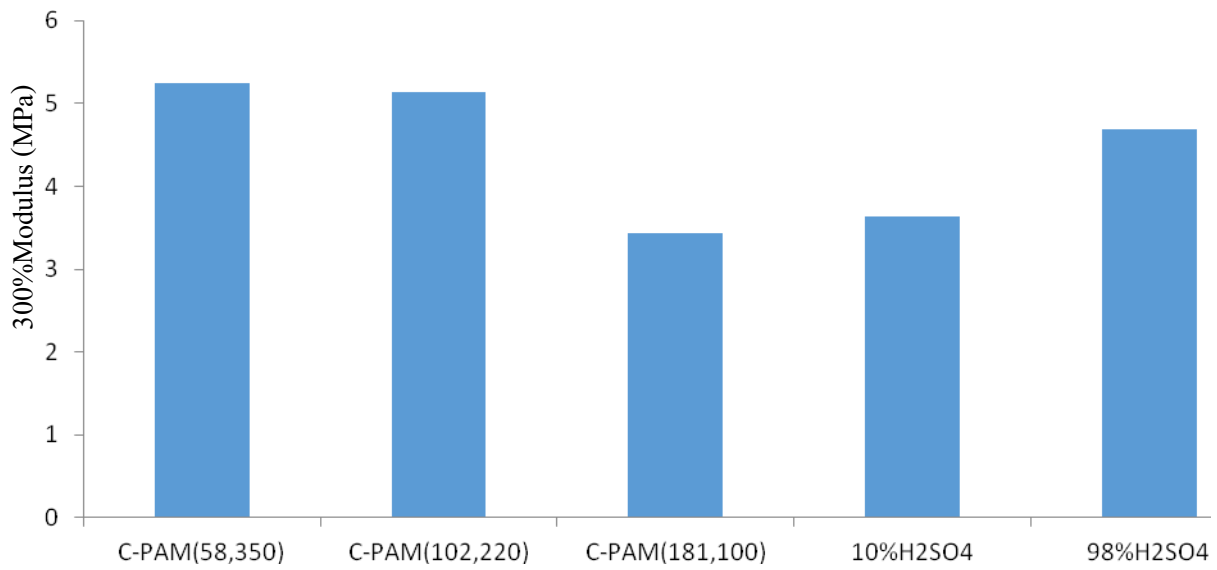
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับอายุของน้ำยางskimของยางskimที่ได้จากการจับตัวด้วย C-PAM 3 ชนิด คือ C-PAM (58,350), C-PAM (102,220) และ C-PAM (181,100) ร่วมกับ 10% H₂SO₄ เปรียบเทียบกับยางskimที่ได้จากการจับตัวด้วยสารละลาย 10%H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 5-20 พบว่ากรณีที่ใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ (C-PAM) 3 ชนิดร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 มีผลทำให้ค่าความหนืดมูนี ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น (P_0) และค่าดัชนีการอ่อนตัว (PRI) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอายุการเก็บน้ำยางสกิม เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีจับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 หรือ 98% H_2SO_4 เพียงอย่างเดียว พบว่าค่าที่ได้จากการใช้สารช่วยจับตัวน้ำยางสกิมมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากโมเลกุลของสารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ปะปนอยู่ในโมเลกุลยางทำให้เกิดเส้นไถลระหว่างโมเลกุลยางทำให้ยางมีค่าความหนืดมูนี และค่า P_0 ต่ำกว่ากรณีจับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% หรือ 98% ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานต่อการออกซิเดชันของยาง หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานกำหนดค่า PRI จะไม่ต่ำกว่า 40 ซึ่งพบว่ายางสกิมที่จับตัวโดยใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ C-PAM (181,100) ร่วมกับกรดจะมีค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) สูงที่สุดและสูงกว่ามาตรฐานกำหนด แสดงว่ายางที่ได้มีขนาดโมเลกุลค่อนข้างดีและมีสมบัติต้านทานต่อการออกซิเจนที่ค่อนข้างดีด้วย ส่วนสมบัติด้านปริมาณสิ่งสกปรก ปริมาณขี้เถ้า ปริมาณไนโตรเจนของยางสกิม พบว่ามีค่าแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาน้ำยาง โดยที่ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก จะเห็นว่าค่าที่ได้ต่ำกว่ากรณีจับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 หรือ 98% H_2SO_4

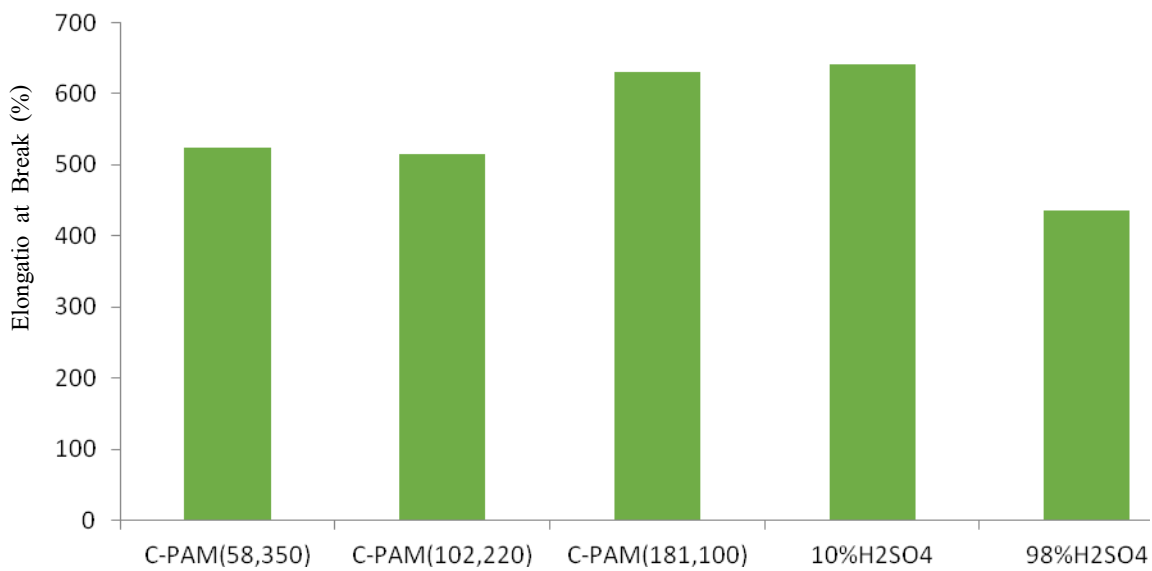
ค่าความต้านทานต่อแรงดึง โมดูลัสที่ระยะยืด 300% ความสามารถในการยืดจนขาด และความแข็งแรงของยางสกิมที่ใช้สารช่วยในการจับตัวชนิดต่างๆ แสดงในรูปที่ 21-24. จากผลการทดลองพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาด ของ C-PAM ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมล มีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 ในขณะที่ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารช่วยจับตัวอื่นๆ ส่วนค่าความแข็งแรงของยางสกิมแห้งพบว่ามีความแข็งแรงสูงสุดได้จากการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 และค่าความแข็งแรงรองลงมา คือ การใช้ C-PAM ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมล เป็นสารช่วยจับตัว ในขณะที่ความแข็งแรงของยางต่ำที่สุดเมื่อใช้สารละลาย 98% H_2SO_4 เป็นสารช่วยจับตัว



