

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การสังเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะ
ของกราฟฟิโคพอลิเมอร์ เพื่อใช้เป็นสารช่วยตกตะกอน

นางสาว บิทยา เจริญศิริสมบูรณ์

นาย เกรียงศักดิ์ รุกขจันทรกุล

ร/พ.
๑๖๑๕ก
๒๕๓๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....

วันเดือนปี.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

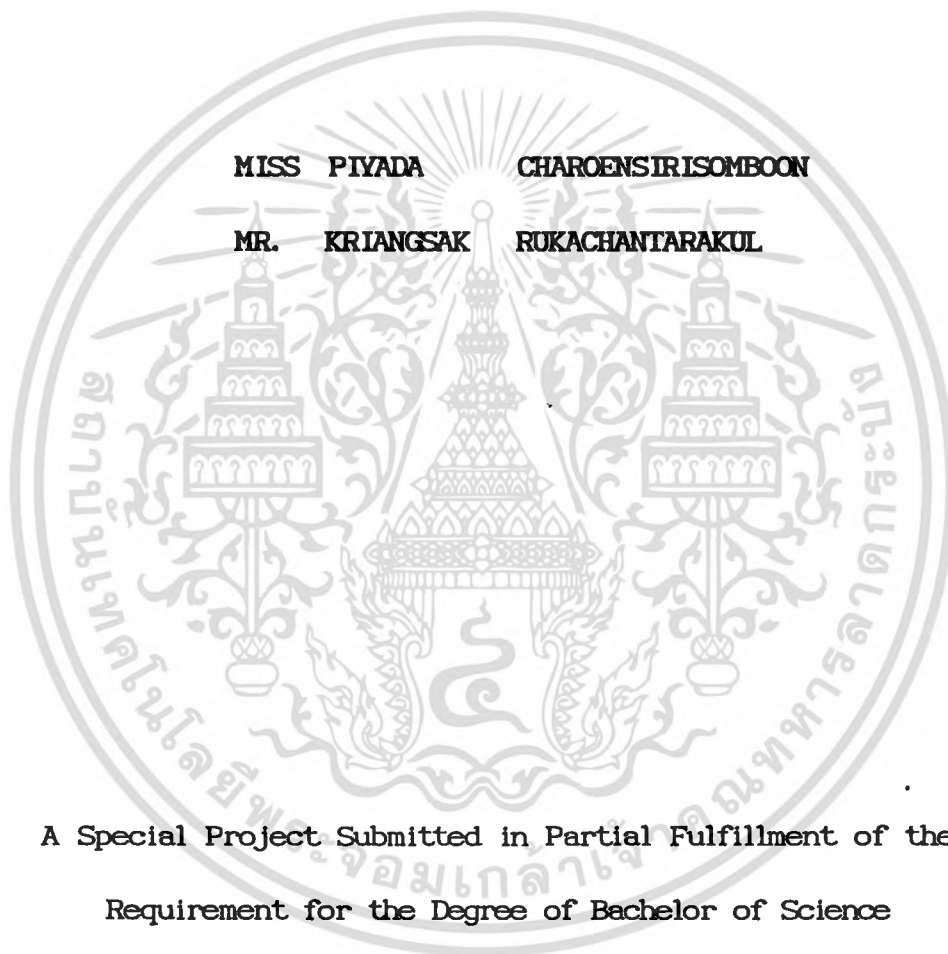
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๓๕

. 61254968x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SYNTHESIS AND CHARACTERISATION OF
GRAFT COPOLYMER AS FLOCCULATING AGENT**



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry

Faculty of Science

Kings Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การสังเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะของ
กราฟฟิโคพอลิเมอร์ เพื่อใช้เป็นสารช่วยตกตะกอน
โดย นาย เกรียงศักดิ์ รุกขจันทรวงศ์
นางสาว บิษคา เจริญศิริสมบูรณ์
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ชื่อคน ผดุงอักษร

(ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์)

หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงการพิเศษ

ชื่อคน ผดุงอักษร

(ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์)

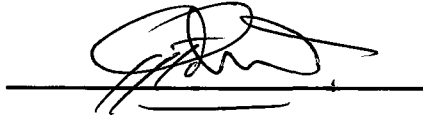
ประธานกรรมการ

อนุช

(อ.อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล)

กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ดร.อนุชา เอื้อเฟิมเกียรติ)

กรรมการ



ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การสังเคราะห์และตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของกราฟท์โคพอลิเมอร์ เพื่อใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอน
นักศึกษา	นาย เกรียงศักดิ์ รุกขจันทรวงศ์ นางสาว บิณฑา เจริญศิริสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	พ.ศ. 2536

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์และตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของกราฟท์โคพอลิเมอร์เพื่อนำมาใช้เป็นสารตัวเร่งการตกตะกอนเป็อนน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การสังเคราะห์และตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของกราฟท์โคพอลิเมอร์ของแบ็งกับอะคริลาไมด์ (AM) กรดอะคริลิก (AA) และ กรด 2-อะคริลาไมโด-2-เมทิล-1-โพรเพนซัลโฟนิค (AMPS) โดยศึกษาชนิดของแบ็ง เเปอร์เซ็นต์ของแบ็งต่ออะคริลาไมด์ อัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำรวมถึงการตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วม เช่น ปริมาณองค์ประกอบของน้ำ ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป ค่ากลาสทรานสิชัน และโครงสร้างทางเคมี 2) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของกราฟท์โคพอลิเมอร์ของแบ็ง กับ AM, AA และ AMPS โดยใช้ปฏิกิริยาแมนนิช ได้ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ เวลา ปริมาณ ไดเมทิลเอมีน (DMA) พอร์มาลดีไฮด์ และไดเมทิลซัลเฟต (DMS) ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาแมนนิชกับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วม รวมถึงการตรวจสอบคุณลักษณะของพอลิเมอร์หลังการเกิดปฏิกิริยา เช่น ปริมาณประจุบวก และโครงสร้างทางเคมี 3) การศึกษาผลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรดต่าง และปริมาณการใช้สารเร่งการตกตะกอนควอเตอร์นารีแคตไอออนิก-กราฟท์โคพอลิเมอร์ (QCCP) ที่เตรียมได้จากการศึกษาของส่วนที่ 2 ต่อค่าปริมาณสารแขวนลอย จากการศึกษาตามโครงการพิเศษพบว่า

การศึกษาส่วนที่ 1 : แป้งข้าวโพดไฮโดรไลซ์มีเวลาการเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุดแต่ค่าการดูดซึมน้ำที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณ [AM] ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดจุดหนึ่งแล้วจะลดลง จากการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของน้ำมีค่าประมาณ 18-28 % ปริมาณของมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปมีค่าเกือบ 100 % โครงสร้างทางเคมีจากการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) พบหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งซึ่งเป็นสายโซ่หลัก และหมู่คาร์บอนิลของอะคริลาไมด์ที่เลขคลื่น 3389 cm^{-1} และ 1669 cm^{-1} ตามลำดับ

การศึกษาส่วนที่ 2 : ได้น้ำพอลิเมอร์ร่วมที่ได้จากการศึกษาส่วนที่ 1 มาทำปฏิกิริยาแมนนิซ พบว่าปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ และ DMA มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณ N^+ ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสถานะในการเกิดปฏิกิริยาที่ศึกษาในโครงการพิเศษนี้ พบว่าอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมคือ $50-60^{\circ}\text{C}$ และ 1-2 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนปริมาณของ DMS ซึ่งใช้เป็นสารควอเตอร์นารี พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณ N^+ เป็นเชิงเส้น อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นอัตราส่วน 1:1

การศึกษาส่วนที่ 3 : ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายพอลิเมอร์ร่วมที่เหมาะสมใช้ในการเร่งการตกตะกอนอยู่ในช่วง pH 5-7 สำหรับน้ำเสียที่มีปริมาณสารแขวนลอยประมาณ 75-87 มลก./ล. ควรใช้พอลิเมอร์ในโครงการพิเศษนี้ช่วยในการเร่งการตกตะกอนประมาณ 1-2 % โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้ค่าประมาณสารแขวนลอยในน้ำเสียลดลงเหลือประมาณ 15-22 มลก./ล.

Special Project Title SYSTHESIS AND CHARACTERISATION OF GRAFT
 COPOLYMER AS FLOCCULATING AGENT

Name Mr. Kriangsak Rukachantarakul

 Miss Piyada Charoensirisomboon

Special Project Advisor Dr. Anucha Euapermkiait

Department Chemistry

Year 1993

Abstract

This project is a method for synthesizing quaternary cationic graft copolymer of starch and comonomer, a flocculant for precipitated pulp, has been studied. This could be divided into 3 parts. Firstly part was the synthesis and testing characteristic of grafted copolymer (starch, acrylamide (AM), acrylic acid (AA) and acrylamido-2-methyl propanesulfonic acid (AMPS), a kind of starch, starch : [AM] ratio, [AA]:[AM] ratio effect on reaction time and water absorbency. Inclusion, the characteristic of synthesised grafted starch was copolymerized by AA and AM, such as water content, monomer conversion, glass transition temperature, and chemical structure. The second part was the studied of reaction temperature, time, volume of formaldehyde; dimethylamine (DMA) and dimethylsulphate (DMS) effect to mannich reaction for graft copolymer of starch and

comonomers. Besides , the characteristics of synthesised quaternary cationic graft copolymer such as amount of cation and chemical structure . The third part was the studied of pH and amount of quaternary cationic graft copolymer that used be flocculating agent effect to suspension solid value. Following are the finding.

For the first part , hydrolysed starches have reaction times the lowest but absorbency the highest. When increase in [AM] water absorbency increase up to the highest value , then , decrease. From the studies of graft copolymer characteristics , it is found that water content is 18 - 28 % ; monomer conversion is almost 100% . Wave number of hydroxy group and carbonyl group are at 3389 cm^{-1} and 1669 cm^{-1} , respectively , as obtained by fouries trasform infrared spectrophotometer.

For the second part , copolymer from first part was used for mannich reaction . It is found that volume of formaldehyde and dimethylsulfate are direct relative with volume of N^+ by consider volume of copolymer for reaction . Condition of this reaction found that temperature is $30 - 60 \text{ }^\circ\text{c}$ and time is 1-2 hours. For volume of DMS , quaternary agent, found that is linear relative with volume N^+ .

For the final part , the suitable PH of aqueous quaternary cationic graft copolymer for flocculation is about 5 - 7 . Water that suspension solid 97 miligram per litre ; amount of

quaternary cationic graft copolymer that for flocculation amount
1 - 2 % of weight - polymer per water ; suspension solid
value is decreased to 15 - 22 milgram per litre.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการดำเนินงาน โครงการพิเศษนี้มาตลอด ขอขอบพระคุณ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์ อาจารย์อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ช่วยกรุณาแก้ไขข้อผิดพลาดเพื่อให้รายงานฉบับนี้ถูกต้องยิ่งขึ้น คณาจารย์ในภาคเคมีทุกท่าน โดยเฉพาะ ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ ดร.โกศลย์ กุสุราญ ที่ได้ให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินงาน โครงการพิเศษ และเจ้าหน้าที่ศูนย์โลหะและวัสดุแห่งชาติ เจ้าหน้าที่ภาควิชาพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินงาน โครงการพิเศษ

ขอขอบคุณ บริษัท สยามพาว์เวอร์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสารเคมีที่ใช้ในโครงการนี้

ขอขอบคุณ คุณสุนทร บงศ์วิบูลศิริ วิศวกรฝ่ายผลิต คุณสมบูรณ์ รัตนพรสมปอง หัวหน้าส่วนพลังงาน และซ่อมบำรุง คุณสุรพล คิริโพธิ์พันธ์กุล หัวหน้าแผนกควบคุมสิ่งแวดล้อม คุณบุรณี พวงมณีพนักงานทดสอบน้ำทิ้ง และพนักงานโรงงานสยามเซลลูโลส บริษัท อุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อในด้านข้อมูลและเทคนิคในการทดสอบผลิตภัณฑ์จากโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง เจ้าหน้าที่ภาคเคมีทุกท่านและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้านตลอดมา

นายเกรียงศักดิ์ รุกขจันทรกุล

นางสาวปิยดา เจริญศิริสมบุรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	A
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	C
กิตติกรรมประกาศ.....	F
สารบัญ.....	G
สารบัญตาราง.....	J
สารบัญรูป.....	L
คำย่อที่ใช้ในโครงการพิเศษ.....	N
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 โครงการพิเศษ.....	4
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง.....	7
ส่วน 1 การจับเป็นกลุ่ม.....	7
2.1 สารเร่งการตกตะกอนประเภทสารอนินทรีย์.....	7
2.2 สารเร่งการตกตะกอนประเภทสารพอลิเมอร์.....	8
2.2.1 พอลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ.....	9
2.2.2 พอลิเมอร์ที่มีประจุลบ.....	11
2.2.3 พอลิเมอร์ที่มีประจุลบ.....	13
2.2.4 พอลิเมอร์ที่มีส่วนประกอบของสารจากธรรมชาติ.....	17
2.2.5 กลไกการจับเป็นกลุ่มและการจับเป็นก้อน.....	20
ส่วนที่ 2 ปฏิกริยาเคมี.....	24
2.3 ปฏิกริยาเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชันบนสายโซ่พอลิเมอร์.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ส่วนที่ 3 แป้ง.....	28
2.4 แหล่งที่พบแป้ง.....	28
2.5 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง.....	28
2.6 ปรัชญาการเกิดเจล.....	30
2.7 การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้กรด.....	30
ส่วนที่ 4 กระบวนการผลิตแป้งกระดาศ.....	32
2.8 วัตถุประสงค์ในการผลิตแป้งกระดาศ.....	32
2.9 การผลิตแป้งจากชานอ้อย.....	35
2.10 การผลิตแป้งฟอก.....	36
2.11 การควบคุมสิ่งแวดล้อม.....	39
บทที่ 3 การทดลอง.....	43
3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	43
3.2 วิธีทดลอง.....	47
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	63
4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ.....	63
4.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาแมนนิชระหว่าง DMA พอร์มาลดีไฮด์ กับ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม.....	73
4.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนแป้งกระดาศ.....	81
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	89
ส่วนที่ 1 สรุปผลการทดลอง.....	89
5.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดน้ำ.....	89
5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาแมนนิชของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
กับมोनอเมอร์ร่วม.....	91
5.3 บัจจับที่มีผลต่อการตกตะกอนเยื่อ.....	93
ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะ.....	94
5.4 การหาปริมาณไนโตรเจนที่แน่นอนในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับ มอนอเมอร์ร่วม.....	94
5.5 การทดสอบพอลิเมอร์แบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ทำปฏิกิริยา แมนนิชใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่น.....	95
5.6 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมเพื่อใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนในน้ำ เสีย.....	95
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	98
ภาคผนวก ค.....	105
ภาคผนวก ง.....	107
ภาคผนวก จ.....	111
ภาคผนวก ฉ.....	113
เอกสารอ้างอิง.....	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงข้อดี ข้อเสียของการสังเคราะห์ พอลิอะคริลาไมด์ในบางวิธี.....	10
ตารางที่ 2.2	ตารางแสดงชนิดของแป้ง แหล่งที่พบ อุณหภูมิการเกิดเจล และปริมาณอะไมโลส.....	28
ตารางที่ 2.3	ตารางแสดงมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานเยื่อกระดาษ.....	41
ตารางที่ 3.1	ตารางแสดงอัตราส่วน [AA]:[AM] ชนิดและปริมาณ ปริมาณของแป้งที่ใช้.....	50
ตารางที่ 3.2	ตารางแสดงอัตราส่วน[AA]:[AM] ปริมาณอะคริลาไมด์ กรดอะคริลิกและไซเตียมคาร์บอเนต.....	51
ตารางที่ 3.3	ตารางแสดงปริมาณ DMA พอร์มาลดีไฮด์ อุณหภูมิ และ เวลาในการทำปฏิกิริยาแมนนิชกับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ ของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม.....	55
ตารางที่ 3.4	ตารางแสดงปริมาณ DMS จำนวนโมล อุณหภูมิ เวลา ในการเกิดปฏิกิริยา.....	57
ตารางที่ 4.1	ตารางแสดงชนิดของแป้งที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ.....	63
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงอัตราส่วนของ[AA]:[AM] ที่มีผลต่อเวลา การเกิดปฏิกิริยา และ ค่าการดูดซึมน้ำ.....	64
ตารางที่ 4.3	ตารางศึกษาอัตราส่วน เปอร์เซนต์แป้ง ต่อ [AM] ที่มีผลต่อ ค่าการดูดซึมน้ำ.....	66
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป และ องค์ประกอบ ของน้ำ.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงเลขคลื่นและเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงของ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมก่อนทำปฏิกิริยา แมนนิช.....	72
ตารางที่ 4.6	ตารางแสดงอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และ ปริมาณ N*.....	73
ตารางที่ 4.7	ตารางแสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และปริมาณ N*.....	75
ตารางที่ 4.8	ตารางแสดงจำนวนโมลของ DMA พอร์มาลดีไฮด์ และ ปริมาณ N*.....	77
ตารางที่ 4.9	ตารางแสดงจำนวนโมลของ DMS และปริมาณ N*.....	79
ตารางที่ 4.10	ตารางแสดงค่าความเป็นกรดต่าง และค่าปริมาณสารแขวนลอย.....	81
ตารางที่ 4.11	ตารางแสดงปริมาณการใช้สารเร่งการตกตะกอน และ ค่าปริมาณสารแขวนลอย.....	83
ตารางที่ 4.12	ตารางแสดงเลขคลื่นและเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงของ พอลิเมอร์ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิช.....	85

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดงลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ในน้ำ.....	9
รูปที่ 2.2	แสดงผลของหมู่ข้างเคียงของไฮโดรไลซ์พอลิอะคริลาไมด์.....	12
รูปที่ 2.3	แสดงรูปพอลิเมอร์ที่ได้จาก DADMAC.....	15
รูปที่ 2.4	แสดงพอลิเมอร์สาขาของพอลิอิมิน.....	16
รูปที่ 2.5	แสดงอนุพันธ์ของโคติน และ โคโตแซน.....	17
รูปที่ 2.6	แสดงขั้นตอนการเกิดการจับเป็นก้อน และการจับเป็นกลุ่ม.....	19
รูปที่ 2.7	แสดง Charge Patch Model.....	22
รูปที่ 2.8	แสดง Bridging Model.....	22
รูปที่ 2.9	แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง PAM กับแมนนิชเบส.....	25
รูปที่ 2.10	แสดงกลไกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง CPAM กับ DMS.....	26
รูปที่ 2.11	แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดแบบฮอฟแมนที่เกิดขึ้นกับ PAM.....	27
รูปที่ 2.12	แสดงโมเลกุลของอะไมโลแพคติน.....	28
รูปที่ 2.13	แสดงลักษณะการไฮโดรไลซ์แป้ง.....	31
รูปที่ 2.14	แสดงแผนภาพกระบวนการผลิตเป็อกระดาษ.....	42
รูปที่ 3.1	แสดงการจัดอุปกรณ์เครื่องมือการทดลองในโรงงานพิเศษ.....	61
รูปที่ 3.2	แสดงเครื่องไตเตรทอัตโนมัติ.....	62
รูปที่ 4.1	แสดงกราฟระหว่างอัตราส่วนของ[AA]:[AM] กับค่าการดูดซึมน้ำ.....	65
รูปที่ 4.2	แสดงกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแป้งกับอะคริลาไมด์ และค่า การดูดซึมน้ำ.....	67
รูปที่ 4.3	แสดงกราฟการหาค่ากลาสทรานสิชั่นของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แป้งกับมอนอเมอร์ร่วม.....	70
รูปที่ 4.4	แสดงสเปกตรัม FTIR ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอ-	

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

เมอร์รวม.....	71
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟระหว่างอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาและปริมาณ N^+	74
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟระหว่างเวลาในการเกิดปฏิกิริยาและปริมาณ N^+	76
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟระหว่างจำนวนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ DMA และปริมาณ N^+	78
รูปที่ 4.8 แสดงกราฟระหว่างจำนวนโมลของ DMS และ ปริมาณ N^+	80
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟระหว่างค่าความเป็นกรดต่าง และ ค่าปริมาณสาร แขวนลอย.....	82
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟระหว่างปริมาณ QCCP กับ ค่าปริมาณสารแขวนลอย.....	84
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มของเปื่อ.....	88

คำย่อที่ใช้ในโครงการพิเศษ

- [AM] : ความเข้มข้นของอะคริลาไมด์ (acrylamide) หน่วย โมลต่อลิตร
- [AA] : ความเข้มข้นของกรดอะคริลิก (acrylic acid) หน่วย โมลต่อลิตร
- Na EDTA : เกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก 2 โมเลกุลของน้ำ
(Ethylenediaminetetraacetic Disodium Salt Dihydrate)
- aq.Na EDTA : สารละลายเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก
2 โมเลกุลของน้ำ ในตัวทำละลายน้ำที่มีความเข้มข้น 5.6 % โดย
น้ำหนักต่อปริมาตร
- AMPS : กรด-อะคริลาไมด์-2-เมทิล-1-โพรเพนซัลโฟนิค
(2-acrylamido-2-methyl-1-propane sulfonic acid)
- AIBN : เอโซบิสไอโซบิวไทโรไนไตรล์ (azo bis isobutyronitrile)
- DMA : ไดเมทิลซัลเฟต (Dimethylsulphate)
- ก. : กรัม
- มล. : มิลลิลิตร
- มลก. : มิลลิกกรัม
- คล. : เซลลิตร
- ซม. : เซนติเมตร
- °ซ : องศาเซลเซียส
- % : เปอร์เซ็นต์
- [M]หรือ [Monomer] : ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ หน่วยเป็นโมลต่อลิตร
- PAM : พอลิอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide)
- CPAM : ควอเทอร์นารี แคตไอออนิก พอลิอะคริลาไมด์ (Quaternary
Cationic Polyacrylamide)
- CCP : แคตไอออนิก โคพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

QCCP : ควอเทอร์นารี แคตไอออนิกโคพอลิเมอร์ (Quaternary Cationic Copolymer)

DADMAC : ไดอัลลิลไดเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์ (Dially Dimethyl Ammonium Chloride)

FM : ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

SS : คำสารแขวนลอย(Suspension solid)

แป้งไฮโดรไลซ์: แป้งข้าวโพดที่ผ่านการไฮโดรไลซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในช่วงเวลาสองสามปีที่ผ่านมา ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว เริ่มที่จะแสดงผลออกมาอย่างรุนแรงมากขึ้น ทำให้หลายๆ ฝ่ายทั้งภาครัฐและเอกชน เริ่มสนใจและศึกษาปัญหาดังกล่าวอย่างจริงจัง ปัญหาน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในหลายปัญหาที่ได้แสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้างอย่างเด่นชัด เช่น ปัญหาโลหะหนัก จากโรงงานผลิตถ่านไฟฉาย ปัญหาน้ำเสียจากโรงงานผลิตเป็อกระดาษที่จังหวัดขอนแก่น เป็นต้น ปัญหาน้ำเสียจากโรงงานผลิตเป็อกระดาษมาจากการปลดปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ภายนอกโรงงานโดยมิได้มีการบำบัดให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่รัฐบาลกำหนด น้ำเสียดังกล่าวประกอบด้วย สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการและเป็อไม้ซึ่งมีผลต่อค่าบีโอดี เป็อไม้ดังกล่าวนอกจากจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตเป็อกระดาษและเป็นส่วนที่เป็นปัญหาในการบำบัด เนื่องจากเป็อกระดาษมีขนาดเล็ก จึงแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียดังนั้นจะต้องผ่านกระบวนการแยกเป็อออกจากน้ำก่อนที่จะปล่อยน้ำสู่แหล่งน้ำภายนอกโรงงานในโรงงานผลิตเป็อกระดาษทั่วไปมักจะใช้สารเร่งการตกตะกอน(flocculant) ช่วยลดเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการแยก

สารเร่งการตกตะกอนถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเหมืองแร่ การกำจัดคราบน้ำมันในทะเล การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

การเตรียมสารเร่งการตกตะกอนมีหลายวิธีต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน

ในที่นี้จะให้ความสนใจกับสารเร่งการตกตะกอนประเภทพอลิเมอร์ ซึ่งเริ่มมีการนำมาใช้ในปี พ.ศ. 2493 โดยเฉพาะช่วงแรกเป็นไฮโมพอลิเมอร์ เช่น พอลิอะครี-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาไมด์ (polyacryamide) โพลีเอทิลีนออกไซด์ (poly(ethylene oxide)) โพลีเอทิลีนอิมิน (poly(ethylene imine)) เป็นต้น พร้อมกันกับการค้นหาพอลิเมอร์สายโซ่ใหม่เพื่อนำมาใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนก็ได้มีการพัฒนาขบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันควบคู่ไปด้วย เช่นพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย (solution polymerisation) [1,2] พอลิเมอร์ไรเซชันในสภาวะของแข็ง (polymerisation in solid state) [3] รวมถึงการศึกษาโดยรายละเอียดของขบวนการเช่น ศึกษาวิธีริเริ่มปฏิกิริยา สภาวะการทำปฏิกิริยา การหยุดปฏิกิริยา ต่อมาได้มีการพัฒนานำไฮโมพอลิเมอร์มาทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีบางส่วน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการโดยใช้ปฏิกิริยาทางเคมีเข้าช่วย เช่น ปฏิกิริยาการสลายตัวแบบฮอฟ-แมน (Hofmann reaction) [4] ปฏิกิริยาแมนนิช (Mannich reaction) [5] เป็นต้น

หลังจากที่ได้มีการพัฒนาขบวนการโคพอลิเมอร์ไรเซชันสารเร่งการตกตะกอนประเภทโคพอลิเมอร์ก็ได้มีการนำมาใช้มากมาย ทั้งโคพอลิเมอร์แบบต่อ (graft copolymer) และ แบบบล็อก (block copolymer) เช่น โคพอลิเมอร์อะคริลิกอะคริลาไมด์ของ (acrylic - acrylamide copolymer) [6] โคพอลิเมอร์ของพอลิเอมีนและอะคริลาไมด์ เมทาอะครีโลออกซีเอทิลไตรเมทิลแอมโมเนียม (polyamine and acrylamide -methacryloyoxyethyltrimethyl ammonium copolymer) [7] โคพอลิเมอร์ 2-ไวนิลไพรีดีน-อะคริลาไมด์ [7] เป็นต้น

โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ในช่วงแรกมักจะได้จากมอนอเมอร์สังเคราะห์ ซึ่งบางตัวเป็นอันตรายต่อสุขภาพเวลาในการสลายตัวนาน ซึ่งจะมีผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อมจากปัญหาดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงได้เริ่มนำมอนอเมอร์ซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติรวมถึงการใช้สารเหลือใช้ มาเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ ข้อดีของสารธรรมชาติส่วนใหญ่คือ สามารถถูกย่อยสลายได้โดยแบคทีเรีย เช่น กราฟท์โคพอลิเมอร์ ระหว่างแป้งข้าวสาลี กับ 2-ไฮดรอกซี-3-เมทาอะครีโลออกซี ไพริล ไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (2-hydroxy-3-methacryloyoxypropyltrimethylammonium chloride) [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ริเริ่มปฏิกิริยาโดยใช้ ซีริก แอมโมเนียมไนเตรท (ceric ammonium nitrate) หรือ เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ferrous ammonium sulphate hydrogenperoxide) กราฟท์โคพอลิเมอร์ระหว่าง แซนโทโมนัส (Xantomonas) กับ อะคริลาไมด์ [9] แล้วทำการปรับปรุงคุณสมบัติโดยผ่านปฏิกิริยา แมนนิช ได้โคพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก (Amphoteric) กราฟท์โคพอลิเมอร์ระหว่างแป้งข้าวโพดกับอะคริลาไมด์ (corn starch - acrylamide graft copolymer) [10] สังเคราะห์โดยใช้ตัวริเริ่มไทโอยูเรีย-ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($N_2H_4CS-H_2O_2$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา กราฟท์โคพอลิเมอร์ที่ได้ใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนน้ำเสียในอุตสาหกรรมกระดาษ จุดเด่นคือสามารถจับอิมของปรอทได้ดี และถ้าใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแทน [11] พบว่าสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การเกิดกราฟท์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้นอกจะใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนในการบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังใช้ในการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กระดาษ

จากตัวอย่างดังกล่าวพบว่า แป้งเป็นสารธรรมชาติที่เป็นที่นิยม เนื่องจากมีราคาถูก โคพอลิเมอร์ของแป้งส่วนใหญ่ มักจะเป็นกราฟท์โคพอลิเมอร์ ซึ่งเตรียมได้โดยการริเริ่มให้เกิดฟรียูรีนคอลลอยนโมเลกุลของแป้ง และเข้าทำปฏิกิริยากับโคมอนอเมอร์ การริเริ่มอาจจะเป็นแบบใช้สารเคมีประเภทรีดอกซ์ [12] หรือแบบการใช้รังสี [2]

โครงการพิเศษ

โครงการพิเศษนี้ ได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบริ่ง กับมอนอเมอร์ร่วมโดยวิธีโพลีเมอร์ไรเซชัน แล้วนำพอลิเมอร์ที่ได้มาทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสายโซ่กราฟท์โดยใช้ปฏิกิริยาแมนนิช โดยคาดหวังว่าอาจนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารเร่งการตกตะกอนเยื่อกระดาษที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่1 การศึกษาถึงปัจจัยต่างๆของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมของแบริ่งกับมอนอเมอร์ร่วม เช่น ชนิดของแบริ่ง อัตราส่วนของแบริ่งต่ออะคริลาไมด์ อัตราส่วนของ [AA] : [AM] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา และ ค่าการดูดซึมน้ำ และนำข้อมูลส่วนนี้ มาวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดแล้วใช้สภาวะที่เหมาะสมนี้เตรียมกราฟท์โคพอลิเมอร์ใช้ในการศึกษาส่วนต่อไป

ส่วนที่2 การศึกษาถึงปัจจัยต่างๆของการเตรียม QCCP เช่น ปริมาณสารเคมี อุณหภูมิ เวลา ความเป็นกรด-ด่าง ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาแมนนิชเบส กับ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบริ่งกับมอนอเมอร์ร่วม รวมทั้งทดลองหาคูณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบริ่งกับมอนอเมอร์ร่วม ก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยา

ส่วนที่3 การศึกษาปัจจัยต่างๆ ของที่มีผลต่อการตกตะกอนน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ ปริมาณประจุบวก

วัตถุประสงค์

ก. เพื่อสังเคราะห์ และวิเคราะห์ตรวจสอบลักษณะเฉพาะอย่างของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม และทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสายโซ่กราฟท์โดยวิธีทางเคมี โดยคาดหวังว่าจะนำพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ประโยชน์เป็นสารเร่งการตกตะกอน

ข. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม

ค. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสายโซ่กราฟท์ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม โดยปฏิกิริยาแมนนิช

ง. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเร่งการตกตะกอนเนื่องจากน้ำเสียของโรงงานผลิตเป็อ

ขอบเขตการศึกษา

ก. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม

ข. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม และทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสายโซ่กราฟท์ โดยวิธีทางเคมี

ค. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ค่าการดูดซึมน้ำ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ได้แก่ ชนิดของแป้ง อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งกับอะครีลาไมด์ อัตราส่วนของ [AA] : [AM]

ง. การหาค่าลักษณะต่างๆ ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

- ง.1 การหาค่าการดูดซึมน้ำ (water absorbency)
- ง.2 การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำ (water content)
- ง.3 การหาค่ากลาสทรานสิชัน (glass transition , Tg)
- ง.4 การหาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้เครื่องอินฟราเรด สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Infra-red spectrophotometer)
- ง.5 การหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยวิธีสารละลายเจือจาง

- จ. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาแมนนิชของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม
 - ฉ. การหาคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิช (quaternary cationic graft copolymer)
 - ฉ.1 การหาปริมาณประจุบวก (cationic)
 - ฉ.2 การหาโครงสร้างทางเคมีโดยใช้เครื่อง อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
 - ช. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งการตกตะกอนเยื่อจากน้ำเสีย

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 1 การจับเป็นกลุ่ม (FLOCCULATION)

การจับเป็นกลุ่ม (Flocculation) [13,14]

การจับเป็นกลุ่มเป็น การรวมตัวของกลุ่มอนุภาคเป็นกลุ่มก้อนที่ใหญ่ขึ้น ช่วยทำให้สารที่แขวนลอยแยกจากของเหลวได้โดยสารการจับเป็นกลุ่ม (Flocculant or Flocculating agent) และสารเร่งการจับเป็นกลุ่มก้อน (Coagulant) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าสารเร่งการตกตะกอน

การแบ่งประเภทของสารเร่งการตกตะกอน แบ่งได้หลายแบบขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ เช่น

การแบ่งตามลักษณะของสารองค์ประกอบได้ 2 ประการ

- ก. สารเร่งการตกตะกอนประเภทสารอนินทรีย์ (Inorganic flocculant)
- ข. สารเร่งการตกตะกอนประเภทสารพอลิเมอร์ (Polymeric flocculant)

การแบ่งตามความเป็นประจุที่เกิดขึ้นได้ 2 ประการ

- ก. สารเร่งการตกตะกอนแบบประจุบวก (Cationic flocculant)
- ข. สารเร่งการตกตะกอนแบบประจุลบ (Anionic flocculant)
- ค. สารเร่งการตกตะกอนแบบไม่มีประจุ (Nonionic flocculant)

2.1 สารเร่งการตกตะกอนประเภทสารอนินทรีย์ (Inorganic Flocculant) [3]

ส่วนใหญ่มักเป็นพวกเกลือของสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ หรือเป็นพวกสารที่มีความเป็นอิเล็กโตรไลต์ ตัวอย่างสารประเภทนี้ที่สำคัญในเชิงการค้า เช่น อนุพันธ์ของอลูมิเนียม อะลัม พอลิอลูมิเนียม คลอไรด์ โซเดียม อลูมิเนต อนุพันธ์ของซิลิกอน ปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาว เกือบต่างๆของเหล็ก ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$, $\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, FeCl_3) ต่อมาในปี พ.ศ. 2493 ได้มีการค้นพบ สารเร่งการตกตะกอนแบบพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic Polymeric Flocculant) ปริมาณการใช้สารเร่งการตกตะกอนแบบสารอนินทรีย์จึงเริ่มลดลง

2.2 สารเร่งการตกตะกอนประเภทพอลิเมอร์ (Polymeric Flocculant)

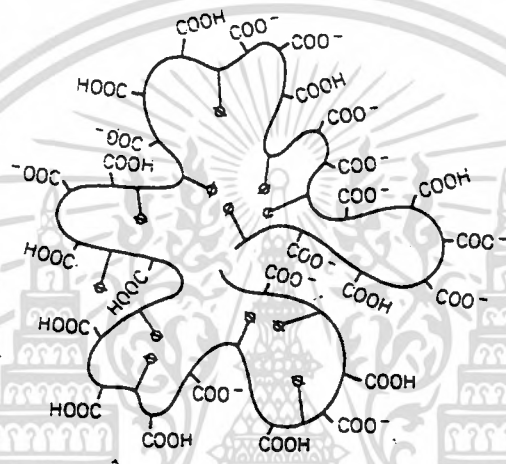
[13,15,16]

โดยทั่วไปพอลิเมอร์ที่สามารถใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนมักมีคุณสมบัติคูดซึมน้ำได้ (water soluble polymer) ความสามารถในการคูดซึมน้ำอันเนื่องมาจากหมู่ที่มีคุณสมบัติเฉพาะหรือความเป็นประจุของสาร พอลิเมอร์คูดซึมน้ำนั้นอาจได้จากการสังเคราะห์หรือมาจากธรรมชาติ โดยคุณสมบัติของพอลิเมอร์ถูกกำหนดโดยลักษณะโครงสร้างของสายโซ่พอลิเมอร์ ดังนี้

ก. ธรรมชาติของหน่วยซ้ำ (repeating unit) รวมถึงความยาวของพันธะมุมของพันธะ ส่วนประกอบต่างๆ และตำแหน่งของสายโซ่หลัก ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวอาจมาจาก มอนอเมอร์ชนิดเดียว หรือหลายชนิด

ข. การจัดเรียงตัว (configuration, conformation) และผลจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เช่น พันธะไฮโดรเจน

ค. แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ในน้ำ

สารเร่งการตกตะกอนแบบสารพอลิเมอร์ อาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ดังนี้

2.2.1 พอลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ (Nonionic polymer)

คือ พอลิเมอร์ที่เมื่อละลายน้ำแล้วไม่มีประจุ ตัวอย่างเช่น พวพอลิออกไซด์ พอลิเอทิลีนออกไซด์ (Poly(Ethylene oxide)) พอลิอะคริลาไมด์ (Polyamides) Poly(N-Vinyl-Heterocyclic) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเพียงบางตัวซึ่งมีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ

ก. พอลิเอทิลีนออกไซด์ (Poly(ethylene oxide)) [17]

เป็นพอลิเมอร์ที่ดูขุ่นน้ำที่ได้จากการเตรียมจากเอทิลีนออกไซด์มอนอเมอร์ ปฏิกริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง (Ringopening polymerization) ของเอทิลีนออกไซด์
ได้พอลิเอทิลีนออกไซด์ ซึ่งมีการนำไปใช้ในการทำให้น้ำใส (water clarification)

ในอุตสาหกรรมกระดาษ

ข. พอลิอะคริลาไมด์ (PAM)

การสังเคราะห์พอลิอะคริลาไมด์ สามารถกระทำได้หลายวิธีเช่น แบบผ่านอนุกรม

อิสระ ในสารละลาย เป็นต้น ตัวอย่างดังตาราง

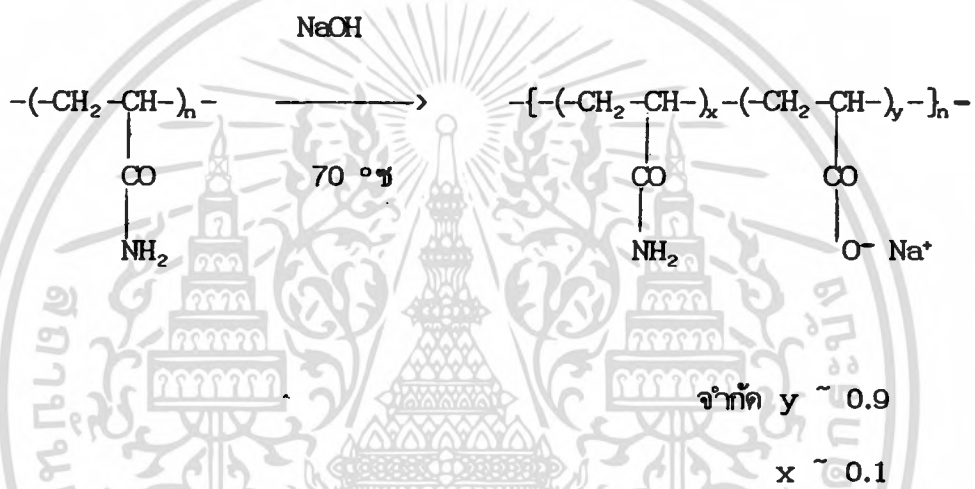
พศ.	ผู้ทำการวิจัย	วิธีการสังเคราะห์	สภาวะการ พอลิเมอร์ไรเซชัน	ข้อดี	ข้อเสีย
2521	A.J Restaino	ใช้รังสีแกมมาเป็นตัวก่ออนุกรมอิสระ	สารละลาย	-ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาได้ตามต้องการ -พอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีตัวริเริ่มน้อยมาก	-เครื่องกำเนิดรังสีแกมมามีราคาแพง
2523	Y.Osada	ใช้พลาสมาไอออนไนซ์การเป็นตัวก่ออนุกรมอิสระ	สารละลาย	-สามารถทำปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิ 20 °C	-ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน -ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

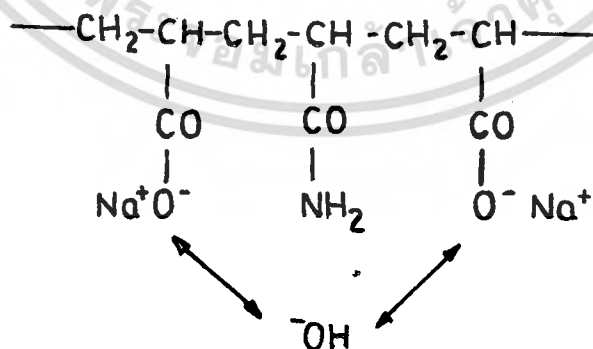
คริลิกโคพอลิเมอร์ อะคริลาไมด์-AMPSโคพอลิเมอร์ เป็นต้น ในกรณีของพอลิเมอร์ที่มี
 ประจุลบนี้ มักจะเตรียมพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีช่วงกว้างมากกว่ากรณีของ
 พอลิเมอร์ที่มีประจุบวก ตัวอย่างเช่น

ก. ไฮโดรไลซ์พอลิอะคริลาไมด์ [17]

ได้มาจากการนำพอลิอะคริลาไมด์มาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ โดยใช้เบสเช่นโซ-
 เดียมไฮดรอกไซด์ และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาประมาณ 70 °ซ



ซึ่งในพอลิเมอร์ดังกล่าวอาจมีผลของหมู่ข้างเคียง ดังแสดงในรูปที่ 2.2

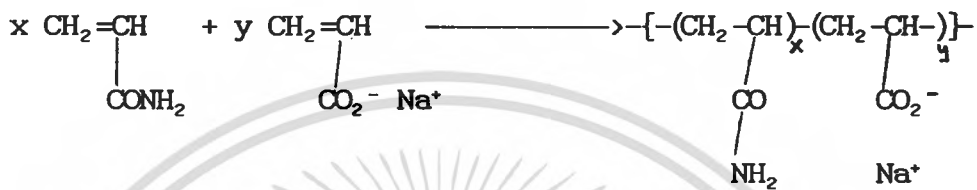


รูปที่ 2.2 แสดงผลของหมู่ข้างเคียงของไฮโดรไลซ์พอลิอะคริลาไมด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. อะคริลาไมด์-อะคริลิก โคพอลิเมอร์ [4]

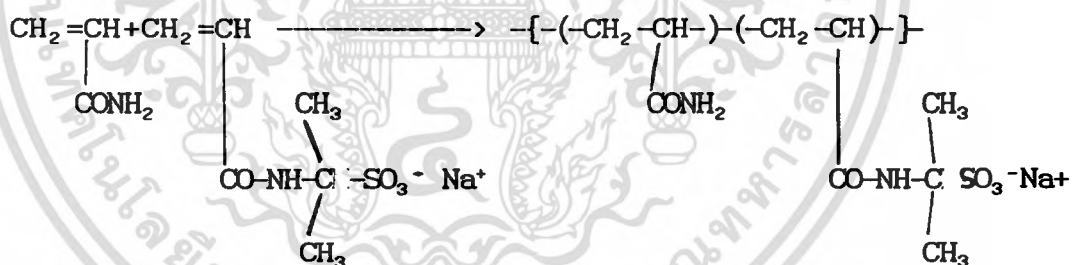
ได้มีการเตรียม โคพอลิเมอร์ระหว่าง อะคริลาไมด์ กับ กรดอะคริลิก ในสภาวะ โลหะอัลคาไล หรือเกลือแอมโมเนียม ในระบบนี้ต้องระวังเกี่ยวกับ ตัวริเริ่ม และความ เป็นกรดต่าง รวมถึงต้องควบคุมอัตราส่วนของอะคริลาไมด์และกรดอะคริลิก



อะคริลาไมด์ เกลือโซเดียม อะคริเลต

$$x=0 \rightarrow 1, y=1 \rightarrow 0$$

ค. อะคริลาไมด์-AMPS โคพอลิเมอร์ [15,16]

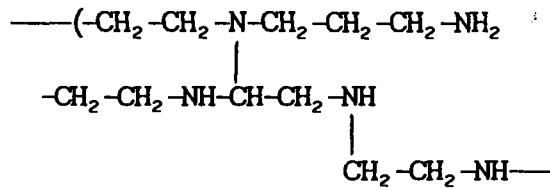


อะคริลาไมด์ เกลือโซเดียมของ AMPS

2.2.3 พอลิเมอร์ที่มีประจุบวก (Cationic Polymer) [14]

คือพอลิเมอร์ที่เมื่อละลายน้ำแล้วมีประจุบวก โดยประจุบวกนั้นมักจะมาจากหมู่ ที่ทำหน้าที่เฉพาะ เช่นพวกเอมีน ซัลโฟเนียม ฟอสโฟเนียม เป็นต้น ในการสังเคราะห์ นั้น นอกจากจะได้ ไฮโมพอลิเมอร์ และโคพอลิเมอร์ แล้วยังอาจเกิดจากการนำพอลิ- เมอร์นั้นทำปฏิกิริยาเพิ่มอีก ตัวอย่างพอลิเมอร์ เช่น พอลิเอมีน ควอเตอร์นารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงพอลิเมอร์สาขาของพอลิอิมิน

สารเร่งการตกตะกอนที่กล่าวตอนต้น ส่วนใหญ่ได้มาจากการสังเคราะห์ ต่อไปจะกล่าวถึงสารเร่งการตกตะกอนที่มีต้นกำเนิดมาจากแหล่งในธรรมชาติซึ่งอาจมีการนำมาใช้โดยตรง หรือต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติก่อนการนำมาใช้

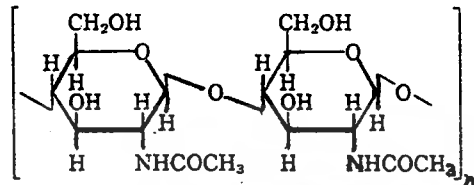
2.2.4 พอลิเมอร์ที่มีส่วนประกอบจากสารธรรมชาติ

อนุพันธ์ของไคติน และ ไคโตแซน (Chitin derivative and Chitasan)

ไคติน[16,18] เป็นพอลิเมอร์ดูดซับน้ำชนิดหนึ่งที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ไคตินเป็นสารที่ให้ความแข็งแรงแก่เปลือกสัตว์ เป็นองค์ประกอบโครงสร้างของเปลือกสัตว์จำพวกกุ้ง ปู หอย แมลง และยังเป็นองค์ประกอบของชิ้นส่วนจากรังไรและกระดูกสันหลังของสัตว์จำพวกไส้เดือนบางชนิด และยังพบไคตินในผนังเซลล์ของเชื้อราและสาหร่ายบางชนิดด้วย ไคตินที่ได้จากแหล่งที่มาต่างกันจะมีความแตกต่างในลักษณะโมเลกุลบ้าง เช่น ความยาวของสายโซ่โมเลกุล รูปแบบของผลึก จำนวนหมู่อะเซทิล ($\text{CH}_3\text{CO}-$) ที่เกาะกับโซ่แตกต่างกัน