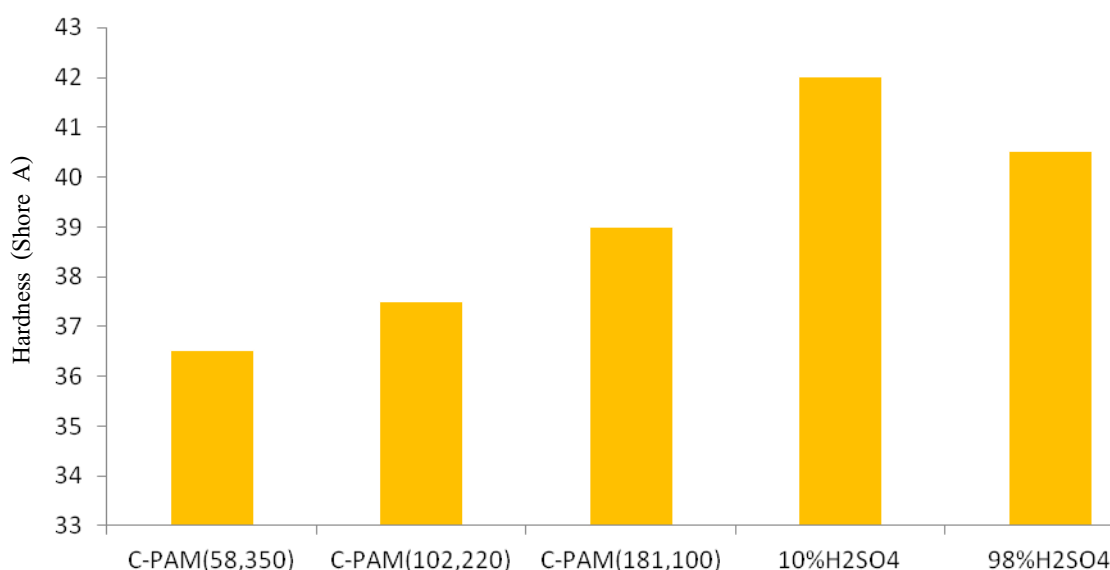
รูปที่ 21 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของยางสกิมที่ใช้สารช่วยในการจับตัวชนิดต่างๆ



รูปที่ 22 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300 เปอร์เซ็นต์ของยางสกินที่ใช้สารช่วยในการจับตัวชนิดต่างๆ



รูปที่ 23 ความสามารถในการยืดจนขาดของยางสกินที่ใช้สารช่วยในการจับตัวชนิดต่างๆ



รูปที่ 24 ค่าความแข็งของยางสกิมที่ใช้สารช่วยในการจับตัวชนิดต่างๆ

2.6 วิจัยรณผล

งานวิจัยนี้สามารถสังเคราะห์แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ของอะคริลาไมด์กับ 2-(เมทาคริลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (ซึ่งเป็นส่วนที่มีประจุบวกที่ side chain) และได้นำแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่สังเคราะห์ไปใช้เป็นสารช่วยในการจับตัวของน้ำยางสกิมร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ โดยเปรียบเทียบกับการใช้สารละลาย 10% H₂SO₄ และ 98% H₂SO₄ ที่ใช้กันทั่วไป จากการศึกษาพบว่าการใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ร่วมกับสารละลาย 10% H₂SO₄ สามารถได้อย่างกลับคืน (Rubber recovery) อยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 99-100 ในขณะที่การใช้สารละลาย 10% H₂SO₄ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันทั่วไปพบว่าได้การกลับคืนยางอยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 86-97 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงแรกประจุบวกของโคพอลิเมอร์ช่วยดึงดูดอนุภาคยางสกิมซึ่งมีประจุลบเข้ามารวมกัน หลังจากนั้นส่วนที่เป็นโปรตอนจากสารละลายกรดซัลฟิวริกช่วยดึงดูดอนุภาคยางทำให้อนุภาคยางสกิมรวมตัวกันมากกว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเพียงอย่างเดียว

ค่าความหนืดมูนี้ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และค่าดัชนีการอ่อนตัวของยางสกิมแห้งที่ได้จากการจับตัวโดยใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% มีค่าต่ำกว่าการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ หรือ 98% H₂SO₄ เช่น ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้นและดัชนีความอ่อนตัวของยางสกิมแห้งที่ได้จากการจับตัวด้วยแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลร่วมกับสารละลาย 10H₂SO₄ เท่ากับ 59 และ 56 ในขณะที่เมื่อใช้สารละลาย 10%H₂SO₄ เท่ากับ 61 และ 58 ตามลำดับ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ายางสกิมแห้งที่ใช้โคพอลิเมอร์ร่วมด้วยทนต่อการออกซิเดชันได้ดีกว่า

ปริมาณสิ่งสกปรกและเถ้าของยางสกิมมีค่าใกล้เคียงกับกรณีการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H₂SO₄ และต่ำกว่า 98% H₂SO₄ ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าการใช้สารละลายกรดทั้งสอง เช่น การที่ปริมาณไนโตรเจนซึ่งมาจากส่วนของโปรตีนในน้ำยางสกิมลดลงเมื่อใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์น่าจะเกี่ยวข้องกับโคพอลิเมอร์ช่วยให้โปรตีนในน้ำยางสกิมเข้าสู่จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point) ได้ดีขึ้น

-ความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาดของแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลที่ใช้ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 มีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 ในขณะที่ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ 10% H_2SO_4 และ 98% H_2SO_4 เป็นสารช่วยจับตัว แสดงว่าแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ไม่ทำให้โครงสร้างของยางธรรมชาติ (ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน) ในยางสกิมเปลี่ยนแปลง ส่วนการที่ค่าโมดูลัสต่ำสุด อาจเป็นเพราะกรดซัลฟิวริกอาจทำให้โครงสร้างของยางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป เช่นกลายเป็นยางไซโคลซีโดยเฉพาะกรณีการใช้ 98% H_2SO_4 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งต่ำกว่าการใช้กรด

2.7 สรุปผล

แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์คือ พอลิอะคริลาไมด์-2-(เมทาคริโลอิลออกซีเอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ สามารถสังเคราะห์จากอะคริลาไมด์และ 2-(เมทาคริโลอิลออกซี เอทิล) ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยพอลิเมอร์เชชันแบบสารละลายโดยใช้โพแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุล 58,350, 102,220 และ 181,100 กรัม/โมล ได้จากการใช้ อะคริลาไมด์:2-(เมทาคริโลอิลออกซี เอทิล) ไตรเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์ 0.80:20, 0.80:0.20 และ 0.90:0.10 (โมล/ลิตร) โพแตสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.01 โมล/ลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมงตามลำดับ