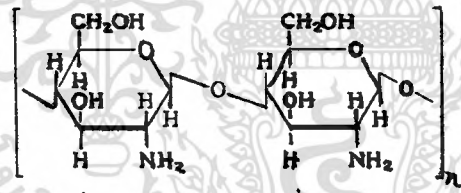
ในปี พ.ศ. 2402 นักเคมีชื่อ รูเกต ได้พบว่าเมื่อนำไคตินมาต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้นมากๆ จะเปลี่ยนไปเป็นสารที่คล้ายกัน แต่มีประโยชน์มากกว่า ที่เรียกว่า ไคโตแซน ปฏิกริยาจะดึงเอาหมู่ อะเซทิล บางส่วนออกจากสายโซ่โมเลกุล เกิดเป็นหมู่เอมีน ($-\text{NH}_2$) ไว้ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ หมู่อะเซทิล จะหลุดออกไปมากขึ้น ด้วยวิธีนี้ทำให้สามารถผลิตโมเลกุลไคโตแซนที่มีคุณสมบัติ และการใช้

ประโยชน์แตกต่างกัน



ไคติน

Conc NaOH
heat



ไคโตแซน

รูปที่ 2.5 แสดงอนุพันธ์ของไคติน และไคโตแซน

ความสามารถในการใช้งานของไคโตแซนจะขึ้นอยู่กับหมู่เอมีน (-NH₂) เมื่อสารนี้ละลายในกรด หมู่นี้จะจับโปรตอนกลายเป็นหมู่(-NH₃⁺) ซึ่งทำให้ไคโตแซนมีประจุไฟฟ้าและมีคุณสมบัติเป็นกรดหมู่ (-NH₃⁺) เป็นโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพในการ

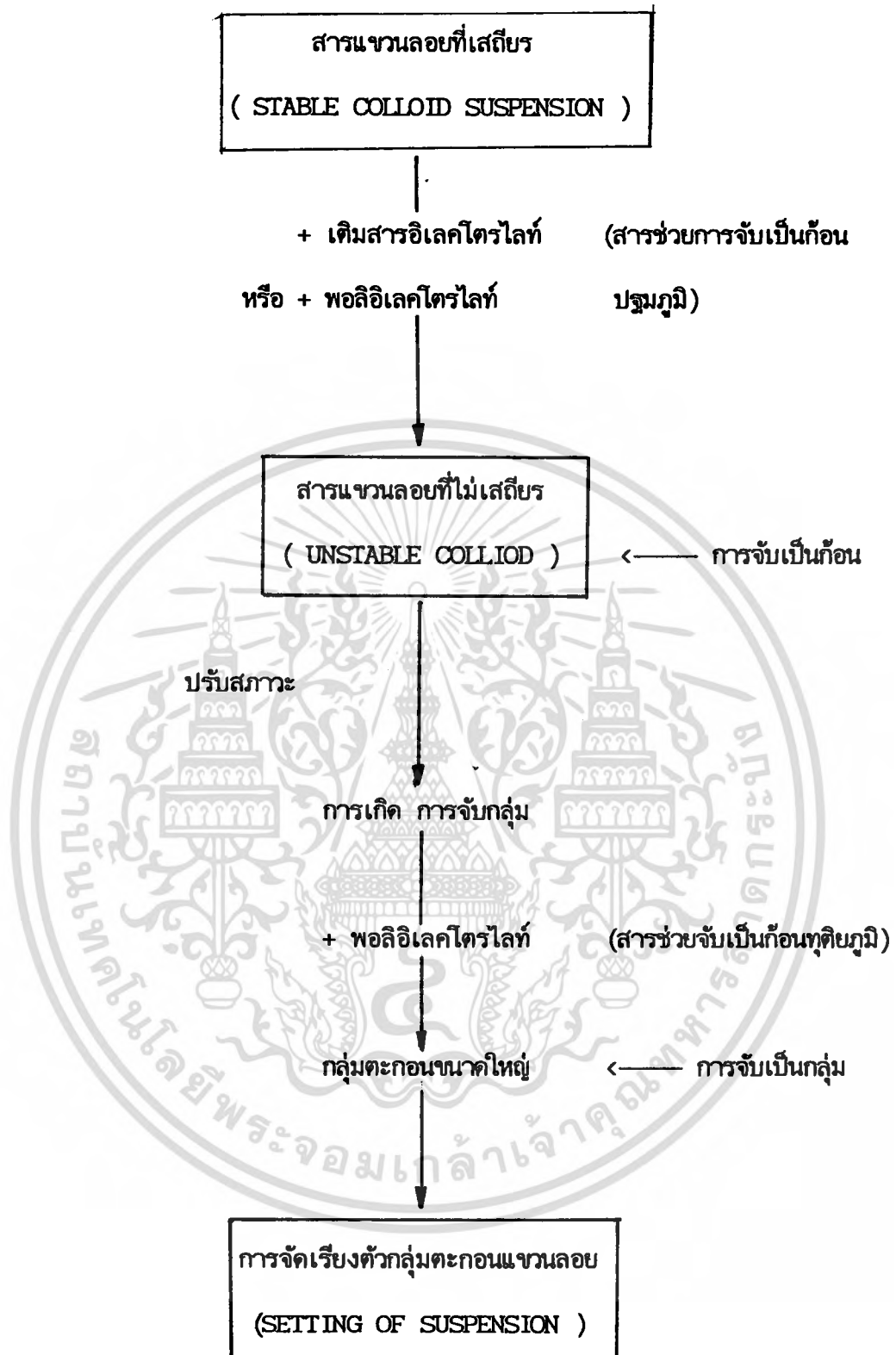
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกอนุภาคที่มีประจุลบซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำ โดยจับกับโมเลกุลเหล่านี้ทำให้สารแขวนลอยไม่เสถียร และตกตะกอนออกมาเป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ

การใช้ประโยชน์นั้นมีมากมาย เช่น ในด้านการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม เนื่องจากโคลินและโคไคแซนเป็นตัวลิแกนด์ที่ดี สามารถเกาะกับอะตอมโลหะในสารละลายได้หลายชนิดโดยเฉพาะโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว ยูเรเนียม มีการใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนเพื่อใช้ในการเพิ่มความใสของน้ำในสระว่ายน้ำ ใช้ในการเพิ่มความคงทนแก่เยื่อกระดาษ นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมพวกเครื่องสำอางยาบำรุงรักษาผม และมีการใช้ร่วมกับ คอลลอยด์ในการแพทย์ โดยการใช้นั้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ในรูปผง สารกันเหนียว ฟิล์ม เส้นใย หรือ สเปรย์ เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการเกิดการจับเป็นก้อน (COAGULATION)

และ การจับเป็นกลุ่ม(FLOCCULATION)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 กลไกการจับเป็นก้อนและการจับเป็นกลุ่ม

จากรูปที่ 2.6 สารเร่งการตกตะกอนแบบพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte flocculant) สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มตามลักษณะและวิธีการใช้ ดังนี้

1. สารช่วยการจับเป็นก้อนปฐมภูมิ (Primary coagulants) เช่น สารประเภท พอลิเอมีน จะมีความหนาแน่นของประจุสูง เป็นประจุบวกที่ต้องการสำหรับประจุลบบนอนุภาคที่แขวนลอย และเริ่มทำให้เกิดการก่อเป็นกลุ่มตะกอน (floc) น้ำหนักโมเลกุลต่ำถึงปานกลาง เพื่อให้การเกิดการจับกลุ่มเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งจะให้ค่าการกำจัดปริมาณสารแขวนลอยสูงสุด

2. สารเร่งการตกตะกอนหรือสารช่วยการจับเป็นกลุ่ม (Coagulant Aids/ Flocculant) เช่น พอลิอะคริลาไมด์ จะมีความหนาแน่นของประจุต่ำ ถูกใช้สำหรับการเพิ่มขนาดกลุ่มตะกอน โดยเกิดการเชื่อมกับกลุ่มตะกอนเริ่มแรก (primary floc) น้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูงเนื่องจากต้องการให้มีขนาดใหญ่ เพื่อช่วยในการจับกลุ่มตะกอนที่มีขนาดเล็ก

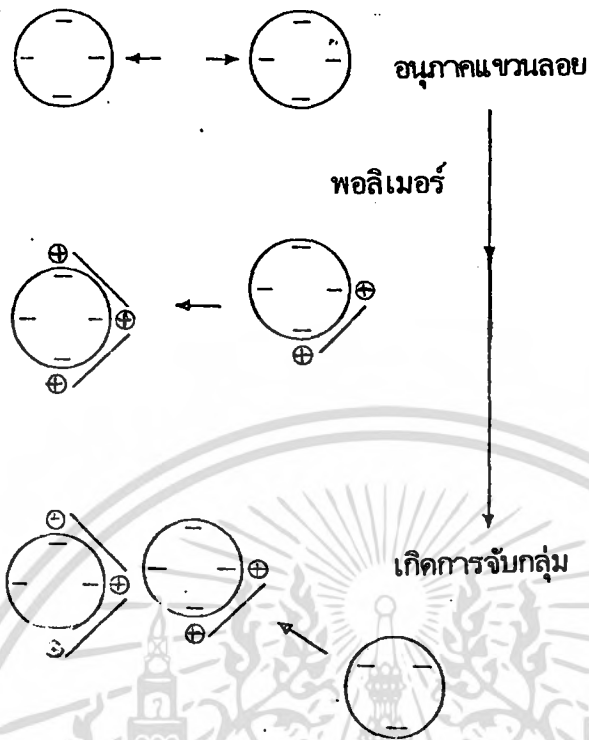
กระบวนการรวมทั้ง 2 แบบมีสมมติฐานที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ Charge Patch Model และ Bridging Model

Charge Patch Model กล่าวว่า ภายในระบบที่มีอนุภาคแขวนลอย มีประจุลบกระจายบนพื้นผิว เมื่อใส่สารเร่งการตกตะกอนที่เป็นพอลิเมอร์ โมเลกุลของพอลิเมอร์นั้นจะถูกดูดซับไปบนพื้นผิวของอนุภาคแขวนลอยด้วยแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) นอกจากนี้จะทำให้อนุภาคแขวนลอยที่ตำแหน่งที่ดูดซับโมเลกุลพอลิเมอร์มีสภาพเป็นกลางแล้ว อาจมีประจุบวกซึ่งมากเกินไปถูกดูดซับโดยประจุลบที่ตำแหน่งอื่นบนพื้นผิวอนุภาคแขวนลอย ทำให้เกิดเป็นลักษณะแผ่นของประจุบวก ปกคลุมรอบอนุภาคแขวนลอยนั้น

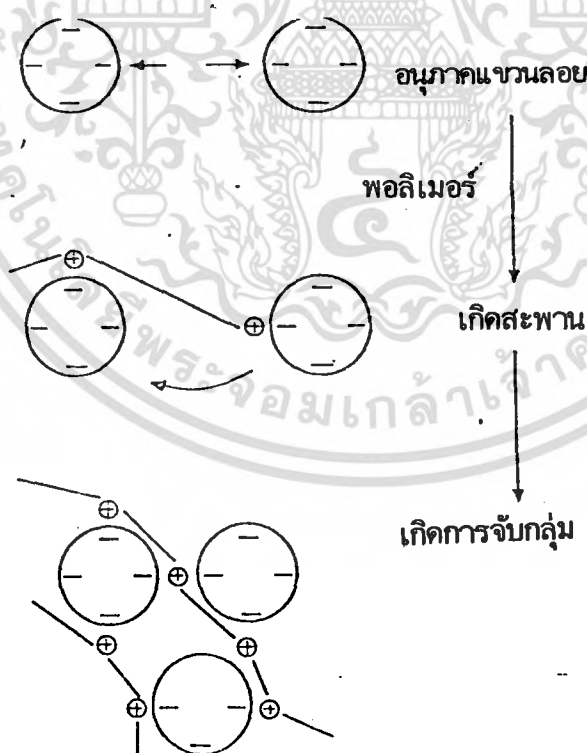
Bridging Model กลไกนี้จะเกี่ยวข้องกับการใช้พอลิเมอร์ที่น้ำหนักโมเลกุลสูง (สูงกว่าแบบแรก) สายโซ่มีความยาว ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกดูดซับโดยพื้นผิวของอนุภาค สายโซ่พอลิเมอร์ซึ่งยาวนั้นจะอยู่ในลักษณะที่พันและเกี่ยวกันเป็นวง ส่วนท้ายของสายโซ่นั้นจะถูกดูดซับโดยอนุภาคแขวนลอยอื่น เกิดลักษณะเป็นสะพาน (bridge) เชื่อมระหว่างอนุภาคทั้งสอง ในระบบจะเกิดการเชื่อมลักษณะดังกล่าวทั่วทั้งระบบ

ในระบบที่มีอนุภาคแขวนลอย และ สารเร่งการตกตะกอน มักจะเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวควบคู่กันไป แต่จะเกิดแบบใดมากกว่า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณสารเร่งการตกตะกอน ลักษณะและน้ำหนักโมเลกุลของสารเร่งการตกตะกอน ปริมาณอนุภาคแขวนลอยในระบบ เป็นต้น





รูปที่ 2.7 แสดง Charge Patch Model



รูปที่ 2.8 แสดง Bridging Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยในการพิจารณาการเลือกใช้สารเร่งการตกตะกอน ได้แก่

1. ธรรมชาติและลักษณะของอนุภาคที่แขวนลอย (Substrate) เช่น ปริมาณสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ความหนาแน่นของประจุสุทธิบนพื้นผิว ความเป็นกรดต่างของอนุภาคที่แขวนลอย อุณหภูมิของระบบ (เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน) ความแรงของไอออนของสารละลาย (Ionic strength)

2. พลศาสตร์และผลของแรงเฉือน (Dynamic and Shear effect) เช่น สภาวะของการผสมระหว่าง สารเร่งการตกตะกอนกับอนุภาคแขวนลอย ลักษณะของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ที่ใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ปฏิริยาเคมี

2.3 ปฏิริยาเคมีที่ใช้ในการเติมหมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะลงบนสายโซ่พอลิเมอร์ (post functionalized) [5,18,19]

การเติมหมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะลงบนสายโซ่ของพอลิเมอร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงคุณสมบัติเชิงเคมี และเชิงกายภาพของพอลิเมอร์นั้น โดยคำนึงถึงการนำพอลิเมอร์ที่เติมหมู่ทำหน้าที่เฉพาะแล้วไปใช้งาน

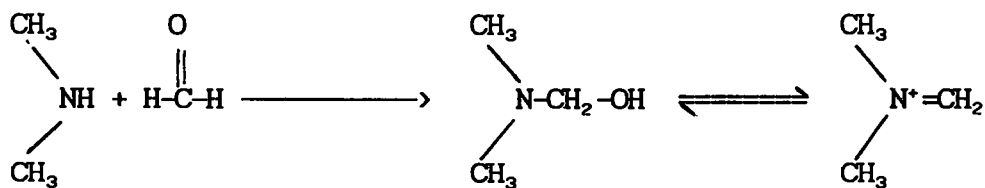
ในทางปฏิบัติสามารถเลือกใช้ปฏิริยาเคมีที่ใช้ในการเติมหมู่ทำหน้าที่เฉพาะได้หลายอย่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของพอลิเมอร์หรือโคพอลิเมอร์ ปริมาณและชนิดของหมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะบนสายโซ่หลัก หรือ สายโซ่ย่อย คุณสมบัติและการนำพอลิเมอร์ที่ทำปฏิริยาแล้วไปใช้

ปฏิริยา แมนนิช (Mannich Reaction) เป็นชื่อเฉพาะในการเรียกปฏิริยาอะมิโนอัลคิลเลชัน (Aminoalkylation) ซึ่งเป็นปฏิริยาระหว่าง พอร์มาลดีไฮด์ กับ ไดอัลคิลเอมีน แบบปฐมภูมิหรือแบบทุติยภูมิ ที่มีอะตอมคาร์บอน 1-4 อะตอม

พอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้อาจอยู่ในรูปของแข็งคือ พาราพอร์มาลดีไฮด์ (para formaldehyde) หรือ อยู่ในรูปสารละลายพอร์มาลดีไฮด์

ไดอัลคิลเอมีน เช่น ไดมethyl เอมีน ไดเอทิลเอมีน เอ็น-เอ็น-เมทิล เอทิลเอมีน (N,N-methyl ethylamine) เป็นต้น

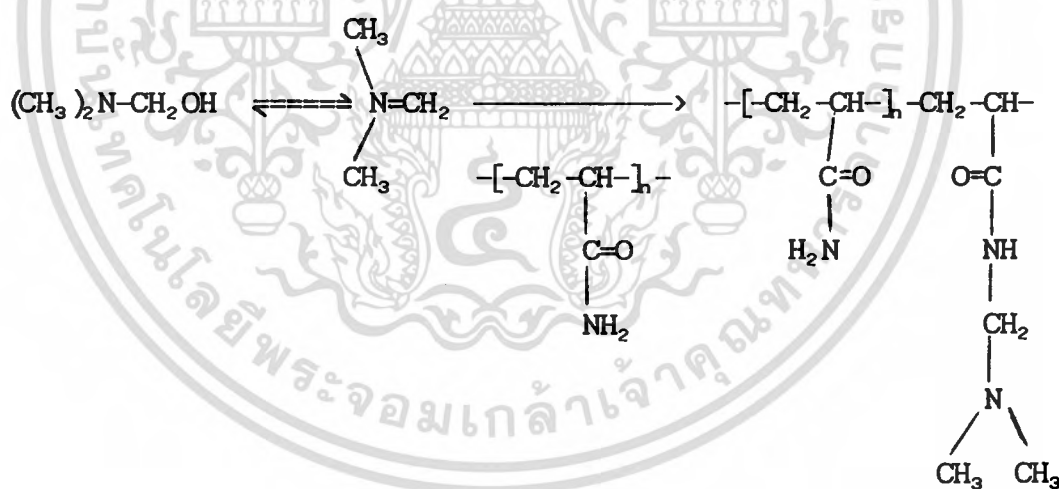
จากการศึกษาด้วยเครื่อง NMR [18] โดยใช้คาร์บอนที่เป็นธาตุไอโซโทปของนาย McDonal พบว่าปฏิริยาระหว่างพอร์มาลดีไฮด์ กับไดเอทิลเอมีน มีกลไกการเกิดปฏิริยาดังสมการการเกิดปฏิริยาข้างล่างนี้



อิมิเนียม แคตไอออน

สารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า อิมิเนียม แคตไอออน (iminium cation) ส่วนสารตั้งต้นอีกตัวที่ทำปฏิกิริยา มักเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นนิวคลีโอไฟล์ (Nucleophile) หรือสารที่มีไฮโดรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (Active-hydrogen) ตัวอย่างเช่น

สารประเภทฟีนอล (Ar-OH) สารประเภทเอไมด์ (R-CONH₂)

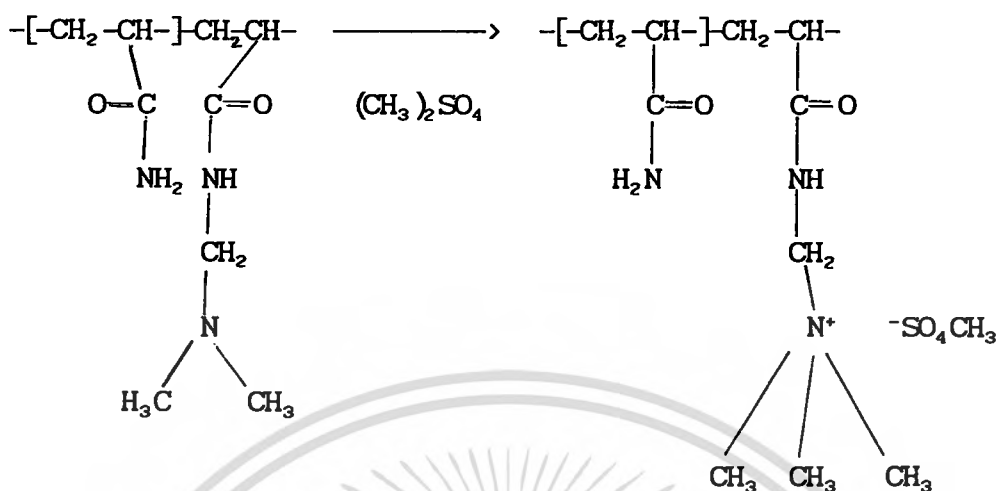


รูปที่ 2.9 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง PAM กับแมนนิชเบส

ถ้านำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเติมสาร ควอเตอร์นารี เช่น ไดเมทิลซัลเฟต เมทิลคลอไรด์

เมทิลโบรไมด์

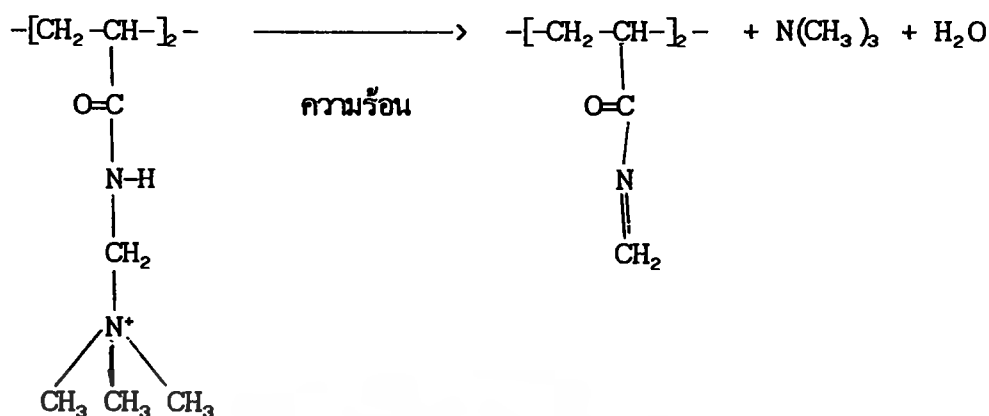
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงกลไกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง CPAM กับ DMS

โดยสภาวะในการทำปฏิกิริยาจะต้องมีการควบคุมให้ดีเช่น เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา หากถ้าอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงกว่า 80 °ซ เวลาที่ใช้ควรต่ำกว่า 15 นาที ถ้าเวลามากกว่านี้จะทำให้สารเกิดการสลายตัว นอกจากนี้ความเข้มข้นอัตราส่วนระหว่างปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ต่อปริมาณไดเมทิลเอมีน ก็มีผลเช่นกัน ถ้าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์มากเกินไป ก็จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ละลายน้ำ อัตราส่วนปริมาณไดเมทิลเอมีนต่อปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสม ประมาณ (1.1 หรือ 1.2) จะช่วยในเรื่องความเสถียรของหมู่อะมิโนเมทิลเลทในผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าสูงเกินไปจะเป็นผลเสีย ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงซึ่งไม่ต้องการเกิดขึ้น

ในการเตรียมการเติมหมู่เมทิล ดังรูปที่ 2.10 จะต้องมี การควบคุมอุณหภูมิและค่า pH ให้เหมาะสม มิฉะนั้นอาจจะเกิดปฏิกิริยาการกำจัดแบบฮอฟแมน (Hofmann Elimination) ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยา แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดแบบฮอฟแมนที่เกิดขึ้นกับ PAM

ในการเตรียม แคตไอออนิกพอลิแซคคาไลด์ ความเข้มข้นซึ่งมีหมู่แทนที่แคตไอออนหลายตำแหน่งต่อ 1 หมู่ไฮดรอกซิล สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาให้เกิดเฉพาะตำแหน่ง (site selective) ได้โดยการควบคุม pH [20]

ช่วงแรกปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์ กับสารเคมีจะอยู่ที่ pH 9–12.5 หลังจากนั้นให้ปรับ pH มาที่ 7–9 ปฏิกิริยารุนแรงที่สุดจะเกิดขึ้นระหว่าง อนุพันธ์ของพอลิเมอร์กับ สารควอ-เตอนารี (quaternary agent) ซึ่งการควบคุม pH เป็นขั้นที่จะทำให้สารเคมีที่ใส่ลงไป จะเลือกทำปฏิกิริยากับหมู่แทนที่มากกว่าจะไปทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิแซคคาไลด์