การใช้แคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ชนิด 1.0 กรัมที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลร่วมกับสารละลาย 10% กรดซัลฟิวริกในน้ำยางสกิม 100 มิลลิลิตรพบว่าน้ำยางสกิมที่อายุการเก็บ 7 วัน ได้ปริมาณเนื้อยางแห้งและเนื้อยางกลับคืนสูงสุดเท่ากับ 6.90% และ 98.85% ในขณะที่การใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 6.25% และ 89.54% ตามลำดับ

การใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ 3 ชนิดร่วมกับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10% มีผลทำให้ค่าความหนืดมูนิ ค่าความอ่อนตัวเริ่มต้น และค่าดัชนีการอ่อนตัวต่ำกว่าการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 หรือ 98% H_2SO_4

ปริมาณสิ่งสกปรกและเถ้าของยางสกิมมีค่าใกล้เคียงกับกรณีการจับตัวด้วยสารละลาย 10% H_2SO_4 และต่ำกว่า 98% H_2SO_4 ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่าการใช้สารละลายกรดทั้งสอง

ความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาดของแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 181,100 กรัม/โมลที่ใช้ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 มีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 ในขณะที่ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลาย 10% H_2SO_4 และ 98% H_2SO_4 เป็นสารช่วยจับตัว

2.9 เอกสารอ้างอิง

1. พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. ยาง : เทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
2. ศิวโรดม บุญราศี. 2542. การแก้ปัญหาการไม่จับตัวของน้ำยางสกิมจากการทำน้ำยางข้น. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต เทคโนโลยีพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

3. Abdollah, Z., Frounchi, M. and Dadbin, S. Synthesis, Characterization and Comparison of PAM, Cationic PDMC and P(AM-co-DMC) based on Solution Polymerization. *J. Ind. Eng. Chem.*, 2011, 17, 580.
4. Danwanichakul, P., Werathirachot, R., Kongkaew, C. and Loykulnant, S. Coagulation of Skim Natural Rubber Latex using Chitosan or Polyacrylamide as an Alternative to Sulfuric acid. *Eur. J. Sci. Res.*, 2011, 62, 537.
5. Kongkaew, C., Dokkham, C. and Loykulnant, S. 2010. 12th International Seminar on Elastomers 2010 and 2nd Thailand-Japan Rubber Symposium. The Holiday Inn Resort Regent Beach Cha-Am, Cha-Am, Thailand, March 8-11, 2010, 143-144.
6. Moonprasit, N., Loykulnant, S. and Kongkaew, C.. Use of Hydroxypropylmethyl Cellulose as Thermo-Responsive Flocculant in Skim Natural Rubber Latex. *Adv. Mat. Res.* 2008, 55-57, 913.
7. Werathirachot, R., Danwanichakul, P., Kongkaew, C. and Loykulnant, S.. Water Soluble as an Environment-Friendly Coagulant in Removal of Rubber Particle from Skim Rubber Latex. *J. Met. Mat. Mins.*, 2008, 18(2), 93.
8. http://spretread.blogspot.com/2006/10/blog-post_25.html [30/12/2010].
9. <http://www.rubberthai.com/research/year/5-6%20jun52/4.pdf> [30/12/2010].
10. <http://www.mtec.or.th/index.php/login> [08/09/2014].
11. www.nstd.or.th/nsth-r-and-d/10984-grass-1 [20/10/2014]

ภาคผนวก 1

ตาราง: ค่า BOD และ COD ของน้ำทิ้งที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิมด้วยสารช่วยจับตัวชนิดต่างๆ

Coagulants	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
C-PAM(58,350)+10% H_2SO_4	18,200	30,400
C-PAM(102,220)+10% H_2SO_4	24,000	40,000
C-PAM(181,100)+10% H_2SO_4	33,600	56,000
10% H_2SO_4	27,840	46,400
98% H_2SO_4	37,440	62,400

จากตารางพบว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการจับตัวน้ำยางสกิมโดยใช้สารช่วยจับตัวร่วมกับกรด มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด จึงจำเป็นต้องบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำ จะเห็นว่าจากการจับตัวน้ำยางสกิมโดยใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ C-PAM(58,350) ร่วมกับกรด จะมีค่า BOD และ COD ต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาความขุ่นของน้ำ พบว่า การใช้สารละลายแคตไอออนิกพอลิอะคริลาไมด์ C-PAM(181,100) ร่วมกับกรด มีแนวโน้มค่าความขุ่นต่ำเมื่อเทียบกับกรณีการใช้ 98% H_2SO_4 เพียงอย่างเดียว เนื่องจากมีปริมาณเนื้อยางปนอยู่ในส่วนเซรัมปริมาณน้อย

ภาคผนวก 2

สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อร่างรายงานของโครงการ
 “การสังเคราะห์พอลิเมอร์อะคริลาไมด์-2-(เมทาครีโลอิลออกซี) เอทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์เพื่อ
 ใช้เป็นสารจับตัวในน้ำยางสกิมที่มีคุณภาพดี”
 สัญญาเลขที่ RDG55450092

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	ชี้แจงโดยนักวิจัย
<u>ข้อคิดเห็นด้านการพิมพ์</u> 1. หัวตารางที่ 2 และ 3 เป็นภาษาอังกฤษ ส่วนตารางที่ 1 เป็นภาษาไทย ขอให้แก้ไขเป็นรูปแบบเดียวกัน 2. การเขียนเอกสารอ้างอิงยังไม่ถูกต้องนัก ขอให้แก้ไข 3. แก้ไขสัดส่วนของ MAETAC-AM ในหน้า 7 ให้เหมือนกับที่เขียนในหน้า 6	1. ได้ดำเนินการแก้ไขหัวตารางที่ 2 และ 3 ให้เป็นภาษาไทยเหมือนกันทั้งหมดแล้ว 2. แก้ไขแล้ว 3. แก้ไขแล้ว
<u>ความเห็นด้านวิชาการ (Technical)</u> 1. นักวิจัยไม่ได้ follow กิจกรรมตามที่เสนอไว้ ตัวอย่างเช่น รายงานวิธีการวิจัย (2.4.7) หลายประเด็นที่ไม่มีผลของการวิจัย/ทดสอบ 2. โครงการยังไม่ได้ข้อสรุปที่ตอบวัตถุประสงค์/ชื่อโครงการได้ 3. ขาดการศึกษา copolymer อย่างเดียวในการจับตัวยางสกิม โดยไม่ต้องใช้ร่วมกับ H_2SO_4	1. ได้ตัดหัวข้อที่ไม่ได้รายงานผลออกแล้วได้แก่ การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid content) เนื่องจากได้รายงานค่าปริมาณเนื้อยางแห้ง (dried rubber content) แล้ว และตัดการหาปริมาณแอมโมเนีย ออก 2. เนื่องจากบาง parameter ของยางสกิมแห้งที่ได้จากการจับตัวด้วย CPAM ร่วมกับสารละลาย H_2SO_4 ยังมีสมบัติดีกว่ายางสกิมที่จับโดย 98% H_2SO_4 ซึ่งมักใช้กันทั่วไปในการจับตัวน้ำยางสกิม (เช่น ปริมาณสิ่งสกปรก เถ้าและไนโตรเจนต่ำกว่า นอกจากนี้มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงและระยะยืดจนขาดสูงกว่า แต่ค่ามอดูลัสและความแข็งแรงต่ำกว่า) จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าได้ยางสกิมที่มีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามได้ได้ปรับปรุงสรุปผลจากเดิมแล้ว (หน้า 27 ย่อหน้า 3) 3. ไม่ได้ดำเนินการเนื่องจากการใช้ copolymer อย่างเดียวกวนกับน้ำยางสกิมเป็นเวลา 30 นาทีแล้ววางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงพบว่ายางเพียงแยกชั้นออกจากซีรัมแต่ไม่สามารถตกลงสู่ก้นภาชนะได้ จึงต้องเติมสารละลาย 10% H_2SO_4 ลงไปจึงทำให้ยางรวมตัวเป็นก้อนได้