ส่วนที่ 3 แป้ง

2.4 แหล่งที่พบแป้ง

แป้ง [21] เป็นสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในพืชทุกชนิดโดยสะสมอยู่ในเซลล์เช่น ไนโบ ราก ลำต้น เมล็ดของพืช เป็นต้น ซึ่งเซลล์เหล่านี้มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1 - 1000 ไมโครเมตร หรือมากกว่านั้น ในขณะที่แป้งที่สามารถพบในพืชทุกชนิด แต่มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถนำมาผลิตในเชิงการค้าได้

รูปร่างและขนาดของแป้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาทำการผลิต เช่น แป้งข้าวโพด มีรูปร่างหลายเหลี่ยม หรือ อาจจะมีลักษณะทรงกลม แป้งมันสำปะหลัง มีรูปร่างทรงกลมทึบตัด แป้งข้าวเจ้ามีรูปร่างหลายเหลี่ยม

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงชนิดของแป้ง แหล่งที่พบ อุณหภูมิการเกิดเจล และปริมาณอะไมโลส

ชนิดของแป้ง	แหล่งที่พบ	เส้นผ่าศูนย์กลาง ($\mu\text{m}.$)	อุณหภูมิการเกิด เจล ($^{\circ}\text{C}$)	ปริมาณอะไมโลส (%)
ข้าวโพด	เมล็ด	5 - 26(15)	62 - 72	22 - 28
มันฝรั่ง	ราก	15-100(33)	59 - 68	23
มันสำปะหลัง	ราก	5 - 25(20)	62 - 73	17 - 22
ข้าวเจ้า	เมล็ด	3 - 8 (5)	68 - 78	16 - 17
ข้างฟ่าง	เมล็ด	2 - 35	58 - 64	17 - 27

2.5 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ ที่เป็นวัสดุผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส และ อะไมโลเพกติน

1. อะไมโลส (amylose) เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น โดยที่หน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose unit) เชื่อมกันด้วยพันธะอัลฟา-ดี (1-4) กลูโคซิดิก [$-D (1-4) \text{ glucosidic bond}$] ขนาดของโมเลกุลขึ้นอยู่กับหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 200 – 2000 หน่วย และที่ตำแหน่งปลายสุดของโมเลกุล อะไมโลส สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ก. โมเลกุลรีดิวซ์ซึ่งที่ปลาย (reducing end of the molecule) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุลซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ 2 หมู่ และหมู่อัลดีไฮด์รีดิวซ์ซึ่ง 1 หมู่

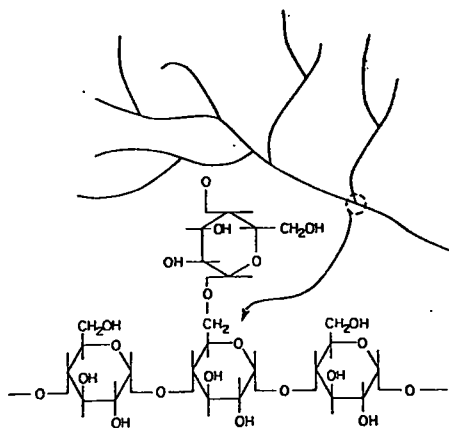
ข. โมเลกุลนอนรีดิวซ์ซึ่งที่ปลาย (nonreducing end of the molecule) มีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสที่ปลายโมเลกุล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 1 หมู่ หมู่ไฮดรอกซิลปฐมภูมิ 3 หมู่ จำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลจะแสดงถึงคุณสมบัติการชอบน้ำของแป้ง (hydrophilic) เช่น การกระจายตัวในน้ำ การดูดความชื้น

เนื่องจากแป้งมีหน่วยที่ซ้ำแบบเชิงเส้นจึงมีความสามารถในการเคลื่อนของโมเลกุล การมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวในแนวขนาน และใกล้พอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ มีผลทำให้คุณสมบัติการชอบน้ำของแป้งและการละลายลดลง โมเลกุลของอะไมโลสสามารถจะก่อสารประกอบเชิงซ้อนรอบโมเลกุลไอโอดีน โดยสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะมีสีน้ำเงิน จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณอะไมโลสในแป้งได้

2. อะไมโลเพกติน (amylopectin) เป็นโพลิเมอร์แบบสาขา (branch polymer) ประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยพันธะอัลฟา-1,4

ไกลโคซิดิก และเกิดสาขาที่ตำแหน่งที่ 6 ในแต่ละสาขาประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 20 – 30 หน่วย จากการที่โมเลกุลอะไมโลเพกตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และความเป็นสาขา ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแป้งลดลง และขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเพกตินจะไม่ก่อสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน

ส่วนที่เป็นเชิงเส้นของโมเลกุลอะไมโลเพกตินและอะไมโลสจะจัดเรียงตัวแบบขนาน ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้นส่งผลทำให้เกิดผลึกแบบไมเซล (micellar crystalline) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติแบบไบรีฟรินเจนซ์ (birefringence)



รูปที่ 2.12 แสดงโมเลกุลของอะไมโลแพคติน

2.6 ปรากฏการณ์การเกิดเจล

เมื่อเม็ดแป้งที่อยู่ในน้ำได้รับความร้อนที่สูงกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล มีผลทำให้พันธะไฮโดรเจนอ่อนลง โมเลกุลของน้ำจึงสามารถไปแทรกในส่วนที่เป็นเชิงเส้นของอะไมโลแพคตินได้ ส่งผลให้โมเลกุลของแป้งก่อรูปเป็นเกลียวทำให้แป้งสามารถคูดน้ำและบวมตัวได้หลายเท่า ในระหว่างการก่อรูปเป็นเกลียวมีแนวโน้มที่สารแขวนลอยแป้งจะเริ่มใสขึ้น และความหนืดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุดที่แป้งคูดน้ำได้มากที่สุด จุดนี้เป็นจุดที่เกิด "ปรากฏการณ์การเกิดเจล" ถ้าให้ความร้อนต่อไป เม็ดแป้งจะแตกออก ความหนืดจะลดลง ในกรณีของแป้งที่ได้มาจากธัญพืช เช่น ข้าวโพด ในการที่จะเกิดเจลเม็ดแป้งจะต้องมีความเข้มข้นเพียงพอ อุณหภูมิที่ทำให้แป้งสูญเสียคุณสมบัติไบรีฟริงเจนท์ 98% จะเรียกว่า "จุดสุดท้ายของการเกิดเจล" (gelationization end point)

2.7 การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้กรด (Modification by acid)

[21,22]

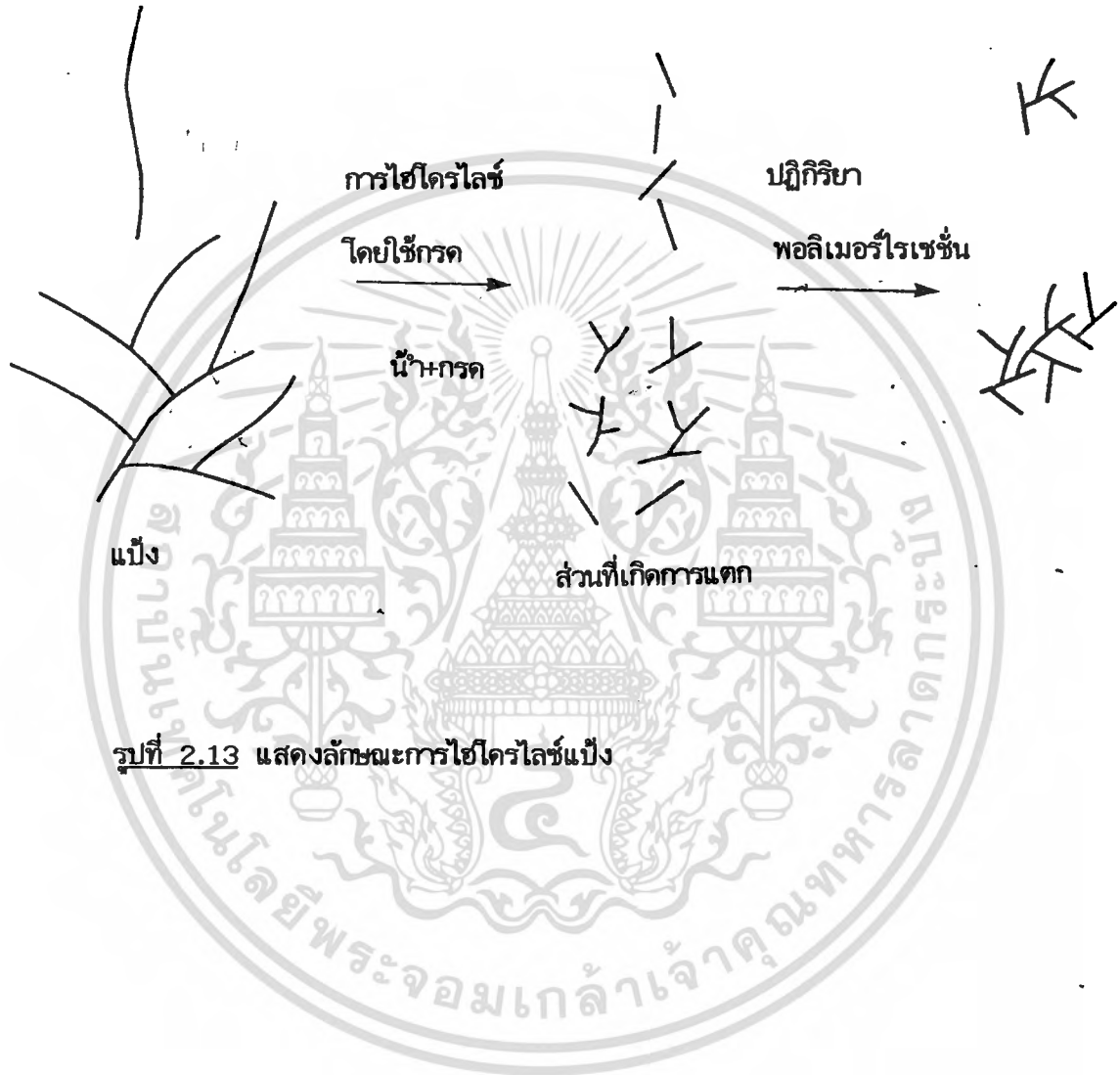
การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้กรด สามารถทำได้โดยการไฮโดรไลซ์เม็ดแป้งด้วยกรด ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิดเจล ปฏิกริยาไฮโดรไลซ์สามารถควบคุมได้จากค่าความหนืดในระหว่างปฏิกริยา การหยุดปฏิกริยาสามารถทำได้โดยการทำให้สารละลายเป็นกลาง เมื่อถึงค่าความหนืดที่ต้องการ อัตราเร็วของปฏิกริยาการไฮโดรไลซ์จะขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของกรด อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในปฏิกริยา

แป้งไฮโดรไลซ์ที่ได้จะยังมีโครงสร้างเป็นแบบไบรีฟริงเจนท์ (birefringence) สันนิษฐานว่ากรดจะเข้าไปทำปฏิกริยากับเม็ดแป้งในบริเวณออสันฐานอย่างรวดเร็วโดยสามารถเกิดปฏิกริยาได้มากกว่าส่วนที่เป็นผลึก ทำให้ในช่วงต้น อะไมโลแพคตินในเม็ดแป้งจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็ว และมากกว่าอะไมโลส

นอกจากนี้แป้งไฮโดรไลซ์จะมีหมู่รีดิวซ์ที่สายโซ่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มจำ

นวนโมเลกุลสายโซ่ที่สั้น การวัดจำนวนของหมู่รีดิวซ์สามารถวัดได้โดยใช้จำนวนของเบส

(alkali numbers)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

พืชต่างๆที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. ไม้ยืนต้น(Wood) ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการให้เส้นใยเป็น 2 ประเภท คือ

- ไม้สน (Softwood) เช่น สน 2 ใบ ไม้พวกนี้จะให้เส้นใยยาว (long fibre)

- ไม้ใบกว้าง (Hardwood) เช่น ต้นยูคาลิปตัส ไม้พวกนี้จะให้เส้นใยสั้น (short fibre)

2. ไม้ล้มลุก (NonWood Plant) โดยทั่วไปแหล่งวัตถุดิบประเภทนี้แบ่งเป็น 3

แหล่ง คือ

- ผลิตผลพลอยได้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย
- พืชล้มลุกที่ขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ไม้ไผ่ หญ้าจรรยา ต้นอ้อ ต้นกก
- พืชปลูกหมุนเวียนในรอบปีเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเส้นใย

2.8 วัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ

ในการเลือกชนิดของพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษมักพิจารณาจาก

1. การให้เส้นใยที่ใช้งาน
2. ความยากง่ายต่อการต้มย่อยเป็นเยื่อ
3. ความสามารถทนต่อปฏิกิริยาในการต้มย่อย
4. แหล่งและการจัดหา
5. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา รวบรวม ขนส่ง

ในประเทศไทยมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษอยู่หลายแห่ง ซึ่งใช้วัตถุดิบในการผลิตแตกต่างกัน ในที่นี้ขอกล่าวแนะนำวัตถุดิบที่บริษัท สยามเซลลูโลส ใช้เพื่อผลิตเยื่อกระดาษ คือ ชานอ้อย ไม้ไผ่ และไม้ยูคาลิปตัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการนำวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร (ฟางข้าว, ชานอ้อย) มาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษก็ยังมีข้อจำกัดในหลายเรื่องเช่น

1. ปริมาณที่มีจำกัดเพียงแค่อุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยว
2. ปริมาณมีไม่มากพอที่จะป้อนโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่อง
3. การเก็บรักษามีความยุ่งยาก และอาจเกิดความชื้น เชื้อรา ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
4. คุณภาพด้านความยาวและสีของเส้นใยไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

ไม้ไผ่ (Bamboo)

ไม้ไผ่เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นแข็งแรง เนื้อไม้แข็ง มีก้านใบชัดเจน โดยทั่วไปพันธุ์ที่ได้รับการส่งเสริมในการปลูกมี 3 ชนิด คือ ไผ่ตง ไผ่เลี้ยง ไผ่รวก

ไม้ไผ่จะมีเนื้อไม้ที่มีคุณสมบัติ เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะได้เส้นใยที่ยาวและมีคุณภาพสูงกว่าเส้นใยที่ได้จากเส้นใยชนิดอื่น จึงเหมาะสำหรับการผลิตกระดาษที่มีคุณภาพที่ดี โดยทั่วไปไม้ไผ่ที่จะใช้ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษควรมีอายุเกิน 2 ปีขึ้นไป โดยความยาวลำต้นประมาณ 1.5 – 3 เมตร

ชานอ้อย (Bagasse)

ต้นอ้อย มีส่วนประกอบหลักใหญ่อยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำและน้ำตาล ส่วนที่เป็นของแข็ง ส่วนนี้เองเป็นส่วนที่เหลือออกมาหลังจากที่สกัดน้ำตาลออกแล้ว กากส่วนที่เหลือจะเรียกว่า ชานอ้อย ซึ่งจะมีปริมาณประมาณ 25-30 % (ความชื้น 50 %) ของน้ำหนักต้นอ้อยที่ส่งเข้าโรงงานน้ำตาล

ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้มาช่วยทดแทนเยื่อที่ทำจากไม้ ซึ่งนับวันจะหายากและมีราคาแพงขึ้น ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบประเภทไม้ล้มลุกซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตผลทางการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบทางกายภาพของชานอ้อย

ชานอ้อยที่ออกจากโรงงานน้ำตาลมีส่วนประกอบใหญ่ 3 ส่วน คือ

1. ความชื้น (moisture) ประมาณ 48-53 %
2. เส้นใย(fibre) ประมาณ 43-52 % เส้นใย ประกอบด้วย เนื้อเยื่อที่สำคัญ 2 ชนิด คือ
 - ก) เส้นใยแท้ (true fibre) เป็นส่วนที่เหนียวผนังเซลล์แข็ง รูปร่างของเซลล์เป็นรูปกรวยเป็นส่วนที่นำมาทำเยื่อกระดาษ
 - ข) ขุขี้ (pith) เป็นส่วนประกอบที่อ่อนนุ่มไม่มีความเหนียวในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษต้องทำการแยกส่วนนี้ออกให้มากที่สุด เนื่องจากไม่มีประโยชน์ในการผลิตเยื่อกระดาษ อัตราส่วนของเส้นใยแท้ ต่อ ขุขี้ ประมาณ 2.5 ต่อ 1
3. ของแข็งที่สามารถละลายน้ำ (soluble solid) ซึ่งประมาณ 2-5 % ส่วนใหญ่ เป็นน้ำตาลที่เหลือติดมากับชานอ้อย (Residual sugar) มีประมาณ 2-5 %

ชานอ้อยมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่มาก 2 ชนิด คือ ไฮโดรเซลลูโลส (Holocellulose) ประมาณ 73-74 % ลิกนิน (Lignin) ประมาณ 21 % นอกจากนี้ เป็นพวก ซิลิกา (Silica) และสารละลายน้ำต่างๆ

ไฮโดรเซลลูโลส ประกอบด้วย

1. อัลฟาเซลลูโลส (α - Cellulose) เป็น เซลลูโลส ที่ไม่ละลายได้ในโซดาไฟที่มีความเข้มข้น 17.5 % ที่อุณหภูมิห้องเซลลูโลสพวกนี้เราเรียกว่าเซลลูโลสที่บริสุทธิ์ (Purecellulose) สำหรับส่วนที่ละลายในโซดาไฟ 17.5 % เรียกรวมกันว่า เฮมิ-เซลลูโลส (Hemi-Cellulose)
2. เบตาเซลลูโลส (β - Cellulose) คือ ส่วนที่ละลายในโซดาไฟ 17.5 % แล้วตกตะกอนออกเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด (Acidify)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แกมมาเซลลูโลส (γ - Cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ละลายได้ในโซดาไฟ 17.5 % w/w แล้วไม่ตกตะกอนเมื่อในสภาวะที่เป็นกรด แต่ตกตะกอนเมื่อใช้แอลกอฮอล์ (Alcohol)

ในการทำเยื่อกระดาษนั้น จะต้องคำนึงถึง ปริมาณอัลฟาเซลลูโลสซึ่งตัวนี้ จะเป็นตัวชี้ว่า % ผลผลิต (Yield) (% ปริมาณกระดาษที่จะผลิตได้) จะสูงหรือต่ำเพียงใด

ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินเป็นตัวเชื่อมเส้นใย (Fibre) ให้ติดกัน ลิกนินมีผลต่อความเหนียวและสีของกระดาษเยื่อกระดาษที่ดี ควรมีลิกนินปริมาณน้อย

2.9 การผลิตเยื่อขานอ้อย

ขบวนการผลิตเยื่อ แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ คือ

1. ขบวนการผลิตแบบเชิงกล (Mechanical Pulp) คือ กระบวนการผลิตเยื่อที่ใช้พลังงานกลโดยใช้แรงงาน ในการบดเยื่อใช้เครื่องบดคดไม้จนแตกเป็นชิ้นเล็กๆให้ปริมาณเยื่อต่อวัตถุดิบ (Yield) สูง อาจจะมีการใช้พลังงานความร้อน หรือสารเคมีเข้าช่วยบ้างเล็กน้อย เพื่อผลในการปรับปรุงคุณภาพของเยื่อ

2. ขบวนการกึ่งสารเคมี (Semi-Chemical Pulp) คือกระบวนการผลิตเยื่อที่ใช้ทั้งพลังงานกล พลังงานความร้อนและสารเคมีร่วมกันกระบวนการนี้จะใช้พลังงานน้อยกว่าแบบแรก สารเคมีจะใช้ช่วยสกัดเยื่อจากไม้ แล้วจึงใช้เครื่องทำการบดเยื่อที่อุณหภูมิสูง

3. ขบวนการทางเคมี (Chemical Pulp) เป็นกระบวนการที่ใช้เฉพาะพลังงานความร้อนกับสารเคมีเป็นหลักสารเคมีที่ใช้เช่น ขบวนการที่ใช้โซดา (Soda Process) , ขบวนการทางคราฟท์ (Kraft Process)

ขานอ้อยที่ได้จากกระบวนการแยกขุยอ้อย จะถูกป้อนเข้าสู่หม้อต้ม ซึ่งจะทำการต้มขานอ้อยกับโซดาไฟ (NaOH) โดยต้มรวมกับไอน้ำที่อุณหภูมิ 170 °ซ ใช้

เวลาที่ประมาณ 18 นาที หลังจากนั้นจะถูกปล่อยลงสู่ถังเป่าลมเย็น (Cold Blow) เพื่อลดความดันและอุณหภูมิ เปื่อที่ออกจากถังเป่า (Blow Tank) จะถูกกรองแยกของหนักออก โดยใช้ แรงเหวี่ยงเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centrifugal Force)เหวี่ยงแยกของหนักออก ต่อจากนั้นก็ผ่านกระบวนการล้างเปื่อออกไป

กระบวนการล้างเปื่อ

เปื่อที่ได้จะนำมาล้างโดยเครื่องล้าง (Washer) ซึ่งมีทั้งหมด 4 เครื่องต่ออนุกรมรวมกัน โดยจะล้างเอาสารเคมีที่ใช้ในการต้มเปื่อ และสารอื่นๆ ออกจากเปื่อ น้ำที่ใช้ล้างเปื่อจะใช้น้ำร้อนจากเครื่องระเหย (Evaporator) โดยจะล้างสวนทิศทางการไหลของเปื่อคือน้ำที่ล้างจะถูกนำไปใช้ล้างต่อถัดไปสุดท้ายน้ำที่มีเปื่ออยู่จะมีความเข้มข้นราว 12 - 13 % ของแข็ง ซึ่งถูกเรียกว่าน้ำล้างสีดำ (Black Liquor) ซึ่ง น้ำล้างสีดำนี้จะผ่านกระบวนการนำสารเคมีกลับคืนต่อไป ส่วนเปื่อที่ได้จะไปผ่านกระบวนการทำความสะอาดเปื่ออีกขั้นตอนหนึ่ง

กระบวนการทำความสะอาดเปื่อ

เปื่อที่ผ่านกระบวนการล้างออกจากเครื่องล้างจะผ่านการกรองด้วยตะแกรงแนวตั้ง (Vertical Screen) และถูกทำการแยกของเบาและของหนักออกตามลำดับ หลังจากนั้นจะผ่านชุดเครื่องทำให้ข้น (Thickener) เพื่อทำให้น้ำที่มีเปื่ออยู่มีความเข้มข้นประมาณ 8 % Solid แล้วนำไปเก็บในถังเก็บเพื่อใช้งานต่อไป

2.10 การผลิตเปื่อฟอก

มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการฟอกเปื่อและผลิตเปื่อเป็นแผ่น (Sheet) โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความขาวสว่าง (Brightness) ของเปื่อชานอ้อยเพื่อใช้ในการผลิตกระดาษพิมพ์เขียนเป็นหลัก กระบวนการที่ใช้ในการทำให้เปื่อชานอ้อยที่ได้จากแผ่นผลิตเปื่อชานอ้อยให้มีความขาวสว่างมากขึ้น คือ การใช้สารเคมีในการแยกสลายลิกนินออก และการกำจัดลิกนินที่เหลืออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการฟอกเยื่อ จะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ให้คุณสมบัติด้านความเหนียวของเยื่อที่ฟอกแล้ว คงอยู่ตามเดิมเหมือนเยื่อที่ยังไม่ฟอก
2. ให้ได้ความขาวสว่าง (Brightness) ตามต้องการ และคงอยู่นานที่สุด โดยไม่ซีดจาง
3. มีผลผลิตเยื่อ (Pulp yield) สูง หรือมีการสูญเสียเยื่อที่น้อยที่สุด (Yield ประมาณ 92–93 %)
4. ต้นทุนต่ำ นั่นคือการใช้สาธารณูปโภค (Utilities) ต่ำสุด