4. ขาดประเด็นคำแนะนำการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ จะดำเนินการอย่างไร เช่น สัดส่วนเท่าไร (ppm) ต้นทุนเท่าไร 5. การศึกษาสมบัติน้ำเสีย ควรอยู่ในภาคผนวก 6. การศึกษา cationic polymer เป็นสารช่วยจับตัวยางสกิน เพื่อที่จะลดหรือไม่ใช้กรด H_2SO_4 เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและคุณภาพของยางสกิน อย่างไรก็ตามควรศึกษาเน้นเฉพาะ copolymer เพียงอย่างเดียว โดยเปรียบเทียบกับ H_2SO_4 และ polyacrylamide ที่จำหน่ายโดยทั่วไป และควรรายงานเป็น ppm มากกว่าเป็นกรัม	4. ไม่ได้คำนวณต้นทุนเนื่องจากศึกษาหลาย parameter โดยเฉพาะขั้นตอนการศึกษาสมบัติของยางสกินแห้งซึ่งใช้สารเคมีค่อนข้างมาก จึงทำให้มีความซับซ้อนในการคำนวณต้นทุน อย่างไรก็ตามได้นำผลงานวิจัยไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 40 ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อวันที่ 1-4 ธันวาคม 2557 (ภาคผนวก 3) 5. ได้แสดงผลในภาคผนวก 1 แล้ว 6. การใช้ copolymer อย่างเดียวในการจับตัวน้ำยางสกิน ทำให้ง่ายจับตัวได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามการใช้ร่วมกับสารละลาย 10% H_2SO_4 ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้สารละลาย 98% H_2SO_4 ที่โรงงานทั่วไปมักใช้เพราะจับตัวน้ำยางสกินได้ง่าย (โดยไม่ค่อยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม)
<u>ข้อเสนอแนะ</u> 1. ควรเปรียบเทียบกับเกรดทางการค้าที่มีจำหน่ายทั่วไป	1. ไม่ได้เปรียบเทียบเกรดทางการค้า เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่ได้มาเป็นของเหลว ไม่ได้ระบุความเข้มข้นจึงไม่สามารถคำนวณปริมาณที่แท้จริงได้ นอกจากนี้ขออนุญาตไม่ดำเนินการเปรียบเทียบเนื่องผู้วิจัยซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทในโครงการได้กลับไปรายงานตัวที่ต้นสังกัดเดิมแล้ว

ภาคผนวก 3

ผลงานเผยแพร่ผลงาน

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 40

2-4 ธันวาคม 2557

Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid

จังหวัดขอนแก่น

(SEM) and the transmission electron microscopy (TEM). The results showed that it was possible to obtain ultrathin cellulose nanowhiskers with diameters as low as 9 nm. A possible correlation between preparation conditions and particle size was not observed but the time required in the case of titration technique was greatly reduced comparing with that required in the case of dialysis technique. (abstract only)

D_D0062: PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF ACID ORANGE 7 AND METHYLENE BLUE BY 0.25-1.00% Sm-DOPED ZnO

Yongyut Yuenyao,* Apisit Songsasen, Boontana Wannalerse

Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*e-mail: yongyutpp@hotmail.com

Abstract: 0.25, 0.50, 0.75, 1%Sm-doped ZnO and undoped ZnO photocatalysts were prepared by precipitation method, using Zincacetate dihydrate as a zinc precursor, Samarium(III)nitrate hexahydrate as a samarium precursor. The efficiency of the prepared photocatalysts were examined for the UV light induced degradation of acid orange 7 (AO7) and methylene blue (MB). The calcination temperature at 800°C for 2 h. The prepared photocatalysts were characterized by XRD, UV-Vis DRS and Raman spectroscopy. The XRD patterns indicate that photocatalysts had hexagonal wurtzite structure. To calculate the catalyst's crystallize size by Scherrer's equation were in the range of 46.19 to 52.28 nm, which depended on the amount of %Sm loaded. From UV-Vis DRS, undoped ZnO photocatalysts exhibited the band gap 3.3 eV and Sm-doped ZnO showed similar band gap at 3.01 eV (calculated from $E_g = 1239.8/\lambda$). The 0.50%mol Sm-ZnO photocatalyst that calcined at 800 °C had the highest degradation activity under UV light irradiation with 88.5 percentage of degradation 20 ppm acid orange 7. Conversely, the highest degradation 20 ppm methylene blue (MB) is 0.25%mol Sm-ZnO photocatalyst with 78.4 percent. (full paper available on CD)

D

D_D0063: SYNTHESIS OF CATIONIC POLYACRYLAMIDE BASED ON POLY[ACRYLAMIDE-2-(METHACRYLOYLOXY)ETHYL TRIMETHYL AMMONIUM CHLORIDE] COPOLYMER AS FLOCCULANT FOR SKIM NATURAL RUBBER LATEX

Fasceyah Side,¹ Pairote Klinpituksa,^{2,*} Adisai Rungwichaniwat¹

¹Department of Rubber Technology and Polymer Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand

²Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand

*e-mail: kpairote@bunga.pn.psu.ac.th

Abstract: The cationic polyacrylamide (C-PAM), poly[acrylamide-2-(methacryloyloxy) ethyl trimethyl ammonium chloride](AM-MAETAC), was synthesized from acrylamide (AM) and 2-(methacryloyloxy)ethyl trimethyl ammonium chloride (MAETAC) by solution polymerization in the presence of potassium persulfate (KPS) as an initiator at 60°C for 2 hrs. The experiments were performed by varying ratios of AM:MAETAC 0.90:0.10, 0.85:0.15, 0.80:0.20 and 0.75:0.25 (mole/L) and $K_2S_2O_8$ 0.005, 0.01 and 0.02 mole/L. The copolymer obtained was characterized by FTIR and ¹H-NMR spectroscopy. The average viscosity molecular weight of this copolymer was also calculated *via* intrinsic viscosity determining by capillary viscometer. Three types of C-PAM with average viscosity molecular weight of 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole was obtained when using ratios of AM:MAETAC 0.80:0.20, 0.80:0.20 and 0.90:0.10, KPS 0.01 mole/L for 1 hr, respectively. These C-PAMs were further used for flocculation of skim rubber latex with different storage periods. The comparison of skim rubber flocculation among three C-PAMs, 10% H₂SO₄ and 98% H₂SO₄ solutions was investigated. The flocculation investigation was performed by using the amounts of C-PAM 0.025, 0.050, 0.075, 0.10 and 0.125 g in combination with 10% H₂SO₄ solution in 100 mL of skim rubber latex. It was found that 0.10 g C-PAM with the

molecular weight of 181,100 in combination with 10% H_2SO_4 solution in 100 mL of skim latex showed the highest dry rubber content and rubber recovery as compared with using 10% H_2SO_4 only. (full paper available on CD)

D_D0064: ELECTROSPUN FIBERS AS OPTICAL SENSOR FOR NICKEL ION

Nichkamon Sattathara,¹ Nattapol Sukkaew,¹ Surangkana Martwiset^{2,3,*}

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

²Materials Chemistry Research Center, Department of Chemistry and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

³Nanotec-KKU Center of Excellence on Advanced Nanomaterials for Energy Production and Storage

*e-mail: surama@kku.ac.th

Abstract: Optical-sensing techniques have been used for detections of various analytes, including metal ions, nitrite, glucose, methane, and nitroaromatic compounds, due to their simplicity, rapid detection and low cost. Nanoscale sensing membranes have been shown to provide a higher sensitivity over thin films with the same composition. A higher sensitivity of nanoscale sensing membranes is most likely due to the high surface area-to-volume ratio. Because of the high sensitivity, ease of preparation and low cost, electrospun fibers have emerged as promising sensing tool. Electrospun fibers for nickel ion (Ni^{2+}) detection were prepared from poly(styrene-co-methyl methacrylate) (PS-co-PMMA), and dimethylglyoxime (DMG). Smooth and uniform fibers were obtained by electrospinning with a voltage of 20 kV, a working distance of 15 cm, and a flow rate of 1 mL/h (Figure 1). The average diameter of fiber was 2.054 μm . Poly(ethylene glycol)-400 (PEG) was introduced to the electrospun solution as water-soluble porogen. A slight increase in fiber size was observed upon PEG introduction. PEG was consequently removed from the fiber by immersing in water. Attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopy (ATR-FTIR) analysis confirmed a complete removal of PEG after 3 days of immersion in water. Sensing performance of the prepared fibers toward Ni^{2+} was studied. Upon immersion in 1.0 mM Ni^{2+} solution for 15 min, a pink complex of Ni(II) ion and DMG was observed by naked eye on the surface of fiber mats. The appearance of reflectance signal at 543.50 nm also confirmed the formation of $\text{Ni}(\text{DMG})_2$ complex. The effects of porous structures and DMG content on Ni^{2+} detection will be fully discussed. (abstract only)

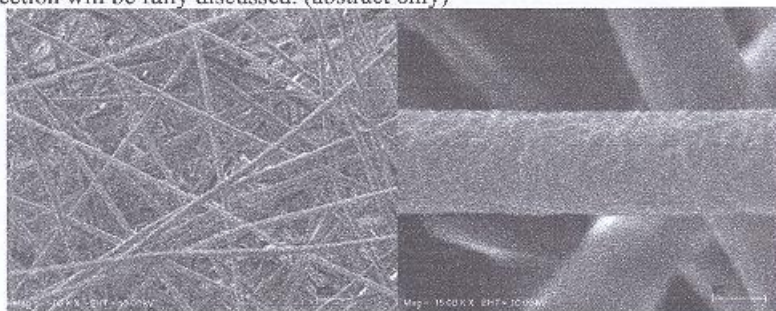


Figure 1. SEM images of as-spun PS-co-PMMA/DMG fibers. Magnification: 1k (left) and 15k (right).

D_D0065: PREPARATION AND PHYSICAL PROPERTIES OF THE MALEATED POLY (VINYL ALCOHOL)-g-GELATIN

Wattana Sukhlaaied,^{1,2} Sa-Ad Riyajan^{1,2,*}

¹Department of Materials Science and Technology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand

D_D0063: SYNTHESIS OF CATIONIC POLYACRYLAMIDE BASED ON POLY[ACRYLAMIDE-2-(METHACRYLOYLOXY)ETHYL TRIMETHYL AMMONIUM CHLORIDE] COPOLYMER AS FLOCCULANT FOR SKIM NATURAL RUBBER LATEX

Faseeyah Side,¹ Pairote Klinpituksa,^{2,*} Adisai Rungwichaniwat¹

¹Department of Rubber Technology and Polymer Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand

²Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani 94000, Thailand

*e-mail: kpairote@bunga.pn.psu.ac.th

Abstract: The cationic polyacrylamide (C-PAM), poly[acrylamide-2-(methacryloyloxy)ethyl trimethyl ammonium chloride](AM-MAETAC), was synthesized from acrylamide (AM) and 2-(methacryloyloxy)ethyl trimethyl ammonium chloride (MAETAC) by solution polymerization in the presence of potassium persulfate (KPS) as an initiator at 60°C for 2 hrs. The experiments were performed by varying ratios of AM:MAETAC 0.90:0.10, 0.85:0.15, 0.80:0.20 and 0.75:0.25 (mole/L) and K₂S₂O₈ 0.005, 0.01 and 0.02 mole/L. The copolymer obtained was characterized by FTIR and ¹H-NMR spectroscopy. The average viscosity molecular weight of this copolymer was also calculated *via* intrinsic viscosity determining by capillary viscometer. Three types of C-PAM with average viscosity molecular weight of 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole was obtained when using ratios of AM:MAETAC 0.80:20, 0.80:0.20 and 0.90:0.10, KPS 0.01 mole/L for 1 hr, respectively. These C-PAMs were further used for flocculation of skim rubber latex with different storage periods. The comparison of skim rubber flocculation among three C-PAMs, 10% H₂SO₄ and 98% H₂SO₄ solutions was investigated. The flocculation investigation was performed by using the amounts of C-PAM 0.025, 0.050, 0.075, 0.10 and 0.125 g in combination with 10% H₂SO₄ solution in 100 mL of skim rubber latex. It was found that 0.10 g C-PAM with the molecular weight of 181,100 in combination with 10% H₂SO₄ solution in 100 mL of skim latex showed the highest dry rubber content and rubber recovery as compared with using 10% H₂SO₄ only.

Introduction: Cationic Polyacrylamide (Cationic PAM) is the copolymer of cationic monomer (DM, DMC, CPF, DMDAAC and DMAEMA, etc.) and acrylamide. It is white fine grains or powder made through grain making, drying and grinding.¹ Most of C-PAMs are used as flocculant in water treatment because of characteristics with consumption, better effect and lower cost than other flocculant. Especially, it has better to be used together with other inorganic flocculants.¹

There have been reported for preparation and its utilization of various kinds of C-PAM. The disperse copolymerization of acrylamide (AM) with 2-methylacryloyloxyethyl trimethyl ammonium chloride (DMC) had been carried out in aqueous salts solution containing ammonium sulfate and sodium chloride with poly (acryloyloxyethyl trimethyl ammonium chloride) (PDCA) as the stabilizer and 2,2'-azobis[2-(2-inidazolin-2-yl)propane]-ditydro chloride (VA-044) as the initiator. The results show that varying the salt concentration could effect the morphology and molecular weight of the resultant copolymer particles significantly.³

Inverse emulsion copolymerization of (2-methacryloyloxyethyl) trimethyl ammonium chloride with acrylamide initiated with potassium per sulfate has been studied dilatometrically.⁴ Aqueous monomer solutions were emulsified in kerosene with two surfactants (Span80 and OP10). It was shown that the optimized condition depend upon the initiator concentration, monomer compositions and emulsifier concentration.