วัตถุดิบในการฟอกเยื่อ

วัตถุดิบที่ใช้ในการฟอกเยื่อนั้นมี 2 อย่างใหญ่ๆ คือ

1. วัตถุดิบเส้นใย ได้แก่ เยื่อชานอ้อย
2. วัตถุดิบสารเคมี ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการฟอก หรือลำดับของการฟอก (Bleaching Sequence) สารเคมีที่ใช้ในการฟอกได้แก่ คลอรีน (Chlorine, Cl_2) โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Caustic Soda, NaOH) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium Hypochlorite, NaOCl) และโซเดียมซัลไฟต์ (Sodium Sulphite, Na_2SO_3)

ปัจจัยที่มีผลต่อการฟอกเยื่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อความขาวสว่างและคุณสมบัติของเยื่อฟอก ได้แก่

1. อุณหภูมิ (Temperature)
2. เวลา (Time)
3. ความข้นเหลว (consistency) ถ้าไม่พอที่จะผสมไม่ได้ ปฏิบัติไม่ได้ สมบูรณ์
4. Chemical Charge คือ สารเคมีที่ใช้ในแต่ละขบวนการ
5. ค่า pH มีผลเกี่ยวกับคุณภาพโดยตรง ถ้า pH ต่ำเกินไปเยื่อที่ได้จะไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมการฟอกเยื่อ (Bleaching Sequence)

ในการพิจารณาว่า ลำดับการฟอกเยื่อจะใช้แบบใด ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ค่าความขาวสว่างที่ต้องการ กรรมวิธีการผลิตเยื่อเป็นต้น สำหรับวิธีการที่ใช้อยู่เป็นแบบ C-E-H โดยที่

C หมายถึง การฟอกโดยใช้คลอรีน (Chlorine) เพื่อแยกสลายลิกนิน

E หมายถึง การสกัด (Extraction) ลิกนินที่เหลือจากขั้นแรกโดยใช้โซดาไฟ

H หมายถึง การฟอกโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์

กระบวนการฟอกเยื่อ

การฟอกเยื่อในแต่ละขั้นตอน อาศัยหลักการเหมือนกัน 3 อย่างคือ

1. การผสมสารเคมีและเยื่อให้เข้ากันอย่างดี
2. การทำให้เยื่อและสารเคมีทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์
3. การล้างเอาสารเคมีที่หลงเหลือและสิ่งเจือปน (Impurities) หลงจากที่ทำปฏิกิริยาแล้วออกจากเยื่อโดยใช้น้ำ

เยื่อชานอ้อยที่ทำความสะอาดแล้ว ถูกทำให้เจือจางลงโดยการเติมน้ำเข้าไป หลังจากนั้นจะเติมกาซคลอรีนเข้าไป โดยใช้ น้ำเป็นตัวพาไปผสมกับเยื่อคลุกเคล้ากันได้อย่างทั่วถึง จากนั้นจะส่งต่อไปยังส่วนที่จะปล่อยให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

เยื่อที่ได้จะถูกล้างด้วยน้ำแล้วเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อทำการล้างสิ่งสกปรกที่ทำปฏิกิริยากับกาซคลอรีน (Cl_2) ออกไป จากนั้นจะเข้าเครื่องผสม (mixer) เพื่อทำหน้าที่ผสมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้คลุกเคล้ากับเยื่อที่ได้ดีขึ้นแล้วจะส่งไปยังส่วนที่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์

เยื่อที่ได้จะนำมาล้างด้วยน้ำหลังจากนั้นจึงเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ($NaOCl$) และเติมโซดาไฟลงไปอีกเล็กน้อย สาเหตุที่ต้องเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ลงไปเพราะต้องการจะกัดสีเพื่อให้ฟอกมีความขาวสว่างยิ่งขึ้น และที่ต้องเติมโซดาไฟลงไปอีกก็เพราะต้องการปรับแต่งค่า pH และทำการล้างสีที่สกัดได้จากโซเดียมไฮโปคลอไรต์อีกด้วย

เยื่อที่ได้จะเป็นขั้นสุดท้ายนั้นจะถูกรวามาล้างด้วยน้ำอีกครั้งแล้วเติมโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S_3) เพื่อป้องกันการกลับสีของเยื่อเพราะเยื่อฟอกขาวที่ผ่านการฟอกแล้วถ้าทิ้งไว้นานๆ จะทำให้ความขาวสว่างลดลง

2.11 การควบคุมสิ่งแวดล้อม

แผนกควบคุมสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่หลักในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานของกลุ่มเยื่อและกระดาษให้เป็นไปตามมาตรฐานที่รัฐบาลกำหนดก่อนที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำชลอง ซึ่งถือเป็นความรับผิดชอบต่อสังคมที่สำคัญ การสร้างระบบควบคุมและป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างดี ทำให้ไม่เกิดมลภาวะอันเนื่องมาจากน้ำเสียซึ่งจะก่อความเดือดร้อนให้แก่ประชาชนและพืชผลของเกษตรกร

ความหมายของน้ำทิ้ง

น้ำทิ้ง คือ น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์แล้ว น้ำทิ้งนั้นจะประกอบด้วยสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ สารอินทรีย์ สารแขวนลอย สี ความขุ่น โลหะหนักต่างๆ ความร้อน และสารเจือปนอื่นๆ ขึ้นกับแหล่งที่มีของน้ำทิ้งนั้นการเลือกวิธีในการบำบัดน้ำทิ้งนั้นจำเป็นต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ปริมาณน้ำทิ้งในแต่ละวัน ความสกปรกและสิ่งเจือปนในน้ำทิ้ง มูลค่าการลงทุน และอื่นๆ

วิธีการบำบัดน้ำทิ้ง สามารถกระทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment)เป็นการบำบัดน้ำทิ้งโดย

อาศัย

- การตักด้วยตะแกรง (Screening) เป็นการแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่และหนัก โดยใช้ Bar Screen หรือ Fine Screen

-การกวาด (Skimming) เป็นการกำจัดสิ่งเจือปนพวกน้ำมันหรือสิ่งทีลอยบนผิวน้ำออกได้

- การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการแยกของหนักออกจากน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาศัยการตกตะกอนแยก

- การทำให้ลอย(Floatation) เป็นการแยกสาร โดยการอัดน้ำและอากาศความดัน 40 บาร์ ขึ้นไป จะทำให้สารแขวนลอยนั้นลอยตัวขึ้น จากนั้นใช้เครื่องกวาดออก

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำทิ้งที่มักใช้กับอุตสาหกรรมที่มีน้ำทิ้งเป็นสารเคมีที่มีสภาพเป็นกรดหรือเบส โดยต้องเติมสารเคมีลงไปปรับให้น้ำทิ้งมีสภาพเป็นกลาง ทำให้ตกตะกอนหรือมีการเติมสารก่อตะกอน เช่น $Al_2(SO_4)_3$, $Ca(OH)_2$ ทำให้มีการจับตัวกันของตะกอนเล็กกลายเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ตะกอนตกได้ง่ายขึ้นแล้วจึงแยกตะกอนออก ก่อนที่จะปล่อยออกสู่สาธารณะแต่วิธีนี้มักจะใช้การลงทุนที่สูง เพราะใช้อุปกรณ์ที่ใช้จะมีราคาแพง

3. การบำบัดทางชีววิทยา (Biological Treatment) เป็นวิธีการที่ใช้มากที่สุดในการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ที่อยู่ในรูปต่างๆ โดยจุลินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นแบคทีเรียซึ่งจะไปทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนอิสระ

การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน ในกลุ่มเชื้อและกระดาษ ใช้การบำบัดทางชีววิทยา มักใช้ บ่อแอนแอโรบิก และ บ่อเติมออกซิเจน เป็นหลัก

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งจากจุดต่างๆ ของระบบบำบัดนั้น จะทำโดยแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งในการวิเคราะห์ในปัจจุบันมีดังนี้

1. วัด pH ของน้ำทิ้ง
2. วัดค่าบีโอดี (BOD - Biochemical Oxygen Demand) ซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรีย นำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์
3. วัดค่าซีโอดี (COD - Chemical Oxygen Demand) ซึ่งเป็นการใช้สารเคมีที่เป็นตัวเติมออกซิเจนไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์
4. วัดค่า SS (Suspended Solids) เป็นปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำทิ้งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์

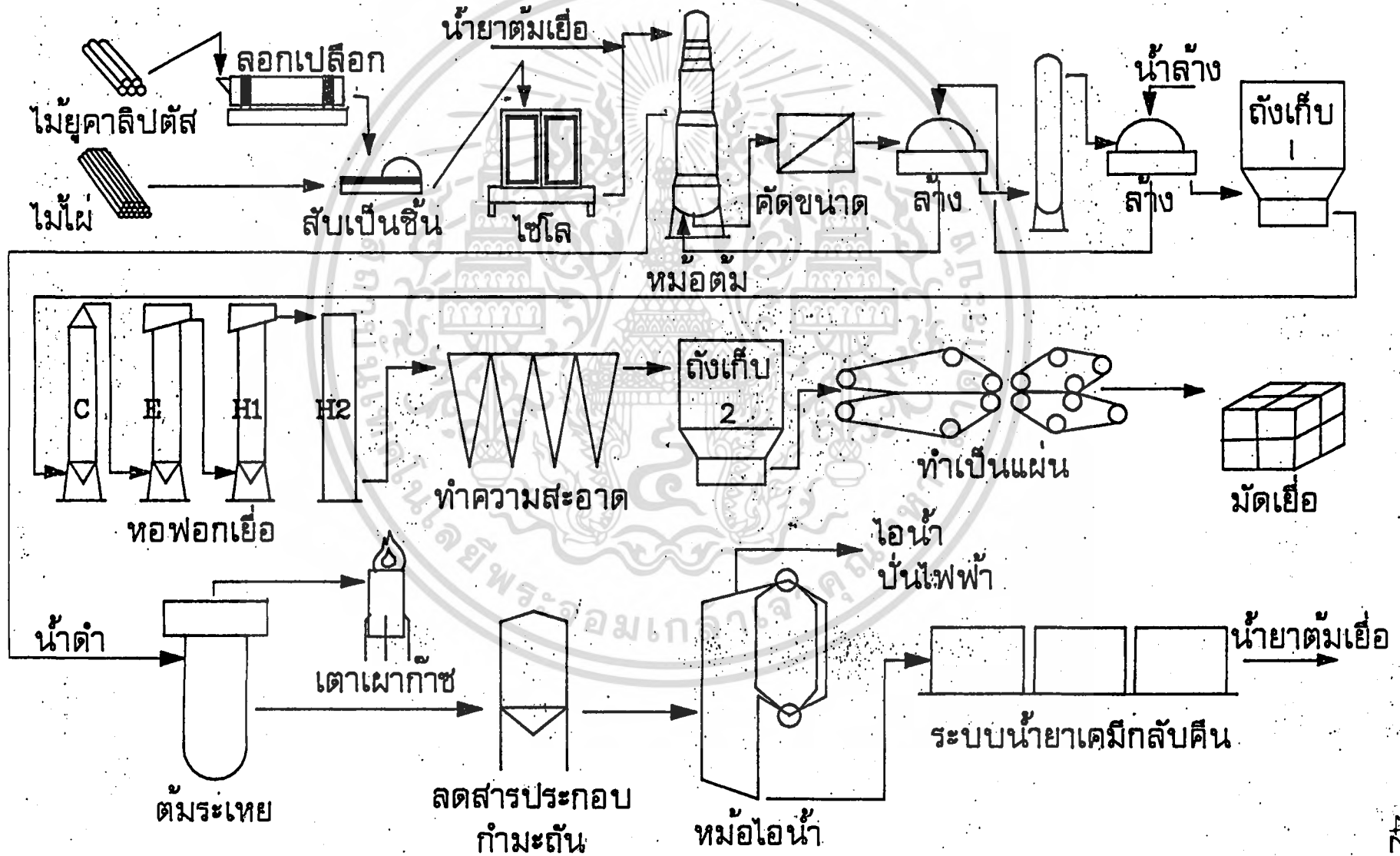
5. วัดค่า DS (Dissolved Solids) เป็นปริมาณสารละลายที่ละลายอยู่ในน้ำ

มาตรฐานในเกณฑ์ที่รัฐบาลกำหนดไว้เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงมาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานเป็อกระดาษ

	มาตรฐานน้ำทิ้ง ของกลุ่มโรงงานกระดาษ	มาตรฐานน้ำทิ้ง ของโรงงานเป็อกระดาษ
VOLUME (MAX)	30,000 M ³ /D	10,000 M ³ /D
BOD (MAX)	20 PPM	100 PPM
SS (MAX)	30 PPM	30 PPM
DS (MAX)	2,000 PPM	2,000 PPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

สารเคมี	เกรด	บริษัทผู้ผลิต
1) แป้งข้าวโพด (Maizena Cornflour)	การค้า	CPC / อายิ (ประเทศไทย) จำกัด
2) แป้งละลายน้ำ		Fluka Chemical
3) Modified Starch		Siam Modified Starch Co.,Ltd
4) อะคริลาไมด์	การค้า	สยามฟายน์เคมี (MITSUI,Ltd)
5) กรดอะคริลิก	การค้า	สยามฟายน์เคมี (MITSUI,Ltd)
6) Na.EDTA	วิเคราะห์	FlukaChemical
7) AMPS	วิเคราะห์	Fluka Chemical
8) โพรพิลีน ไกลคอล	วิเคราะห์	Fluka Chemical
9) โซเดียมคาร์บอเนต	วิเคราะห์	Carbo Erba
10) โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka Chemical
11) เมทานอล	วิเคราะห์	Merck
	การค้า	
12) โซเดียมไนเตรต	วิเคราะห์	Carbo Erba

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี	เกรด	บริษัทผู้ผลิต
13) กรดไนตริก	วิเคราะห์	Merck
14) ฟอर्मัลดีไฮด์ 40 %	วิเคราะห์	Carbo Erba
15) ไคเมทิลเอมีน 40 %	วิเคราะห์	Fluka Chemical
16) ไคเมทิลซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka Chemical
17) แอมโมเนียมคลอไรด์	วิเคราะห์	BDH Chemical
18) กรดซัลฟูริก	วิเคราะห์	Merck
19) กรดไฮโดรคลอริก	วิเคราะห์	Merck
20) โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Fluka Chemical
21) น้ำกลั่น	การค้า	องค์การแบตเตอรี
22) โซเดียมคลอไรด์	วิเคราะห์	Fluka Chemical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เครื่องมือ

1. เครื่องกวนเชิงกล (Mechanical Stirrer) รุ่น R 20-E บริษัท Franz KG (GmbH & Co.) จำกัด
2. ใบพัดกวน (อลูมิเนียม 4 แฉก)
3. เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 °ซ และ 0-300 °ซ
4. อ่างน้ำ (water bath) พร้อมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น Buchi 461 บริษัท Buchi จำกัด
5. เครื่องชั่งละเอียดชนิดนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น MCT Analytic AC 210S บริษัท Sact rius จำกัด
6. อัมเบลไฮลด์ วิสโคมิเตอร์ (Ubbelohde viscometer)
7. ดีฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่งคาลอริมิเตอร์ (differential scanning calorimeter) Perkin Elmer
8. เครื่องกรองสูญญากาศ รุ่น A-3S บริษัท Tokyorikakikai จำกัด
9. Brookfield Synchro-lectric Viscometer (model LVT 230V)
10. เครื่อง FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) รุ่น Perkin Elmer System 2000 FT-IR
11. Freeze Dryer รุ่น FD-1 Eyla บริษัท Tokyo Rikakikai จำกัด
12. เครื่อง IR (Infrared Spectrophotometer) รุ่น IR-810 บริษัท Jasco จำกัด
13. เครื่องกวนเชิงกลแบบแม่เหล็ก รุ่น M21/1 บริษัท Framo-Geratetechnik จำกัด
14. เครื่องบด รุ่น Retsch Type RMO บริษัท GmbH & Co.KG จำกัด
15. เครื่องแก้วต่างๆ ที่มีความจำเป็นในห้องปฏิบัติการ เช่น บีกเกอร์ ขวดวัดปริมาตร กรวยแก้ว บิวเรต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. หม้อปฏิกริยา ขนาด 2000 มล. บริษัท PYREX จำกัด
17. เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ บริษัท SCHOOT GERATE รุ่น TITRONIC T200



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีทดลอง

3.2.1 การเตรียมแป้งไฮโดรไลต์จากแป้งข้าวโพด

ใส่แป้งข้าวโพดจำนวน 700 ก. ลงในหม้อปฏิกริยาขนาด 2 ลิตร ที่มีเครื่องกวนเชิงกลติดอยู่พร้อมที่จะใช้งาน เติมสารละลายกรดซัลฟูริกในน้ำ 1 นอร์มอล จำนวน 700 มล. ลงในหม้อปฏิกริยาแล้วกวนสารที่อยู่ในหม้อปฏิกริยาพร้อมเครื่องกวนเชิงกล (ความเร็ว 800 รอบต่อนาที) ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมาทำการปรับค่าความเป็นกรดค่า (pH) ของสารในหม้อปฏิกริยาให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่มีความเข้มข้น 50 % (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) กรองสารและล้างด้วยเมทานอล หลังจากนั้นทำการอบสารที่กรองได้ที่อุณหภูมิ 40 °ซ ประมาณ 6 ชั่วโมง นำแป้งที่แห้งแล้วมากรองผ่านตะแกรงที่มีขนาด 100 เมช (mesh) เพื่อให้มีขนาดของอนุภาคใกล้เคียงกัน

3.2.2 การเตรียมสารละลาย Na₂EDTA

ชั่งน้ำหนักเกลือโคโรเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซีติก 2 โมเลกุลของน้ำ (ethylene-diaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate) จำนวน 20.8450 ก. ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำมาใส่บีกเกอร์ปริมาตร 250 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 80 มล. กวนสารให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนเชิงกลแบบแม่เหล็ก โดยให้ความร้อนแก่สารขณะกวนเพื่อช่วยให้สารที่เป็นของแข็งละลายหมด แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรเชิงตรง (Volumetric flask) ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 100 มล.

3.2.3 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ในสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 โมลาร์

ซึ่งน้ำหนักของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตจำนวน 1.3500 ก. ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 400 มล. บีบอัดสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 50 มล. คนจนสารละลายเปอร์ซัลเฟตละลายหมด

3.2.4 การทำให้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตบริสุทธิ์ขึ้น

นำโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตมา 10 ก. ใส่บีกเกอร์ 75 มล. ใส่คลอโรฟอร์ม 20 มล. บั่นกวนประมาณ 30 นาที นำมากรอง และอบที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.5 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วมแบบโพลีเมอร์ไรเซชัน

ขั้นตอนที่ 1

เติมน้ำกลั่นลงในหม้อปฏิกริยา ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80 °ซ เติมแบ็ง แล้วทำการกวนโดยใช้เครื่องกวนเชิงกลด้วยความเร็วปานกลาง (800 รอบต่อนาที) จนกระทั่งแบ็งเป็นเจลใส แล้วจึงเติมผงโซเดียมคาร์บอเนตลงไปในหม้อปฏิกริยา พร้อมทั้งนี้ยังคงให้เครื่องกวนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโซเดียมคาร์บอเนตละลายหมดจึงทำการหล่อเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 2

เติมอะคริลามิค สารละลาย Na.EDTA และโพรพิลีนไกลคอลลงในหม้อปฏิกริยาที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ ในขณะที่เติมสารก็ให้กวนตลอดเวลา เมื่อเติมสารตั้งกล่าวเรียบร้อยแล้วก็กวนต่อไปอีก 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 3

เติม AMPS และกรดอะคริลิกลงไปในหม้อปฏิกิริยาทั้งนี้ให้กวนตลอด เวลาด้วยความเร็วสูง (1800 รอบต่อนาที) เมื่อเติมสารดังกล่าวเรียบร้อยแล้วให้กวนต่อไป อีก ประมาณ 5-10 นาที พร้อมทั้งปรับอุณหภูมิของระบบให้ได้ตามที่ต้องการ (เป็นอุณหภูมิที่จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน)

ขั้นตอนที่ 4

เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอลเป็นตัวทำละลาย) จำนวน 5 มล. โดยยังมีการกวนอยู่ตลอดเวลา จับเวลาตั้งแต่เติมโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จนกระทั่งปฏิกิริยาลิ้นสุด (นิยามให้เป็นเวลาในการเกิดปฏิกิริยา)

ขั้นตอนที่ 5

นำพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากขั้นตอนที่ 4 มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 1 วัน นำมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาเก็บไว้ในเคซิเคเตอร์เพื่อป้องกันความชื้น

3.2.5.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา และค่าการดูดซึมน้ำ

ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ การศึกษาผลของชนิดของแป้ง อัตราส่วนของแป้งต่อ [AM] ในการทดลองที่ 1-3 ใช้แป้ง 8.1 ก. อะคริลาไมด์ 42.64 ก. กรดอะคริลิก 28.83 ก. โซเดียมคาร์บอเนต 21.2 ก. น้ำกลั่น 80 มล. Na EDTA 5 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอลเป็นตัวทำละลาย) โพพรพิลีนไกลคอล 0.2 มล. AMPS 3.6 ก. อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 30 °ซ ในการทดลองที่ 4-9 เปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วน [AA]:[AM] ชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้

การทดลอง	ชนิดแป้ง	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแป้ง / น้ำหนักของ AM	ปริมาณแป้ง (ก.)
1	แป้งข้าวโพด	19.0	8.10
2	แป้งไฮโดรไลซ์	19.0	8.10
3	แป้งละลายน้ำ	19.0	8.10
4	แป้งไฮโดรไลซ์	14.0	5.96
5	แป้งไฮโดรไลซ์	16.0	6.82
6	แป้งไฮโดรไลซ์	18.0	7.68
7	แป้งไฮโดรไลซ์	21.0	8.95
8	แป้งไฮโดรไลซ์	23.0	9.81
9	แป้งไฮโดรไลซ์	25.0	10.66

3.2.6 การศึกษาอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

ใช้แป้ง 8.1ก. น้ำกลั่น 80 มล. Na.EDTA 5 มล. โพแทสเซียม-ไกลคอล 0.2 มล. สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 โมลาร์ (กรดไนตริก 1 นอร์มอล เป็นตัวทำละลาย) 5 มล. AMPS 3.6 ก. อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30 °ซ ส่วนปริมาณของอะคริลาไมด์ กรดอะคริลิก โซเดียมคาร์บอเนต เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วน [AA]:[AM] ปริมาณอะคริลาไมด์กรดอะคริลิก และโซเดียมคาร์บอเนต

การทดลองที่	[AA]:[AM]	AM (ก.)	AA (ก.)	โซเดียมคาร์บอเนต (ก.)
1	0.50:0.50	35.54	36.03	26.50
2	0.45:0.55	39.09	32.43	23.85
3	0.40:0.60	42.64	28.83	21.20
4	0.35:0.65	46.20	25.22	18.55

3.2.7 การทดสอบคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม
ก. การหาปริมาณองค์ประกอบของน้ำ (water content)

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 นั้น ประมาณ 1 ก. ด้วยเครื่องซึ่งละเอียด ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80° ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (หรือจนน้ำหนักคงที่) นำมาเก็บในเคซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักที่เหลืออยู่

คำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำจากสูตร

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

เมื่อ A คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์เริ่มต้น (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ผ่านการอบ (กรัม)

ข. การหาค่าการดูดน้ำ (water absorbency)

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม ประมาณ 1 ก. ด้วย เครื่องละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เถลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นผสมเมทานอล (อัตราส่วนน้ำต่อเมทานอล = 2.5 : 1) กวนให้เข้ากันดี แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำการแยกส่วนที่เป็นน้ำออกด้วยที่กรองขนาด 200 เมช นำพอลิเมอร์ร่วมที่ดูดซึมน้ำแล้วไปชั่งน้ำหนัก

คำนวณการหาค่าการดูดซึมน้ำ จากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (กรัม / กรัม)} = (A - B) / B$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์ที่ดูดซึมน้ำแล้ว (กรัม)

B คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์เริ่มต้น (กรัม)

ค. การหาปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป (monomer conversion)

ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วม 1 ก. เถลงในบีกเกอร์ที่บรรจุเมทานอลปริมาตร 50 มล. ปั่นโดยใช้เครื่องปั่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองแยกส่วนที่เป็นเมทานอลด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ จนกว่าเมทานอลจะระเหยออกจากพอลิเมอร์ร่วม ซึ่งน้ำหนักของกากที่อบจนน้ำหนักคงที่

คำนวณหาปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป จากสูตร

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

เมื่อ A คือ น้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมก่อนทำปฏิกิริยา (กรัม)

B คือ น้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (กรัม)

ง. การหาน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมโดย การวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง(diluted solution viscosity)

นำพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม มาทำการวัดความหนืดที่ แท้จริง (intrinsic viscosity) โดยใช้อับเบลไฮลด์ วิสโคมิเตอร์ (ubbelholde viscometer) ในสารละลายไซเดียมไนเตรด 1 โมลาร์ที่อุณหภูมิ 30 °ซ

การคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอ-
เมอร์ร่วมจากสูตร [23]

$$[\eta] = 3.73 \times 10^{-4} M_v^{0.66}$$

เมื่อ $[\eta]$ คือ ความหนืดอินทรินซิกของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม
 M_v คือน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

จ. การหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Infra-Red Spectrophotometer) และเครื่อง FTIR

ซึ่งโพแทสเซียมโบรไมด์(KBr) ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 °ซ ประมาณ 0.1 ก. และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมจำนวน 0.008 ก. ด้วยเครื่องซึ่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำสารทั้งสองมาบดและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาอัดความดันด้วยเครื่องไฮโดรลิกที่ความดัน 8.5 ตันต่อตารางเซนติเมตร แล้วเก็บไว้ใน เดซิเคเตอร์ 3 ชั่วโมง นำมาวัดหาหมู่ฟังก์ชันด้วย เครื่อง FTIR

3.2.8 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมที่ใช้ในการตกตะกอนเป็อกระดษ

ขั้นตอนที่ 1

นำพอลิเมอร์ร่วม 3.0 ก. ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 600 มล. ลงไปทำการกวนโดยใช้เครื่องกวนเชิงกลด้วยความเร็วปานกลาง (600–800 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2

นำบีกเกอร์ที่ใส่พอลิเมอร์มาไว้ที่อ่างควบคุมอุณหภูมิ ปรับอุณหภูมิตามที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยาใส่ 40 % พอร์มาลดีไฮด์ และ 40 % DMA โดยยังคงทำการกวนด้วยเครื่องกวนเชิงกลที่ความเร็วปานกลาง เป็นเวลาตามต้องการ (อาจมีการปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์)

ขั้นตอนที่ 3

นำบีกเกอร์ที่ใส่สารตั้งกล่ามาเติมน้ำกลั่น กวนต่อไปประมาณ 10 นาที (ปรับค่าความเป็นกรดต่าง (pH)) ปรับอุณหภูมิตามที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เติมสาร DMS บั่นกวนต่อไป เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

วิธีการทำให้พอลิเมอร์บริสุทธิ์

1. นำสารละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากขั้นที่ 3 ตกตะกอนในอะซีโตน (โดยใช้อัตราส่วนของสารพอลิเมอร์ ต่อ อะซีโตน = 1:1 ปริมาตรต่อปริมาตร)
2. นำไประเหยเอาสารละลายบางส่วนออกด้วยเครื่องระเหย (Evaporator)
3. นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dry)

3.2.9 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา แมนนิช กับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็ง กับมอนอเมอร์ร่วม

ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ปริมาณของพอร์มาลดีไฮด์ ไคเมทิลเอมีน เวลาในการทำปฏิกิริยา

ในการสังเคราะห์ทุกการทดลองจะใช้พอลิเมอร์ 3 ก. น้ำกลั่น 600 มล. DMS 9.24 มล. ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ โคเมทิลเอมีน อุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยา เปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยที่ต้องการศึกษา

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณของ DMA ฟอร์มัลดีไฮด์ อุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยาแมนนิชกับพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม

การทดลองที่	ปริมาณ DMA และ ฟอร์มัลดีไฮด์ (มล.)	จำนวนโมล	อุณหภูมิใน การทำปฏิกิริยา (°C)	เวลาที่ใช้ใน การทำปฏิกิริยา (ชม.)
1	0.96/0.66	0.013	70	0.5
2	0.64/0.46	0.009	60	2.0
3	0.32/0.20	0.004	60	1.0
4	0.21/0.15	0.003	60	0.5
5	0.64/0.46	0.009	50	2.0
6	0.64/0.46	0.009	50	1.0
7	0.64/0.46	0.009	50	0.5
8	0.32/0.20	0.004	50	1.0
9	0.21/0.15	0.003	50	1.0
10	0.16/0.10	0.002	50	1.0
11	0.64/0.46	0.009	40	2.0
12	0.64/0.46	0.009	40	1.0
13	0.64/0.46	0.009	40	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่	ปริมาณ DMA และ ฟอร์มาลดีไฮด์ (มล.)	จำนวนโมล	อุณหภูมิใน การทำปฏิกิริยา (°ซ)	เวลาที่ใช้ใน การทำปฏิกิริยา (ชม.)
14	0.32/0.20	0.004	40	1.0
15	0.21/0.15	0.003	40	1.0
16	0.16/0.10	0.002	40	1.0
17	0.64/0.46	0.009	30	3.0
18	0.64/0.46	0.009	30	2.0
19	0.64/0.46	0.009	30	1.0
20	0.64/0.46	0.009	30	0.5
21	0.32/0.20	0.004	30	1.0
22	0.21/0.15	0.003	30	1.0
23	0.16/0.10	0.002	30	1.0

3.2.10 การศึกษาปริมาณ DMS ที่ใช้ในปฏิกิริยาการเกิดสารควอเทอนารี

ในการสังเคราะห์จะได้พอลิเมอร์ 3 ก. น้ำกลั่น 600 มล. ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ 0.46 มล. ไคเมทิลเอมีน 0.64 มล. อุณหภูมิ 40 °ซ เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชม. (ขั้นตอนที่ 3 หัวข้อ 3.2.8) แอมโมเนียมคลอไรด์ 0.5 ก. ปรับ pH ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ได้ประมาณ 7-8

ปริมาณของ DMS เปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณ DMS จำนวนโมล DMS อุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกิริยา

การทดลองที่	จำนวนโมล DMS	ปริมาตร DMS (มล.)	อุณหภูมิ (°ซ)
24	0.00924	3.24	30
25	0.00693	6.93	30
26	0.00462	9.24	30
27	0.01100	11.00	30

3.2.11 การทดสอบคุณลักษณะของ QCCP

ก) การหาปริมาณประจุบวก

1) เตรียมสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1×10^{-3} โมล/ลิตร

2) ชั่งพอลิเมอร์ QCCP ประมาณ 0.05 ก. ละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 มิลลิตร ทำการละลายพอลิเมอร์จนหมด

3) นำไปไตเตรทโดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริกให้สารละลายมีค่า pH ประมาณ 3 (การไตเตรทนี้จะทำบนเครื่องไตเตรทแบบอัตโนมัติของบริษัท SCHOTT รุ่น TITRONIC T200) บันทึกปริมาณที่ใช้ไป

4) ทำการไตเตรทกลับ (Back Titration) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้สารละลายมีค่า pH ประมาณ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หาจุดสมมูลของปฏิกิริยาที่ได้จากกราฟระหว่างค่า pH กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร) โดยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง

6) คำนวณหาค่าปริมาณไนโตรเจนอออน (N^+)

วิธีคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนอออน (N^+)

จากการทดลองความเข้มข้นของสารละลายต่างๆที่ใช้เป็นดังนี้

สารละลายไฮโดรคลอริก = 0.107 โมล/ลิตร

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ = 0.098 โมล/ลิตร

ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ

ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ = A มิลลิลิตร

ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ = B มิลลิลิตร

สูตรที่ใช้ในการคำนวณของการไตเตรทกลับ (Back Titration)

จำนวนโมลของ N^+ = จำนวนโมลของ ^-OH จาก NaOH

จำนวนโมลของ N^+ = $0.107 \times A - 0.098 \times B$

จำนวนโมลของ N^+ = $(0.107 \times A) - (0.098 \times B)$

น้ำหนักโดยประมาณของ = 0.05

น้ำหนักของพอลิเมอร์ QCCP (0.05 กรัม)

(หน่วยของปริมาณไนโตรเจนอออน (N^+) คือ โมล/กรัม)

การหาปริมาณไนโตรเจนในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแบ่งกับมอนอเมอร์ร่วม ได้จาก

% ไนโตรเจนอะตอมใน AM = $\frac{\text{น.น.อะตอมไนโตรเจน}}{\text{น.น.โมเลกุล AM}} \times 100$

น.น.โมเลกุล AM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{14}{71.08} \times 100 = 19.7 \%$$

71.08

$$\text{จำนวนโมล AM ที่ใช้} = 42.64/71.08 = 0.559 \text{ โมล}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น ปริมาณไนโตรเจนที่มีใน AM} = 0.559 \times 19.7/100 = 0.11 \text{ โมล}$$

ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ผลิตภัณฑ์ 92 กรัม

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น จำนวนโมลไนโตรเจนทั้งหมด (ในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ)} &= 0.11/92 \\ &= 0.0012 \text{ โมล/ก.} \end{aligned}$$

$$\% N^+ = \frac{\text{จำนวนโมลของ } N^+}{\text{จำนวนโมลของไนโตรเจนทั้งหมด}}$$

จำนวนโมลของไนโตรเจนทั้งหมด

ข) การหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ซึ่งโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 °ซ ประมาณ 0.1 ก. และ QCCP ประมาณ 0.01 ก. ด้วยเครื่องซึ่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำสารทั้งสองมาบดและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาอัดความดันด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 8.5 ตันต่อตารางเซนติเมตร เก็บไว้ในเคซิเคเตอร์ 3 ชั่วโมง นำมาวัดหาหมู่ฟังก์ชันด้วย เครื่อง FTIR

ค) การทดสอบการตกตะกอนเยื่อจากน้ำเสีย

1. นำบีกเกอร์ขนาด 500 มล. และพอลิเมอร์ที่ต้องการนำมาทดสอบความเข้มข้นที่ต้องการละลายในน้ำกลั่น และปั่นสารละลายด้วยเครื่องปั่นจนสารละลายที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน (ประมาณ 30 - 70 นาที)

2. เทน้ำเสียจากโรงงานใส่ในบีกเกอร์ที่มีสารละลายพอลิเมอร์ ประมาณ 100 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบแม่เหล็กไฟฟ้าความเร็ว 1400 รอบ/นาที เป็นเวลาประมาณ 10 นาที

4.ปั่นด้วยเครื่องปั่นแบบแม่เหล็กไฟฟ้าความเร็ว 700 รอบ/นาที เป็นเวลาประมาณ 5 นาที

5.ตั้งทิ้งไว้ให้เยื่อเกิดการตกตะกอนเป็นเวลา 15 นาที

6.เทสารละลายส่วนบนมา 50 มล. แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง (glass micro filter) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

7.นำกระดาษกรองดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง (หรือจนน้ำหนักคงที่)

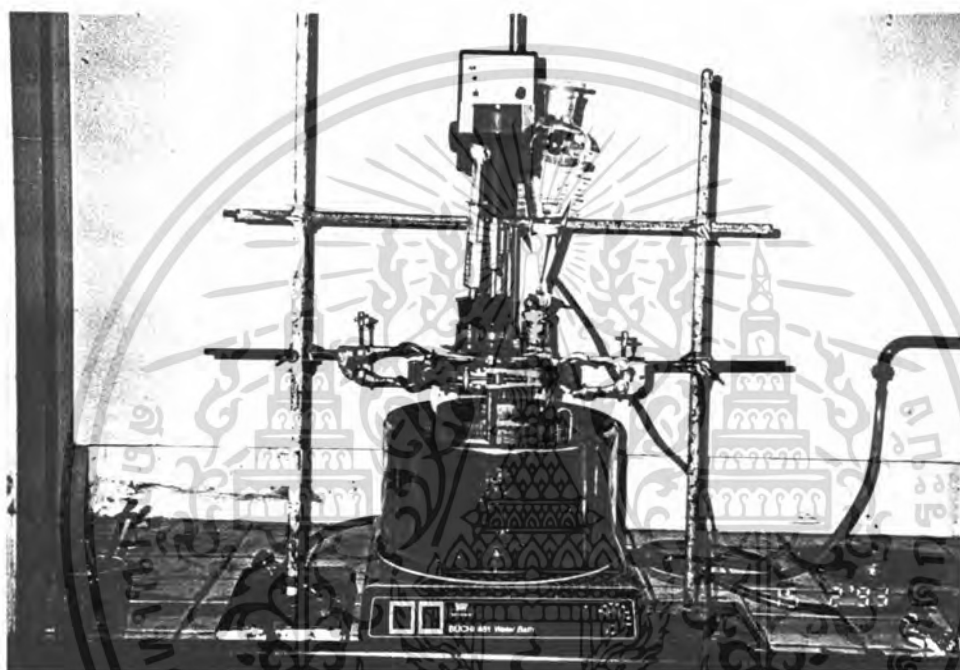
คำนวณหาค่าปริมาณสารแขวนลอย (ค่า SS.) จากสูตร

$$\text{ค่าปริมาณสารแขวนลอย} = \left[(A - B) \times 1000 \right] / C \text{ มลก./ล.}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักกระดาษกรองก่อนกรองที่อบแล้ว (มลก.)

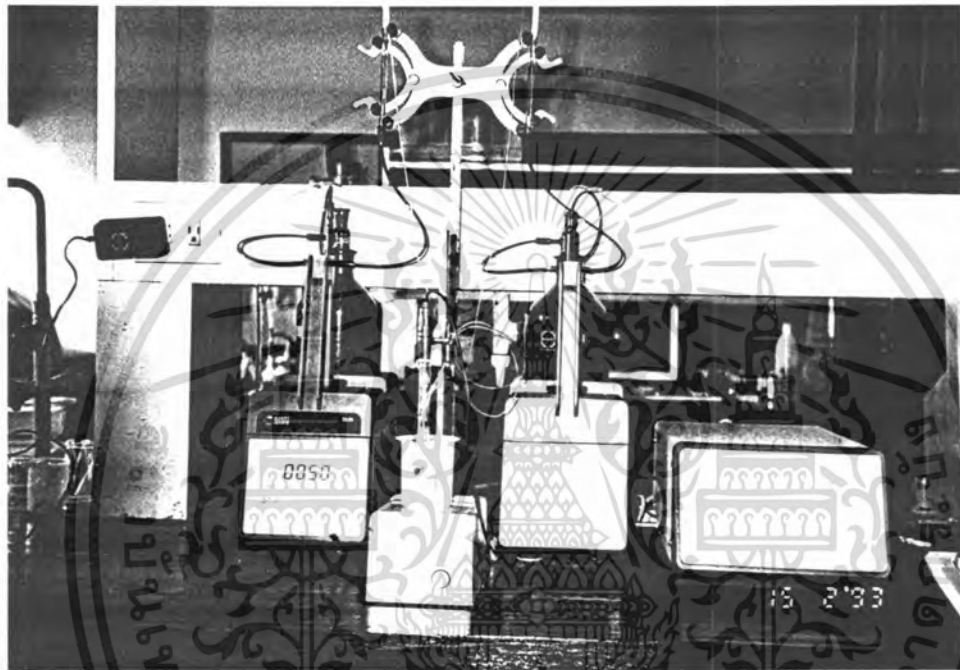
B คือ น้ำหนักกระดาษกรองรวมกับสารหลังอบ (มลก.)

C คือ ปริมาณน้ำเสียที่ผ่านกระดาษกรอง (มล.)



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดอุปกรณ์เครื่องมือการทดลองในโรงงานพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องไคเทรทอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

4.1.1 การศึกษาผลของชนิดของแบริ่งที่มีต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาการเกิดปฏิกิริยา

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการศึกษาชนิดของแบริ่งที่มีผลต่อเวลา การเกิดปฏิกิริยา และค่าการดูดซึมน้ำเพื่อนำข้อมูลมาช่วยในการตัดสินใจ เลือกใช้ชนิดของแบริ่ง

ตารางที่ 4.1 แสดงชนิดของแบริ่งที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	ชนิดของแบริ่ง	ค่าการดูดซึมน้ำ (ก./ก.)	เวลาการเกิด ปฏิกิริยา (วินาที)
1	แบริ่งข้าวโพด	193	3060
2	แบริ่งไฮโดรไลซ์	804	168
3	แบริ่งละลายน้ำ	515	186

จากตาราง 4.1 พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่ได้สายโซ่หลักเป็นแบริ่งไฮโดรไลซ์จะให้ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยสุด ประกอบกับแบริ่งไฮโดรไลซ์มีต้นทุนที่ใกล้เคียงกับแบริ่งข้าวโพดซึ่งมีราคาไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับแบริ่งละลายน้ำจึงน่าจะมีความเหมาะสมในเชิงพาณิชย์ ในการแสดงผลการทดลองต่อไปจึงใช้สายโซ่หลักของออลิเมอร์แบบต่อเป็นแบริ่งไฮโดรไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

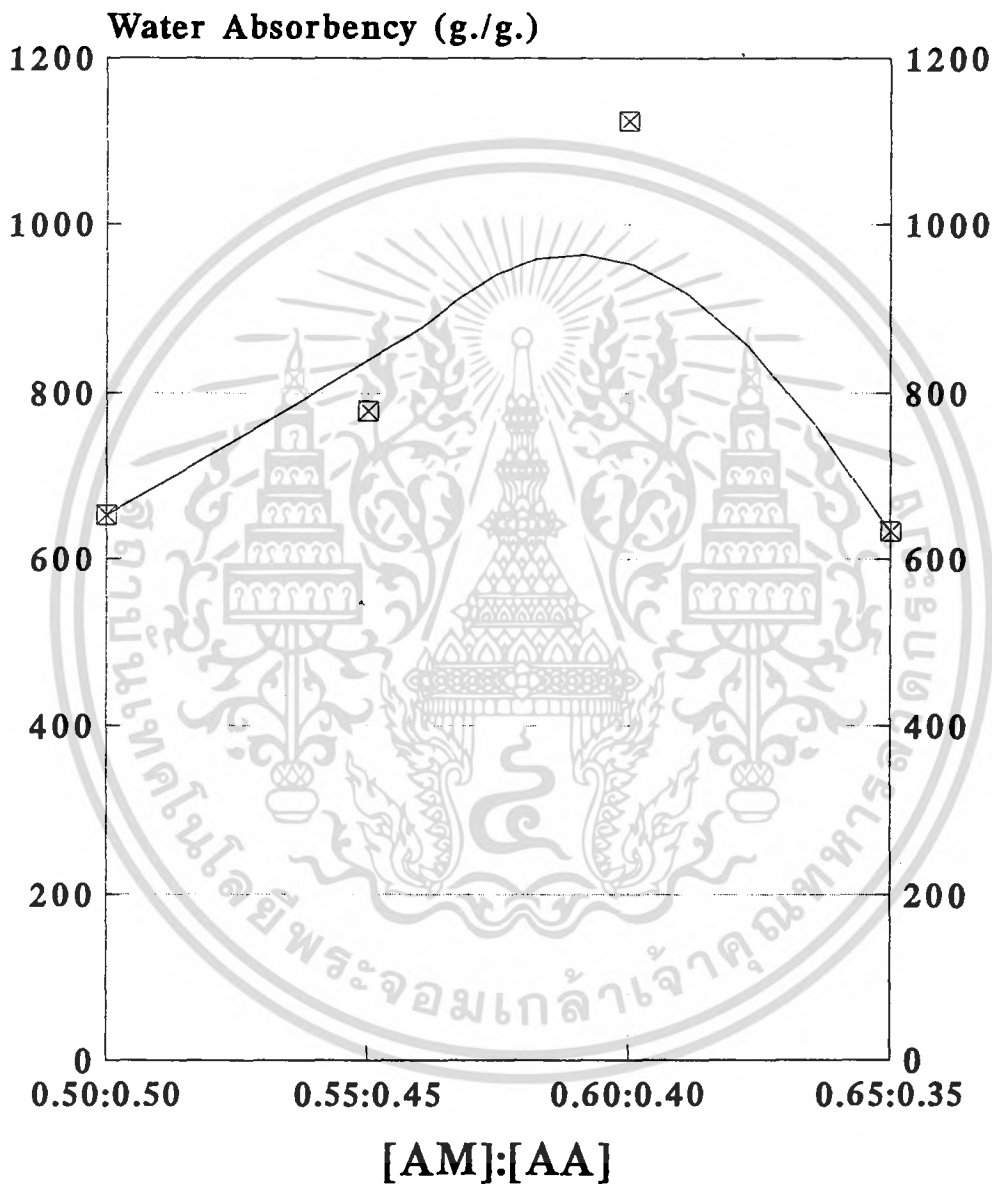
4.1.2 การศึกษาอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและ
ค่าการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยา
และค่าการดูดซึมน้ำ

การทดลองที่	[AM]:[AA]	อุณหภูมิ ในการทำงานปฏิกิริยา (° ซ)	เวลา การเกิดปฏิกิริยา (วินาที)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ก./ก.)
10	0.50:0.50	30	120	653
11	0.55:0.45	30	132	779
12	0.60:0.40	30	246	1124
13	0.65:0.35	30	264	634

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองของการศึกษาถึงอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิดปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ เนื่องจากอะคริลาไมด์มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาน้อยกว่ากรดอะคริลิกที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียม และค่าการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อมีความสัมพันธ์กับปริมาณมอนอเมอร์ร่วมโดยที่ค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง(เมื่อ [AM]:[AA] ประมาณ 0.6:0.4) จากนั้นค่าการดูดซึมน้ำจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 อธิบายได้ว่า เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิเลต ($-\text{COO}^-$) ในโมเลกุลกรดอะคริลิกที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียมสามารถก่อกันระไฮโดรเจนกับน้ำได้ดีกว่าหมู่เอไมด์ ($-\text{CONH}_2$) ดังนั้นเมื่อเพิ่ม [AA] ค่าการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้นจนกระทั่ง

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแข็ง กับมอนอเมอร์ร่วมดูดซึมน้ำมากไปทำให้ไม่สามารถอุ้มน้ำใน
รูปของพอลิเมอร์เจลได้อีกจึงทำให้ ค่าการดูดซึมน้ำลดลง



รูปที่ 4.1 กราฟระหว่างอัตราส่วนของ [AM]:[AA] กับค่าการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ แป้ง/[AM] ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ

ในการศึกษาส่วนนี้ได้ให้อัตราส่วนของ [AM]:[AA] คงที่เท่ากับ 0.6:0.4 (น้ำหนักของอะคริลาไมด์ต่อกรดอะคริลิก = 42.64:28.83 ก.) และทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งที่ใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง/ AM ที่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