High molecular weight homopolymers of acrylamide (PAM) and (2-methacryloyloxyethyl) trimethyl ammonium chloride (PDMC) and copolymer of DMC with acrylamide (P(AM-co-DMC)) were synthesized using solution polymerization technique. The synthesized polymers were characterized by Fourier transform infrared (FTIR), $^1\text{H-NMR}$ and $^{13}\text{CNMR}$ studies confirmed the structure of the synthesized polymers. The behavior of the synthesized polymers was investigated in water-acetone and water-methanol mixtures.⁵

Cationic polyacrylamide (C-PAM) was synthesized by aqueous two-phase polymerization technique using acrylamide (AM) and dimethylaminoethyl methacrylate methyl chloride (DMC) as raw materials, aqueous polyethylene glycol 20000 (PEG 20000) solution as dispersant, 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride (V-50) as initiator and poly(dimethylaminoethyl methacrylate methyl chloride) (PDMC) as stabilizer. The polymer was characterized by infrared (IR) spectroscopy, $^1\text{H-NMR}$ spectrum and transmission electron microscopy (TEM). The optimum reaction condition for obtaining a stable CPAM aqueous two-phase system were monomers concentration 8-15% PEG 20000 concentration 15-25%, and PDMC concentration 0.5-1.5%.⁶

In case of application of C-PAM for skim rubber latex, the chosen coagulants were chitosan in acetic acid solutions, sulfuric acid solution and cationic polyacrylamide solution. It was found the pH adjustment to neutral seemed to be the key factor to increase the performance of coagulation-flocculation process.²

There were studies on the use of cationic polyacrylamide (C-PAM) commercially in the skim rubber latex's coagulation. It appeared that the coagulation is better. This was done by lower the rubber latex's pH. Then add C-PAM and increase the basic to better the rubber latex storage. Additionally, the skim rubber collected in a short period can coagulate better when sodium laurylsulfate soap was added before adding C-PAM.² Moreover, water soluble chitosan was used for the coagulation-flocculation of skim natural rubber latex.⁶

The aims of this work was to synthesized The cationic polyacrylamide, poly[acrylamide-2-(methacryloyloxy) ethyl trimethyl ammonium chloride], the from acrylamide and 2-(methacryloyloxy)ethyl trimethyl ammonium chloride by solution polymerization in the presence of potassium persulfate as an initiator. The C-PAMs obtained were further used for flocculation of skim rubber latex with different storage periods. The comparison of skim rubber flocculation amongs these C-PAMs, 10% H_2SO_4 and 98% H_2SO_4 solutions was also investigated.

Methodology:

Synthesis of AM-MAETAC copolymer

0.10-0.25 mole (26.10-64.9 g) MAETAC and 0.90-0.75 mole (63.9-53.3 g) AM were dissolved in 1 L distilled water and poured into a five-necked reactor, equipped with mechanical stirrer, dropping funnel and N_2 inlet tube, immersing in water bath at 60°C . Afterwards, 0.005-0.02 mole (1.4-5.4 g). $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ was added and stirred at 120 rpm for 2 hrs. The reaction mixture was precipitated in acetone, washed several times with acetone and placed it at room temperature until it dried.

Characterization of AM-MAETAC copolymer

The AM-MAETAC copolymers obtained were characterized by FTIR spectrophotometer (BRUKER/TENSOR 27) and $^1\text{H-NMR}$ spectrophotometer (Fourier Transform NMR spectrometer 500 MHz, Unity Varian).

Molecular weight determination

The average viscosity molecular weight ($\overline{M}_v$) of copolymer obtained was calculated using Mark-Houwink equation, $[\eta] = k\overline{M}_v^a$ ($a=0.73$, $k=1.05 \times 10^{-4}$ at 25°C).⁵ The intrinsic

viscosity, $[\eta]$, was first determined by capillary viscometer (Fensky Viscometer) using 0.1M NaCl solution as solvent.

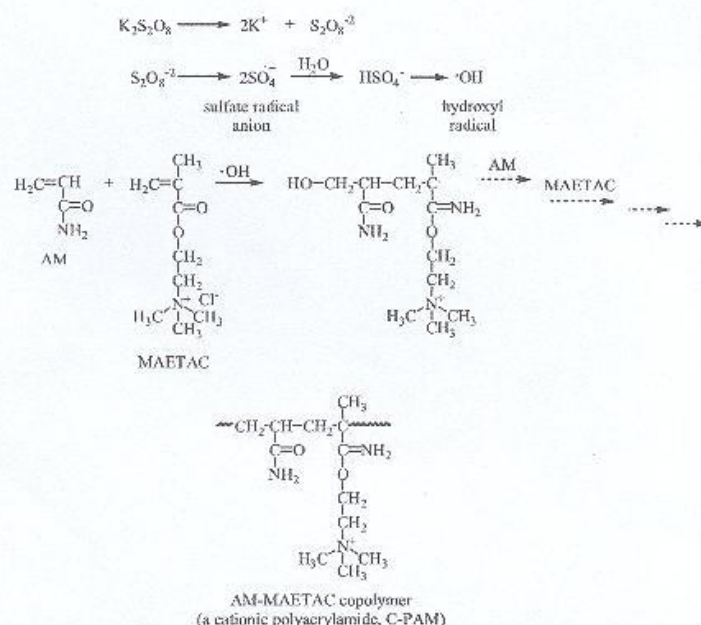
Flocculation of skim rubber latex by AM-MAETAC copolymer

The skim rubber latex was prior filtered using 80 mesh sieve and was then determined its initial basic properties in term of pH, dry rubber content and total mass content. Three C-PAMs of molecular weight 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole were used for flocculation of skim rubber latex. The experiments were performed by stirring these copolymers (0.025-0.125 g) with 100 mL skim rubber latex at the speed of 120 rpm for 30 min and left them in closed containers at room temperature for 24 hr. The 10% H_2SO_4 solution was subsequently added by measuring the volume of acid used for rubber recovery in duration of 9 days. The rubber recovery of skim rubber latex as compared with 10% H_2SO_4 and 98% H_2SO_4 solutions alone was also investigated.

Results and Discussion:

Synthesis of AM-MAETAC copolymer

The AM-MAETAC copolymer was synthesized from AM and MAETAC in the presence of KPS as an free radical initiator. This reaction occurred first by thermal decomposition of KPS resulted in sulfate radical anion which further reacted with water to obtain secondary hydroxyl radical. This radical attached to AM and MAETAC monomers in propagation and termination for formation of copolymer. A possible reaction mechanism for formation of AM-MAETAC copolymer was illustrated in Scheme 1.



Scheme 1 A possible reaction mechanism for formation of AM-MAETAC copolymer.