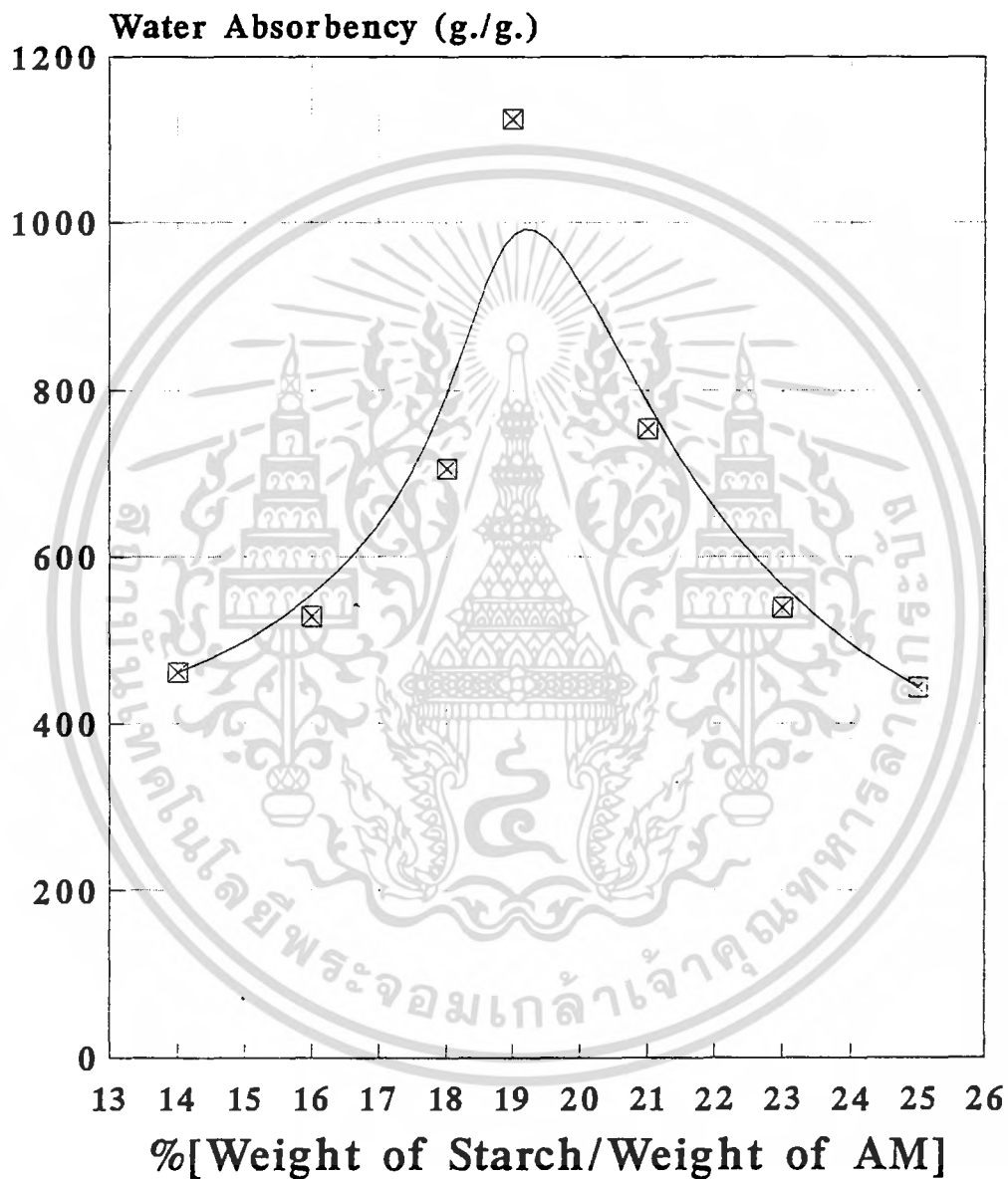
การทดลองที่	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก(แป้ง/AM)	อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา (°ซ)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ก./ก.)
4	14.0	30	461
5	16.0	30	528
6	18.0	30	705
12	19.0	30	1124
7	21.0	30	753
8	23.0	30	539
9	25.0	30	443

จากตารางจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้ง/ AM มีผลต่อการดูดซึมน้ำ ในช่วงเปอร์เซ็นต์แป้ง 14-23 ค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นจนถึงที่ประมาณ 19 % (ค่าการดูดซึมน้ำ 753 ก./ก.) แล้วจึงลดลง (539 ก./ก.)

เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งซึ่งเป็นสายหลักน้อย ปริมาณสายไซ้แบบต่อจะมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นมาก เกิดความเกาะกันจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำน้อย ในทางกลับกันเมื่อปริมาณสาย
โซ่หลักมาก ความหนาแน่นของสายโซ่แบบต่อจะน้อย ทำให้ความสามารถในการเกิดพันธะ
ไฮโดรเจนได้น้อย ค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง



รูปที่ 4.2 กราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ของแป้งกับอะคริลาไมด์ และค่าการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การวิเคราะห์และตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ
แป้งข้าวโพดกับมอนอเมอร์ร่วม

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไป และองค์ประกอบของน้ำ

การทดลองที่	ปริมาณมอนอเมอร์ ที่เปลี่ยนไป (%)	องค์ประกอบของน้ำ
1	97.89	20.3
2	98.66	19.8
3	98.03	20.5
12	99.01	18.6
4	98.42	25.2
5	98.20	27.1
6	98.54	23.4

จากตารางที่ 4.4 พบว่า

- ก) ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนไปมีค่าสูงมาก เนื่องจากความหนืดในระบบค่อนข้างสูง เมื่อเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตนเอง ความร้อนที่เกิดขึ้นจะระบายออกได้น้อย ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาล้นแผ่ขยายมากกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาล้นสิ้นสุด ทำให้สายโซ่ที่มีอนุพลอิสระเกิดปฏิกิริยาล้นแผ่ขยายอย่างอิสระ จนปริมาณมอนอเมอร์ในระบบหมด

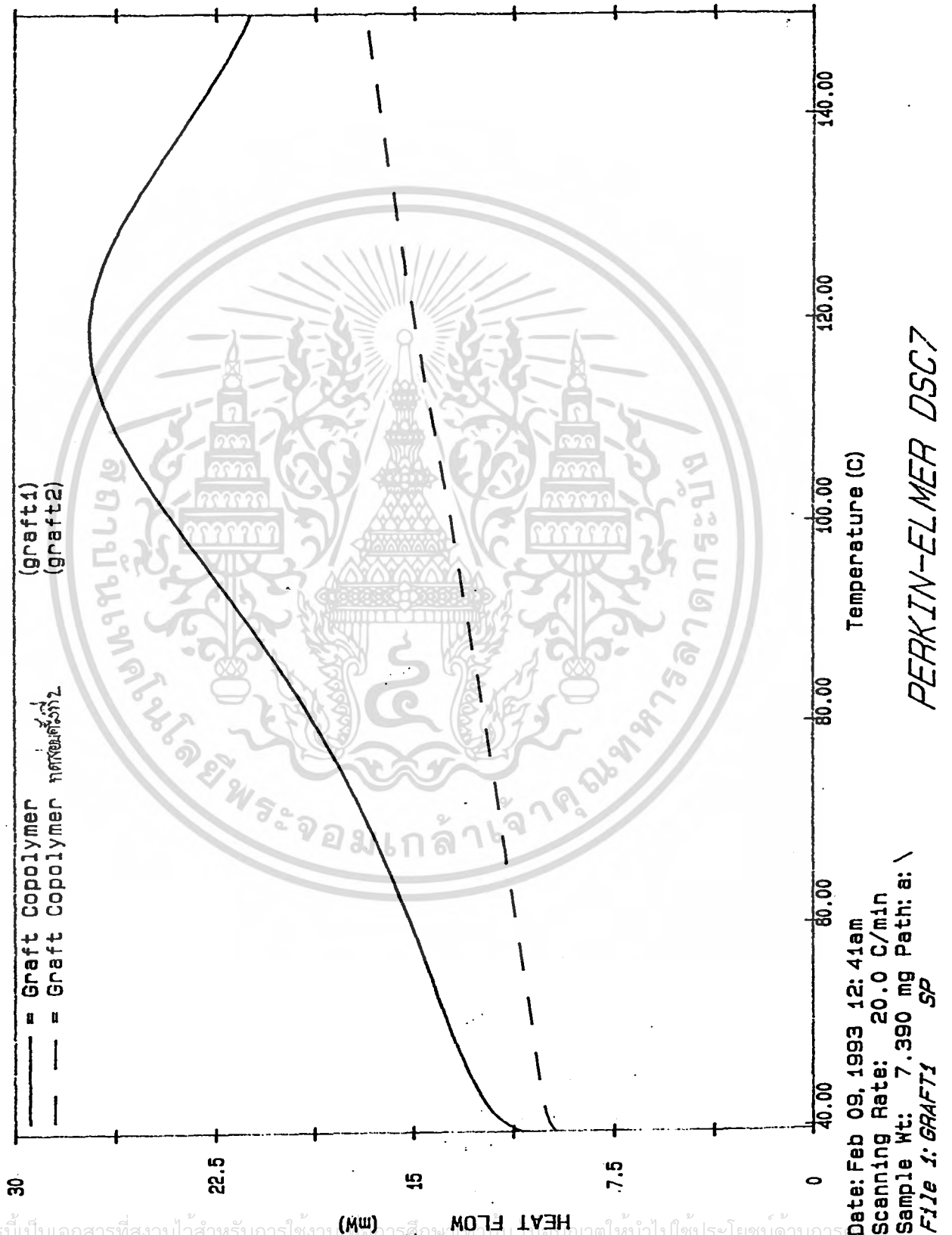
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังช่วยแยกสายโซ่อนุโมลอิสระออกจากกัน จึงมีเวลาในการเกิดปฏิกิริยานานจากทั้งสองปัจจัย ทำให้มอนอเมอร์ทำปฏิกิริยาไปได้มากจนเกือบหมด

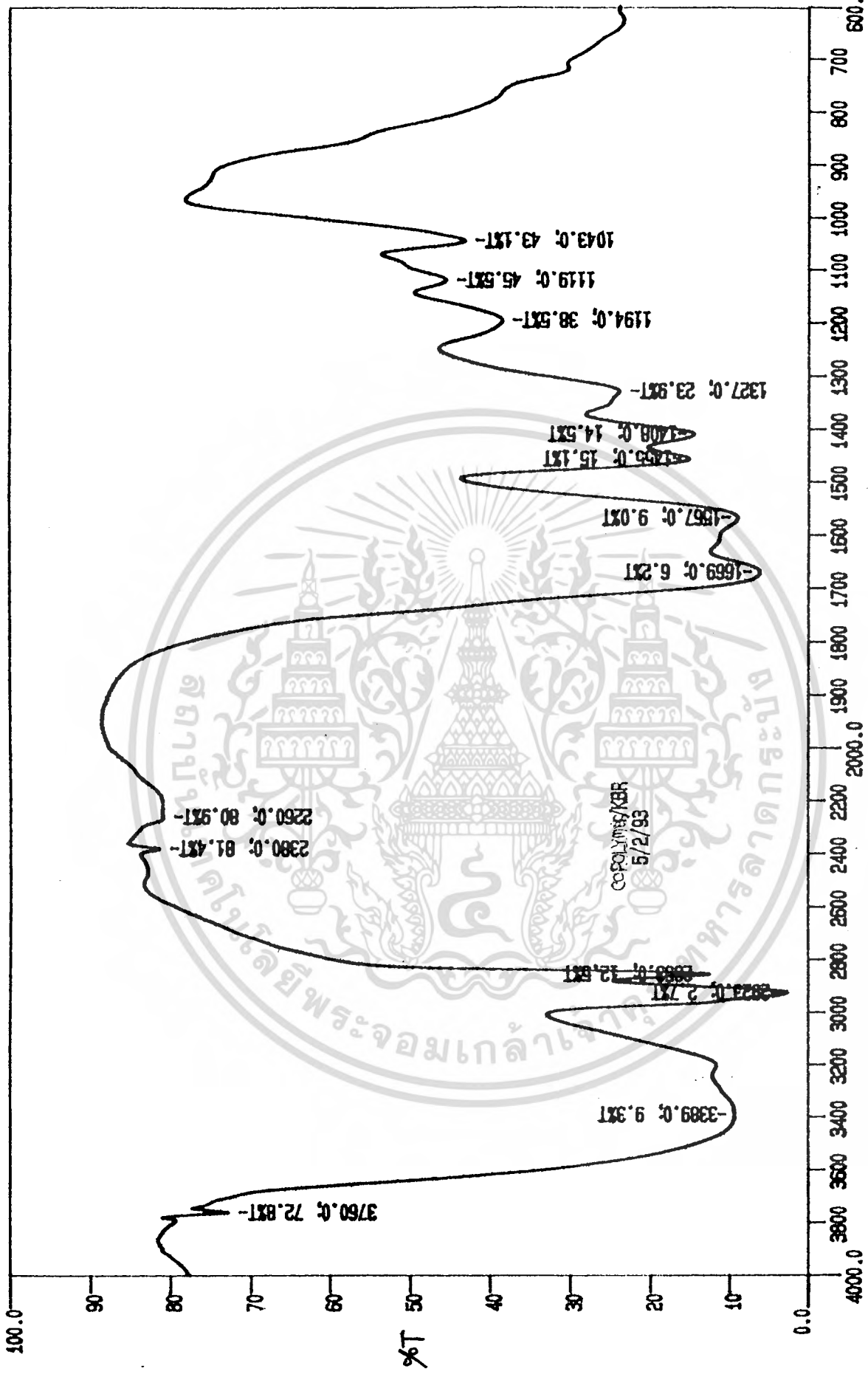
ข) พอลิเมอร์ร่วมแบบค่อของแข็งกับมอนอเมอร์ร่วมที่เตรียมได้มีน้ำหลงเหลืออยู่ภายในพอลิเมอร์ (ปริมาณองค์ประกอบของน้ำ) ประมาณ 18 - 27 % เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตัวเอง ทำให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยามีค่าสูงประมาณ 100-108 °C ทำให้น้ำในหม้อปฏิกิริยาระเหยกลายเป็นไอออกจากหม้อปฏิกิริยา โดยการพาของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยา พอลิเมอร์ที่เตรียมได้จึงมีลักษณะเป็นรูพรุนและเปื่อยยุ่ยได้

ค) จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน โดยใช้เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่ง แคลอริมิเตอร์ พบว่าค่ากลาสทรานสิชันไม่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามจาก รูปที่ 4.3 คาดว่าค่ากลาสทรานสิชันอยู่ในช่วง 80 - 100 °C และเมื่อเรานำสารตัวอย่างที่ผ่านการหาค่ากลาสทรานสิชันครั้งแรก (40-150 °C) มาทำการทดลองอีกครั้งพบว่า กราฟที่ได้ค่อนข้างเป็นเส้นตรง ไม่มีพีคใดปรากฏ ทำให้สันนิษฐานว่าพอลิเมอร์เกิดการสลายตัวตั้งแต่การทดสอบครั้งแรก

รูปที่ 4.3 กราฟการหาค่ากลาสทรานซิชันของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอ-
เมอร์ร่วม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1-43

รูปที่ 4.4 สเปกตรัม FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณินใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5 แสดงเลขคลื่น และเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงของพอลิเมอร์ร่วม
แบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมก่อนทำปฏิกิริยาแมนนิซ**

พอลิเมอร์ร่วม			
เลขคลื่น (cm^{-1})	%T	เลขคลื่น (cm^{-1})	%T
3760	72.8	1567	9.0
3389	9.3	1455	15.1
2983	2.7	1408	14.5
2853	12.5	1327	23.9
2380	81.4	1194	38.5
2260	80.9	1119	45.5
1669	6.2	1043	43.1

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นสเปกตรัมจากเครื่อง FTIR ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับอะคริลาไมด์ พบพีคหลักที่สำคัญได้แก่ พีคไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้ง (-OH str) ที่เลขคลื่น 3389 cm^{-1} ซึ่งพีคนี้จะไปบดบังพีคของการปิดของ N-H (-NH str) ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกัน พีคการปิดของ C-H (-CH str) ที่เลขคลื่น 2823 cm^{-1} และพีคหมู่คาร์บอนิลของหมู่เอไมด์ที่เลขคลื่น 1669 cm^{-1}

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 6 มี มีค่าการดูดซึมน้ำ สูงที่สุดจึงได้นำ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาขั้นต่อไป

4.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาแมนนิชระหว่าง DMA ,ฟอร์มาลดีไฮด์กับพอลิ- เมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

4.2.1 การศึกษาถึงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

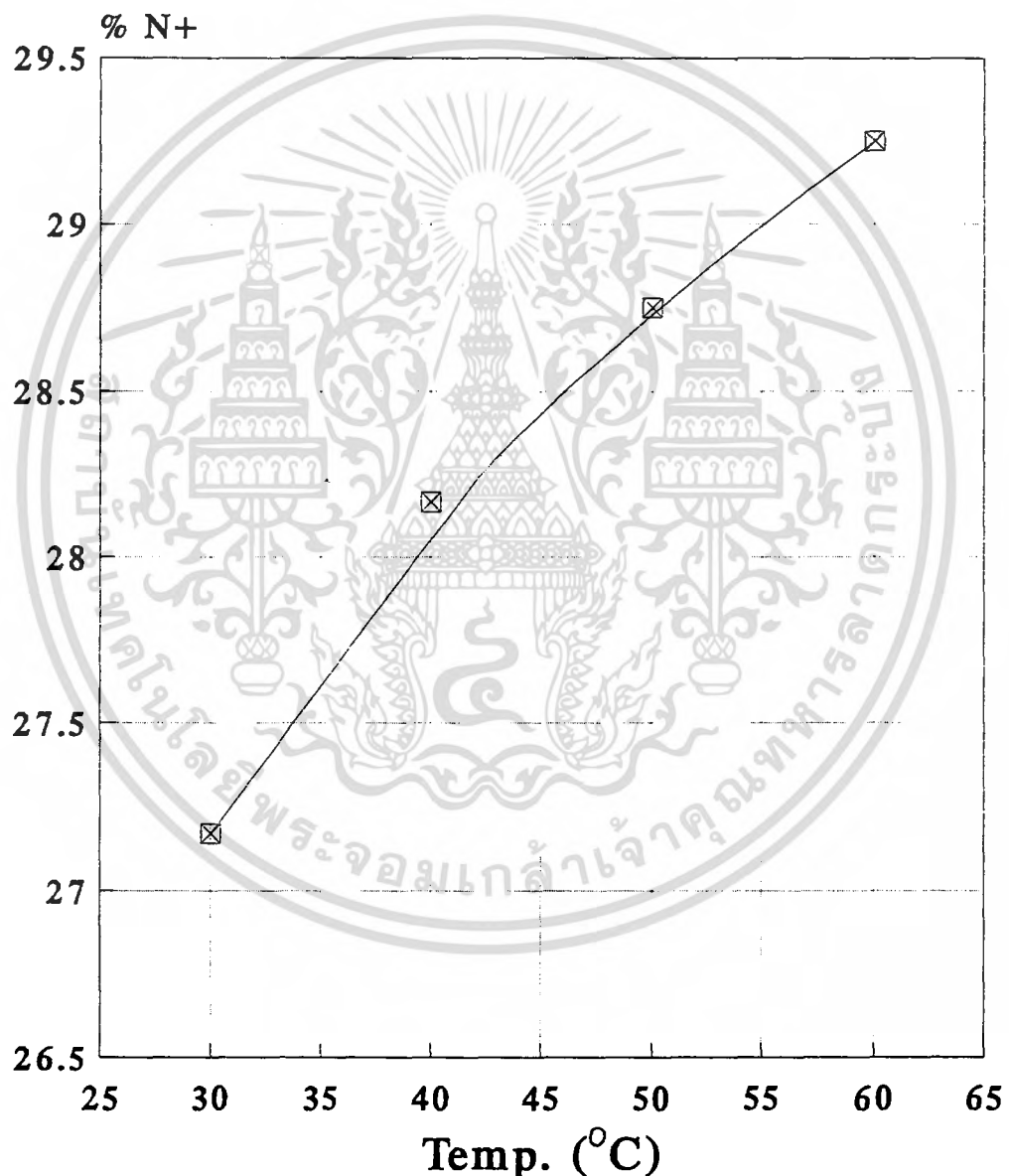
จากที่กล่าวถึงในบทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปฏิกิริยา แมนนิช ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยา คือ ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา การศึกษาในส่วนนี้จะให้ปริมาณสารตั้งต้นคือ ฟอร์มาลดีไฮด์ DMA และเวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากันทุกการทดลอง

ตารางที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และปริมาณ N⁺

การทดลองที่	อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา(°ซ)	ปริมาณ N ⁺ (mol/g)	%N ⁺
19	30	0.000326	27.17
12	40	0.000338	28.17
6	50	0.000345	28.75
2	60	0.000351	29.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5 พบว่าในช่วงอุณหภูมิ 30–60 °ซ เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชม. และปริมาณสารเคมีเท่ากัน การทดลองที่ 2 จะมีปริมาณ N^+ มากที่สุด หากอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงกว่า 60 °ซ สภาวะการทำปฏิกิริยาจะรุนแรงขึ้นจนอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีค่อนข้างเหลือง และอาจทำให้สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในระบบเกิดการสลายตัวได้



รูปที่ 4.5 กราฟระหว่างอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และปริมาณ N^+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

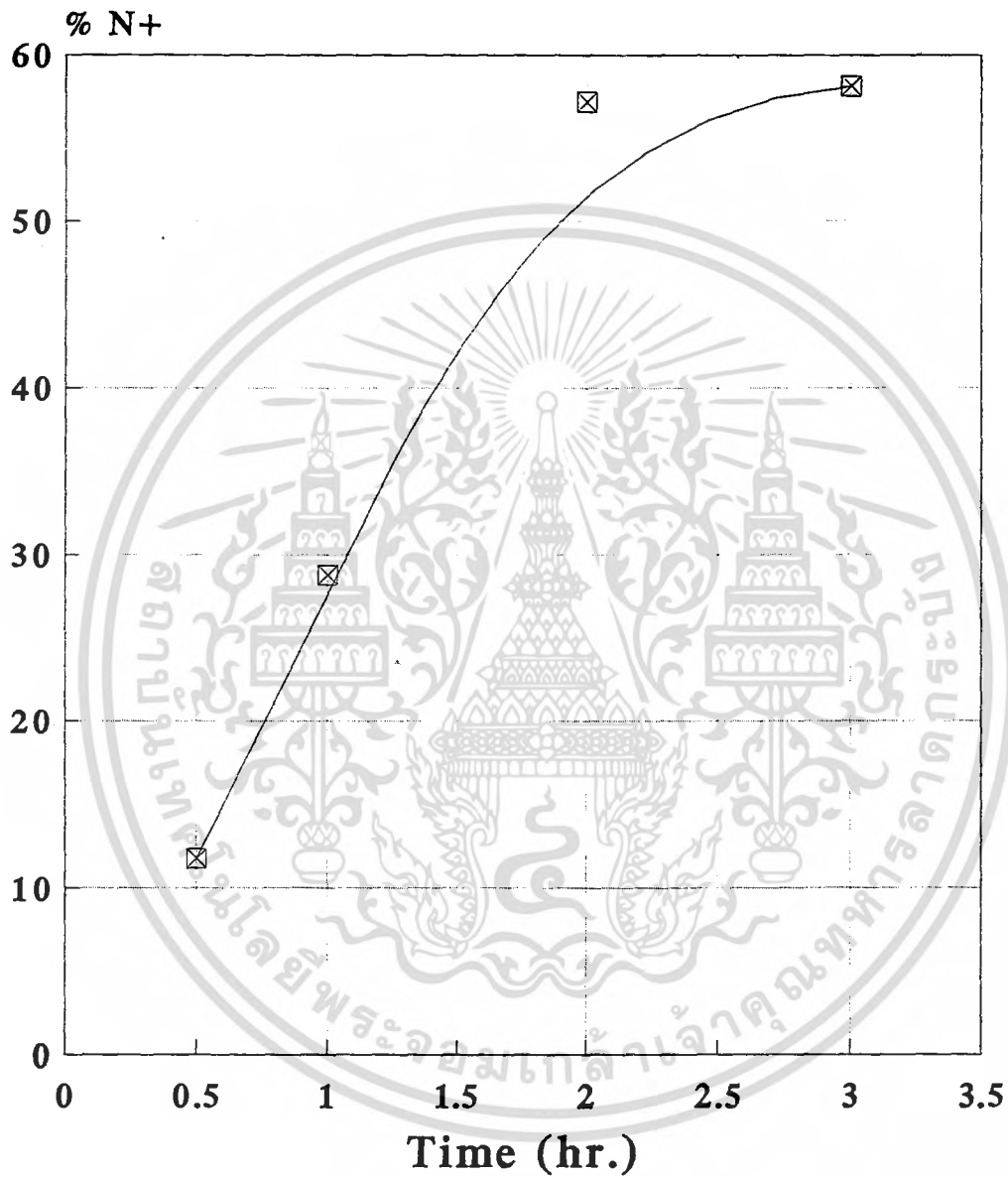
4.2.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในการศึกษาส่วนนี้จะกำหนดให้อุณหภูมิ ปริมาณสารตั้งต้นคือ DMA และฟอร์มัลดีไฮด์ คงที่ และทำการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาในการทำปฏิกิริยา ดังกลไกที่แสดงใน รูปที่ 2.6