Characterization of AM-MAETAC copolymer

The AM-MAETAC copolymer obtained was confirmed by FTIR spectrum (Figure 1). The adsorption bands were found at 3346.66, 1658.93, 1454.78, 1724.44, 1045.96 and 925.98 cm^{-1} are attributed to $-\text{NH}_2$ ($\text{C}=\text{O}$), $-\text{C}=\text{O}$ (amide), $-\text{CH}_2$, $\text{C}=\text{O}$ (esters), $\text{C}-\text{O}$ (esters) and $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$, respectively.

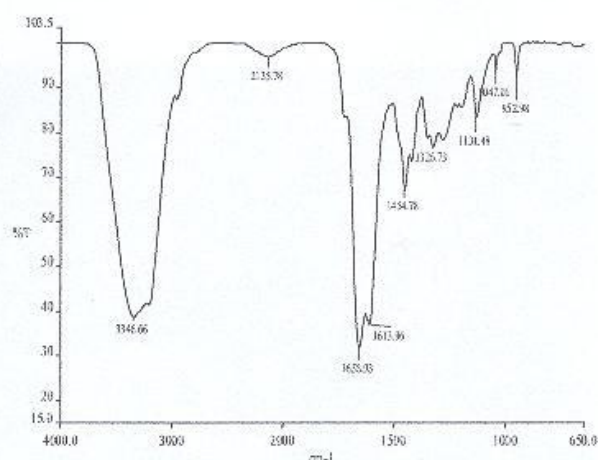


Figure 1. FTIR spectrum of AM-MAETAC copolymer with average viscosity molecular weight of 181,100 g/mole (Reaction condition: AM/MAETAC 0.90/0.10 (mole/L), 0.01 mol/L $K_2S_2O_8$ at 60°C for 1 hr).

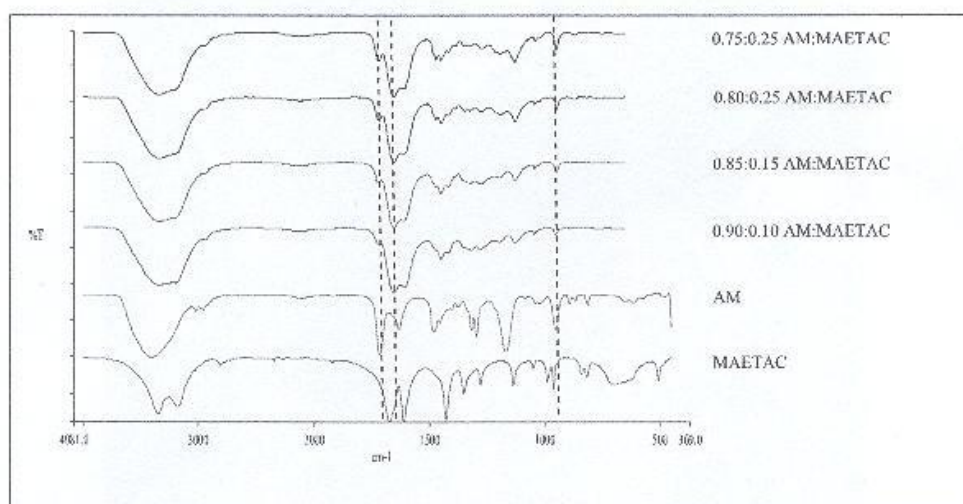


Figure 2. Infrared spectrum of monomers and copolymer at the proportion of various AM to MAETAC ratios and 0.01 mol/L $K_2S_2O_8$.

Figure 2 illustrated the variation of FTIR spectrum of AM-MAETAC copolymer obtaining by varying various proportion of AM to MAETAC of 0.75-0.25, 0.80-0.20, 0.85-0.15, 0.90-0.10, as compared with monomers. It revealed that the intensity of principale adsorption bands at about 1724, 1648 and 950 cm^{-1} which is attributed to C=O ester, C=O amide and $-N^+(CH_3)_3$ stretching depend on AM to MAETAC ratios.

¹H-NMR spectroscopy of AM-MAETAC copolymer

The important signals in 1H -NMR of AM-MAETAC copolymer were confirmed by appearance of signals at 2.14 and 3.13 ppm attributed to proton of $-CH$ (b) for acrylamide and of $-(CH_3)_3$ (g) for quaternary ammonium salt of MAETAC, respectively (Figure 3).

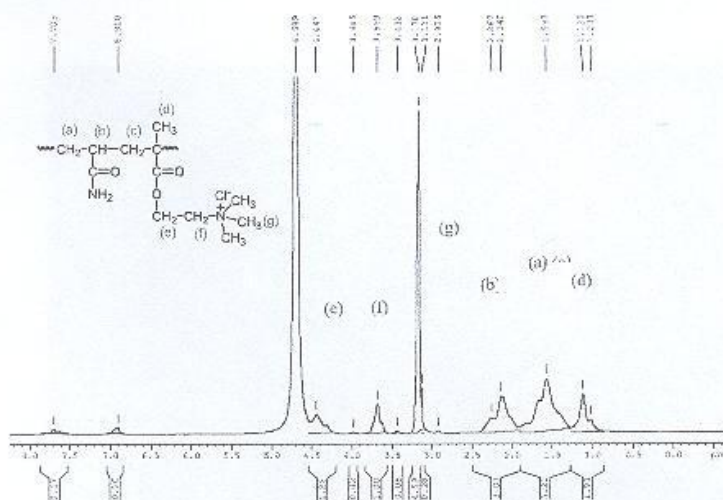


Figure 3. ^1H -NMR signal of AM-MAETAC copolymer with average viscosity of 181,100 g/mol (Reaction condition: AM/MAETAC 0.90/0.10 (mole/L), 0.01 mol/L $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ at 60°C for 1 hr).

Molecular weight of AM-MAETAC copolymer (C-PAM)

The average viscosity molecular weight ($\overline{M}_v$) of copolymer obtained using various AM to MAETAC ratios and $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0.005, 0.01 and 0.02 mol/L at 6°C was demonstrated in Table 1. We chose AM-MAETAC copolymer with molecular weight with 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole for further flocculation for skim rubber latex.

Table 1. The average molecular weight of copolymer using various AM to MAETAC ratios and concentration of $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ initiator at 60°C for one hr

AM:MAETEX (Ratios in mole/L)	$\overline{M}_v$ of CPAM		
	0.005 mole/L $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$	0.01 mole/L $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$	0.02 mole/L $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
0.75:0.25	46,00 $\pm$ 710	53,842 $\pm$ 710	4,430 $\pm$ 210
0.80:0.20	81,240 $\pm$ 980	58,350 $\pm$ 710	3,400 $\pm$ 210
0.85:0.15	89,985 $\pm$ 930	102,220 $\pm$ 1,414	1,216 $\pm$ 90
0.90:0.10	162,825 $\pm$ 1,410	181,100 $\pm$ 770	21,080 $\pm$ 280

Flocculation of skim rubber latex by AM-MAETAC copolymer (C-PAM)

Table 2 showed dry rubber content of skim rubber latex after treatment with C-PAM (molecular weight 181,100 g/mol) in combination with 10% H_2SO_4 solution as compared with 10% H_2SO_4 and 98% H_2SO_4 solution for various ages of skim latex. It was found that %DRC and %rubber recovery increased with increase in amount of C-PAM. However, the results were similar when using the amount of C-PAM 0.10 and 0.125 g. It is clear that the efficiency of C-PAM in combination with 10% H_2SO_4 solution was better than that of 10% H_2SO_4 solution. As compared with 98% H_2SO_4 solution, % rubber recovery of skim rubber latex by using C-PAM in combination with 10% H_2SO_4 solution was better than that of 10% H_2SO_4 solution (Table 3 and Figure 4). The rubber recovery efficiency of skim rubber latex using for previous two cases was higher than 95%. Moreover, the dry rubber content and rubber recovery using 10% H_2SO_4 solution decreased with increase in longer age of skim rubber.

Table 2. Effect of various amounts of C-PAM (181,100) with 10% sulfuric acid, 10% H₂SO₄ and 98% H₂SO₄ solution on dry rubber content for various ages of skim latex treatment

Skim latex age (day)	%DRC (Quantity of C-PAM (181,100) + 10% H ₂ SO ₄) (17 ml)					98% H ₂ SO ₄ (2.7ml)	10% H ₂ SO ₄ (17ml)
	0.025 g	0.050g	0.075 g	0.100 g	0.125 g		
1	7.30	7.35	7.39	7.44	7.44	7.45	7.15
2	7.20	7.35	7.40	7.42	7.43	7.45	7.10
3	7.20	7.25	7.30	7.38	7.38	7.40	7.10
4	7.10	7.20	7.25	7.30	7.30	7.30	7.05
5	7.00	7.05	7.10	7.20	7.20	7.20	7.02
6	6.30	6.70	6.98	7.05	7.05	7.10	6.30
7	6.30	6.70	6.70	6.90	6.90	6.98	6.25
8	6.15	6.65	6.78	6.90	6.92	6.95	6.00
9	5.40	5.50	5.50	5.52	5.52	5.55	5.00

Table 3. The percentage of rubber recovery from using various amounts of C-PAM (molecular weight 181,100) with 10% H₂SO₄ solution in the skim rubber's flocculation

Skim latex age (day)	% Rubber recovery C-PAM (181,100) + 10% H ₂ SO ₄) (17ml)					10% H ₂ SO ₄ (17 ml)
	0.025 g	0.050 g	0.075 g	0.100 g	0.125 g	
1	97.98	98.65	99.19	99.87	99.87	95.97
2	96.64	98.65	99.33	99.60	99.73	95.30
3	97.30	97.97	99.32	99.86	99.86	95.94
4	97.26	98.63	99.31	100	100	96.57
5	97.22	97.92	98.61	100	100	97.50
6	88.73	94.37	98.31	99.26	99.26	88.73
7	90.26	95.99	95.99	98.85	98.85	89.54
8	88.49	95.68	97.55	99.28	99.56	86.33
9	98.18	99.10	99.10	99.63	99.63	90.10

Conclusion: The cationic polyacrylamide (C-PAM), poly[acrylamide-2-(methacryloyloxy) ethyl trimethyl ammonium chloride](AM-MAETAC), was successful synthesized from acrylamide and 2-(methacryloyloxy)ethyl trimethyl ammonium chloride by solution polymerization in the presence of potassium persulfate (KPS) as an initiator at 60°C for 1 hr. The optimized condition for C-PAMs with average viscosity molecular weight of 58,350, 102,220 and 181,100 g/mole was obtained using ratios of AM:MAETAC 0.80:20, 0.80:0.20 and 0.90:0.10, KPS 0.01 mole/L for 1 hr, respectively. These C-PAMs were further used in combination with 10% H₂SO₄ solution as compared with 10% H₂SO₄ and 98% H₂SO₄ solutions for flocculation of skim rubber latex with different storage periods. It was found that 0.10 g C-PAM with the molecular weight of 181,100 in combination with 10% H₂SO₄ solution in 100 mL of skim latex showed the highest dry rubber content and rubber recovery as compared with using 10% H₂SO₄ only.

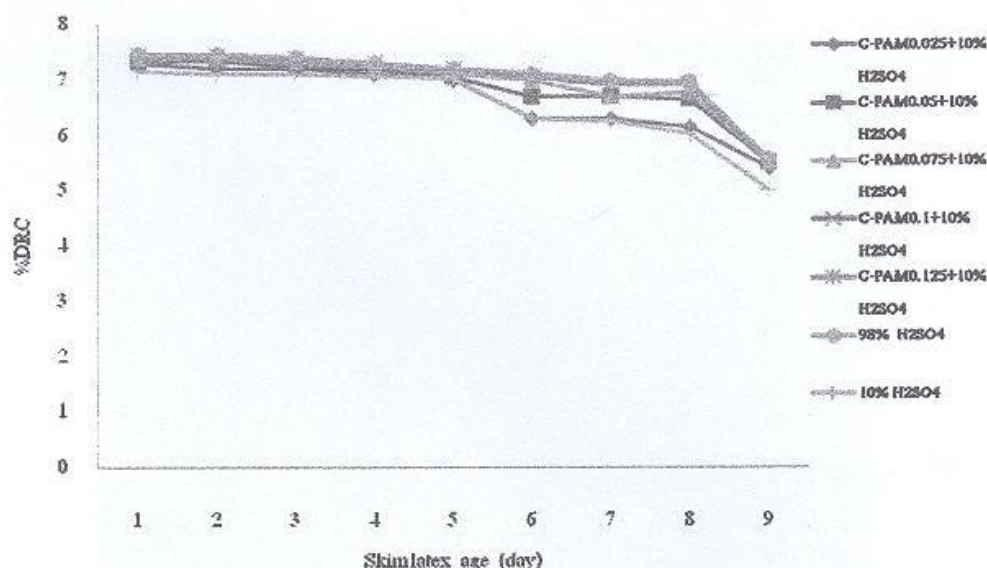


Figure 4. Effect of skim rubber latex ages on dry rubber content using various amounts of C-PAM (molecular weight 181,100) in combination with 10% H_2SO_4 solution, 10% H_2SO_4 and 98% H_2SO_4 solution.

References:

1. [http://yongtai1996.en.made-in-china.com/product/DbyxqkrogniR/\[04-08-2014\]](http://yongtai1996.en.made-in-china.com/product/DbyxqkrogniR/[04-08-2014])
2. Wearathirachot R, Danwanichakul P, Kongkaew C, Loykulnant S. J Met Mat Min. 2008; 18:93-97.
3. Chen D, Liu X, Yue, Zhang W, Wang P. Eur Polym J. 2006;42:1284-1297.
4. Ge X, Ye X, Xu X, Zhang Z, Chu G. J App Polym Sci. 1998;67:1005-1010.
5. Abdollahi Z, Frounchi M, Dadbin S. J Ind Eng Chem. 2001;17:580-586.
6. Xu J, Zhao WP, Wang CX, Wu YM. Exp Polym Let. 2010;4:275-283.

Aknowledgements: The authors would like to thank The Thailand Research Fund (MPR2554:RDG5450092) and Graduate School, Prince of Songkla University for financial supports.