ตารางที่ 4.7 แสดงเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และปริมาณ N^+

การทดลองที่	เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (ชม.)	ปริมาณ N^+ (mol/g)	% N^+
13	0.5	0.000141	11.75
12	1.0	0.000338	28.17
11	2.0	0.000686	57.17
17	3.0	0.000697	58.08

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6 ปริมาณ N^+ จะเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณ N^+ ที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ในช่วง 0 - 2 ชั่วโมง และพบว่าแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณ N^+ เกือบจะคงที่ในกรณีที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากกว่า 2 ชั่วโมง สันนิษฐานว่าเนื่องจากปริมาณสารตั้งต้นในปฏิกิริยาถูกใช้หมดไป



รูปที่ 4.6 กราฟระหว่างเวลาในการเกิดปฏิกิริยา และปริมาณ N^+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

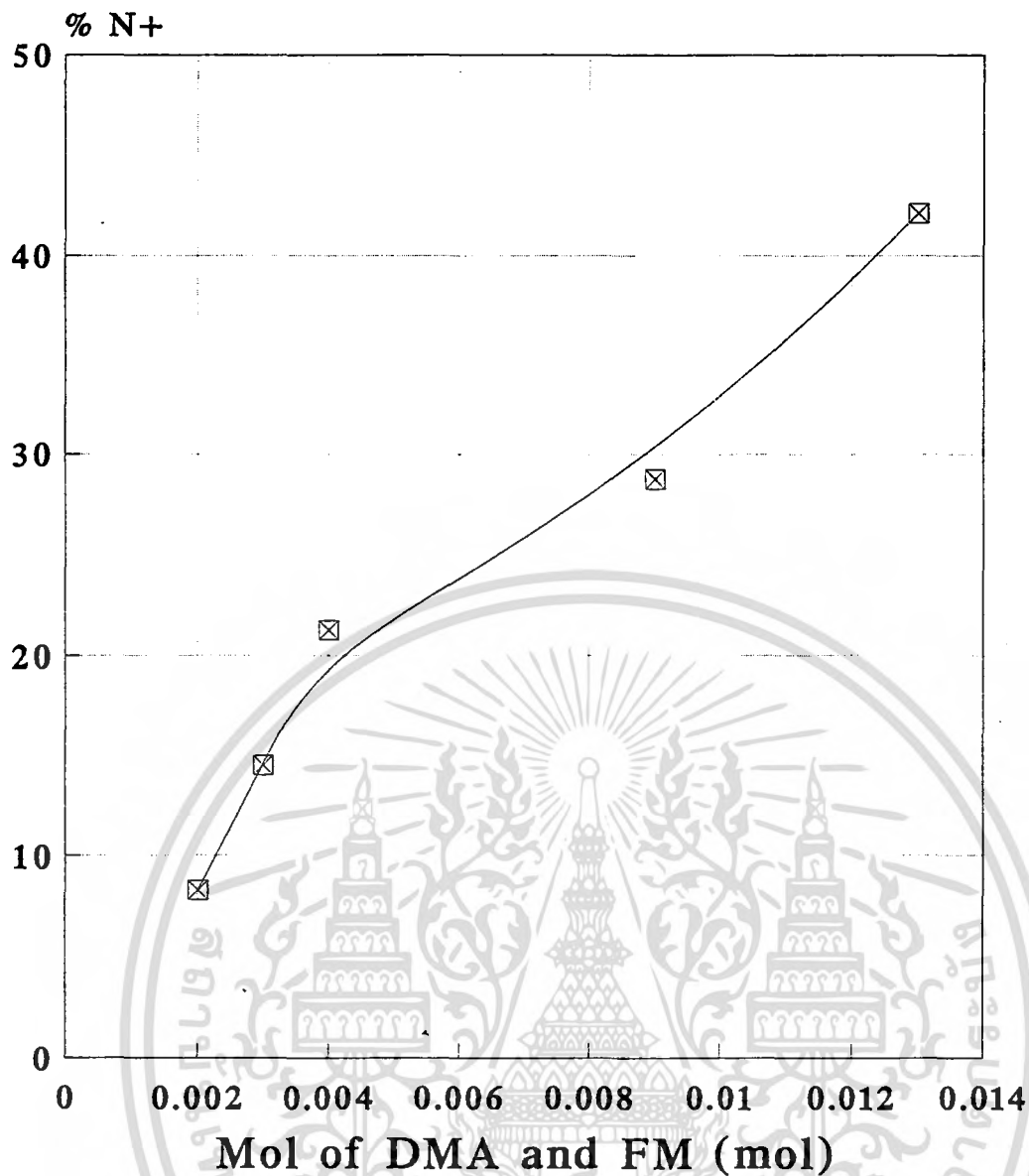
4.2.3 ศึกษาผลของปริมาณ DMA และฟอร์มัลดีไฮด์

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนโมลของ DMA ฟอร์มัลดีไฮด์ และปริมาณ N⁺

การทดลองที่	จำนวนโมลของ DMA และฟอร์มัลดีไฮด์	ปริมาณ N ⁺ (mol/g)	% N ⁺
10	0.0020	0.000 99	8.25
9	0.0030	0.000174	14.75
8	0.0040	0.000255	21.25
6	0.0090	0.000345	28.75
1	0.0130	0.000505	42.08

ปริมาณ N⁺ ในสายโซ่พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนอะตอมในสายโซ่ของพอลิเมอร์ร่วม ซึ่งทุกการทดลองที่แสดงผลที่แสดงผลดังตารางที่ 4.8 ปริมาณอะคริลาไมด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมเท่ากับ 42.64 ก. (0.559 โมล) ดังนั้นปริมาณ N⁺ ในสายโซ่พอลิเมอร์ จึงควรมีปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 0.0012 โมล ทั้งนี้ปริมาณ N⁺ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของ DMA ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาแมนนิชกับพอลิเมอร์ร่วม

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.7 พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนโมล ฟอร์มัลดีไฮด์ และ DMA ปริมาณ N⁺ จะเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มจำนวนโมลจนมากเกินไปค่าหนึ่งปริมาณ N⁺ มีแนวโน้มที่จะลดลง เนื่องมาจากปริมาณสารพอลิเมอร์ตั้งต้นหมด



รูปที่ 4.7 กราฟระหว่างจำนวนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ DMA และปริมาณ N⁺

4.2.4 ศึกษาปริมาณของ DMS

จะเป็นการศึกษาถึงปริมาณของ DMS ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาดัง
กลไกรูปที่ 2.10

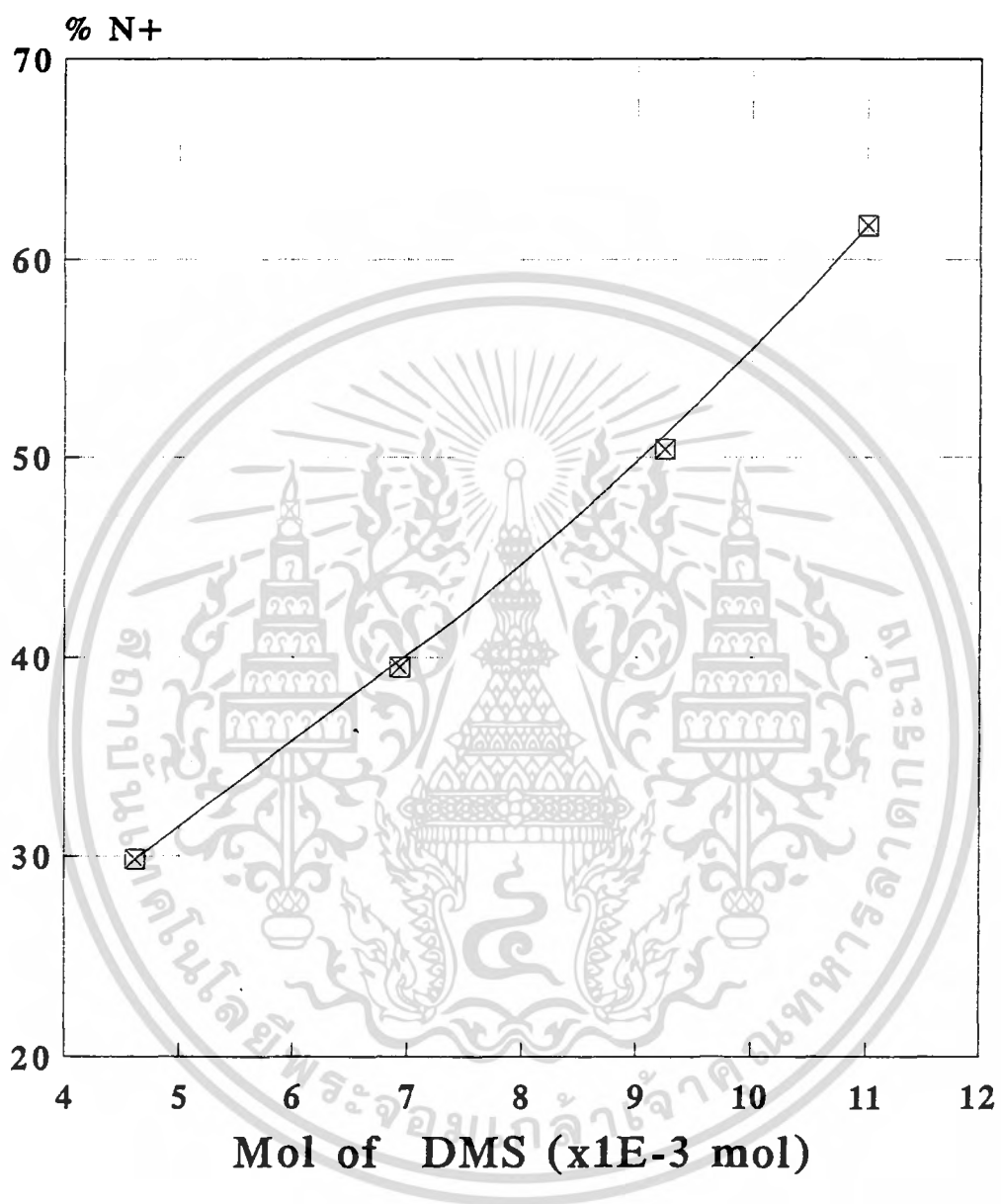
การศึกษาในส่วนนี้จะให้ปริมาณของ DMA ฟอร์มัลดีไฮด์ เวลาและอุณหภูมิใน
การเกิดปฏิกิริยาเท่ากันทุกการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนโมลของ DMS และปริมาณ N^+

การทดลองที่	จำนวน โมลของ DMS ($\times 10^{-3} \text{ mol}$)	อุณหภูมิ ($^{\circ} \text{C}$)	เวลา (ชม.)	ปริมาณ N^+	% N^+
26	4.62	30	3	0.000358	29.83
25	6.93	30	3	0.000474	39.50
24	9.24	30	3	0.000605	50.41
27	4.62	30	3	0.000358	61.67

จากการทดลองพบว่าปริมาณ N^+ จะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณ DMS เพิ่มขึ้น เนื่องจาก DMS ใช้เป็นสารเติมหมู่เมทิล ซึ่ง DMS สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ อะมิโนอัลคิลเลท (จากกลไกการเกิดปฏิกิริยารูปที่ 2.10) ทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีหมู่ควอเตอร์นารีแอมโมเนียม จากรูปที่ 4.8 เป็นที่น่าสังเกตว่าจำนวนโมล DMS ที่ใช้มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับปริมาณ N^+ น่าจะเป็นการยืนยันสัดส่วนของปฏิกิริยาว่าเป็นแบบ 1:1



รูปที่ 4.8 กราฟระหว่างจำนวนโมลของ DMS และปริมาณ N⁺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนเยื่อกระดาษ

4.3.1 ศึกษาถึงผลค่าความเป็นกรดต่าง

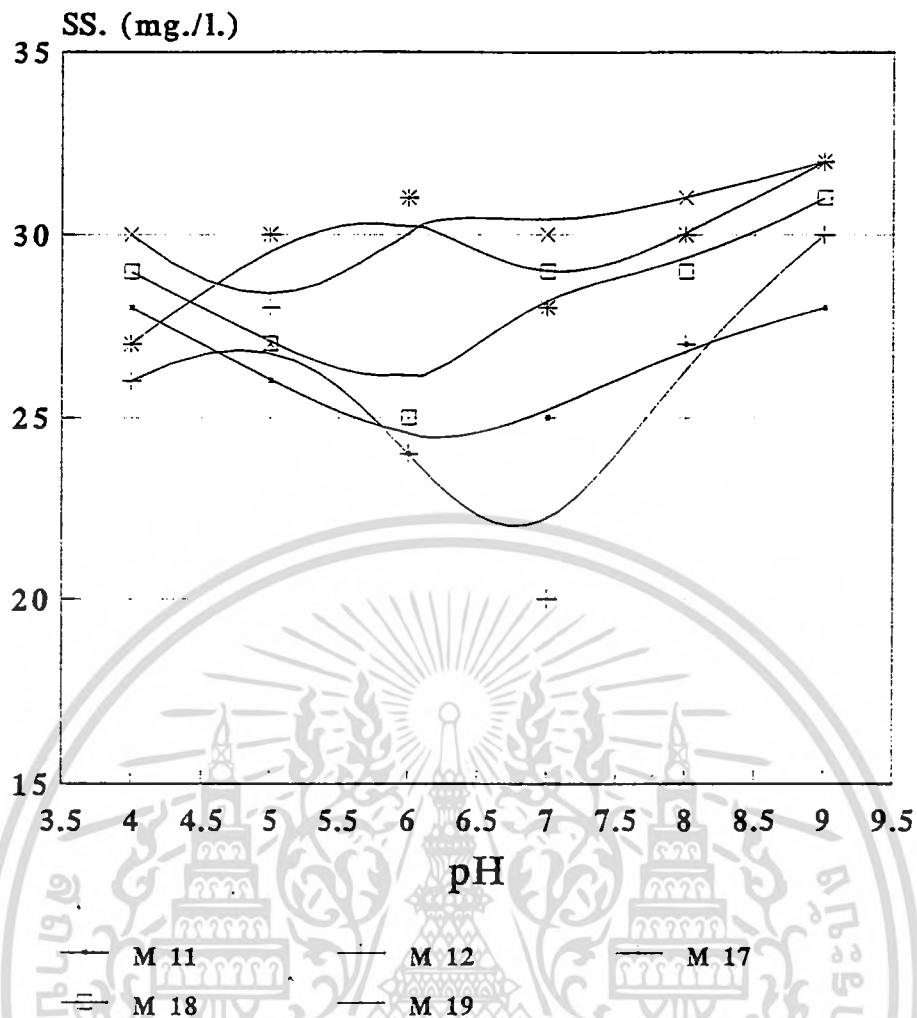
การศึกษาในส่วนนี้ใช้น้ำตัวอย่างที่มาจากบริษัทสยามคราฟท์ จำกัด มีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 75–87 มลก./ล. ปริมาณการใช้พอลิเมอร์เท่ากับ 2 % น้ำหนักต่อปริมาตร และ ทำการปรับ pH ของสารละลายพอลิเมอร์ที่ค่าต่าง ๆ

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความเป็นกรดต่าง และค่าปริมาณสารแขวนลอย

pH	ค่า Suspension Solid (มลก./ล.)				
	M 11	M 12	M 17	M 18	M 19
4	28	26	27	29	30
5	26	28	30	27	27
6	24	24	31	25	31
7	25	20	28	29	30
8	27	27	30	29	31
9	28	30	32	31	32

หมายเหตุ M 11 หมายถึง พอลิเมอร์ที่ได้จากการทดลองที่ 11 ในส่วนการศึกษานาฏิกิริยาแมนนิซ ส่วน M อื่นๆก็เป็นในทำนองเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟระหว่างค่าความเป็นกรดต่าง และค่าปริมาณสารแขวนลอย

จากผลการทดลองตารางที่ 4.10 และกราฟ 4.9 พบว่าค่า pH ที่ทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยมีค่าต่ำสุด คือ ช่วง pH 6-7 ทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยลดลงอยู่ในช่วง 26 - 30 มลก./ล.

4.3.2 ศึกษาผลของปริมาณการใช้สารเร่งการตกตะกอน กับ ค่า Suspension Solid

การศึกษาในส่วนนี้เพื่อต้องการทราบปริมาณการใช้พอลิเมอร์หลังเกิดปฏิกิริยาแมนนิช (QCCP) ที่เหมาะสมในการตกตะกอนเชื้อจากน้ำเสีย จากรูปที่ 4.10 พบว่าปริมาณการใช้ที่ทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยมีค่าต่ำสุดคือ ช่วง 1-2 กรัม/100 มล.

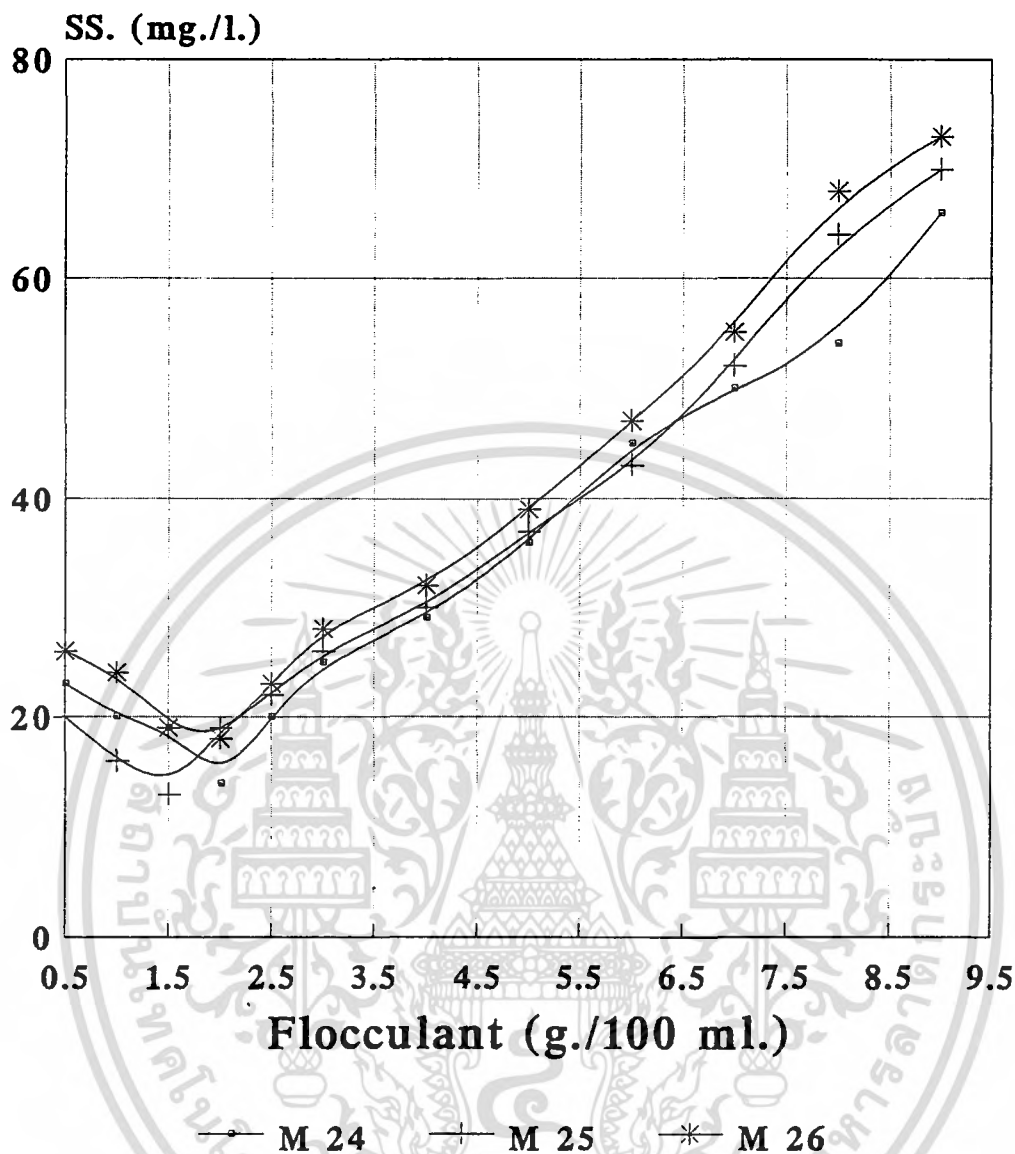
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณการใช้สารเร่งการตกตะกอน และค่าปริมาณสารแขวน

ลอย

% W/V ของ พอลิเมอร์ร่วม หลังการเกิดปฏิกิริยา แมนนิซ	M 24		M 25		M 26	
	SS	pH	SS	pH	SS	pH
0.5	23	4.32	20	4.51	26	4.43
1.0	20	4.20	16	4.42	24	4.31
1.5	19	4.08	13	4.30	19	4.20
2.0	14	3.96	19	4.19	18	4.09
2.5	20	3.82	22	3.92	23	3.89
3.0	25	3.71	26	3.84	28	3.89
4.0	29	3.63	30	3.73	32	3.67
5.0	36	3.56	37	3.61	39	3.53
6.0	45	3.49	43	3.54	47	3.42
7.0	50	3.42	52	3.46	55	3.30
8.0	54	3.34	64	3.38	68	3.21
9.0	66	3.27	70	3.35	73	3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟระหว่างปริมาณ OSCP กับค่าปริมาณสารแขวนลอย

4.3.3 ศึกษาลักษณะโครงสร้างของ OSCP ด้วยเครื่อง FTIR

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตารางที่ 4.5 ซึ่งแสดงเลขคลื่นและเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม และตารางที่ 4.12 ซึ่งแสดงค่าของพอลิเมอร์ร่วมที่เกิดปฏิกิริยาแมนนิซพบว่า ฟิสิกส์ที่ได้จากพอลิเมอร์ร่วมที่เกิดปฏิกิริยาแมนนิซ จะมีฟิสิกส์เพิ่มขึ้นซึ่งจะอยู่ในช่วงลายนิ้วมือ (finger print) จึงน่าจะเป็นข้อยืนยันว่าพอลิเมอร์ร่วมเกิดปฏิกิริยาขึ้นจริง

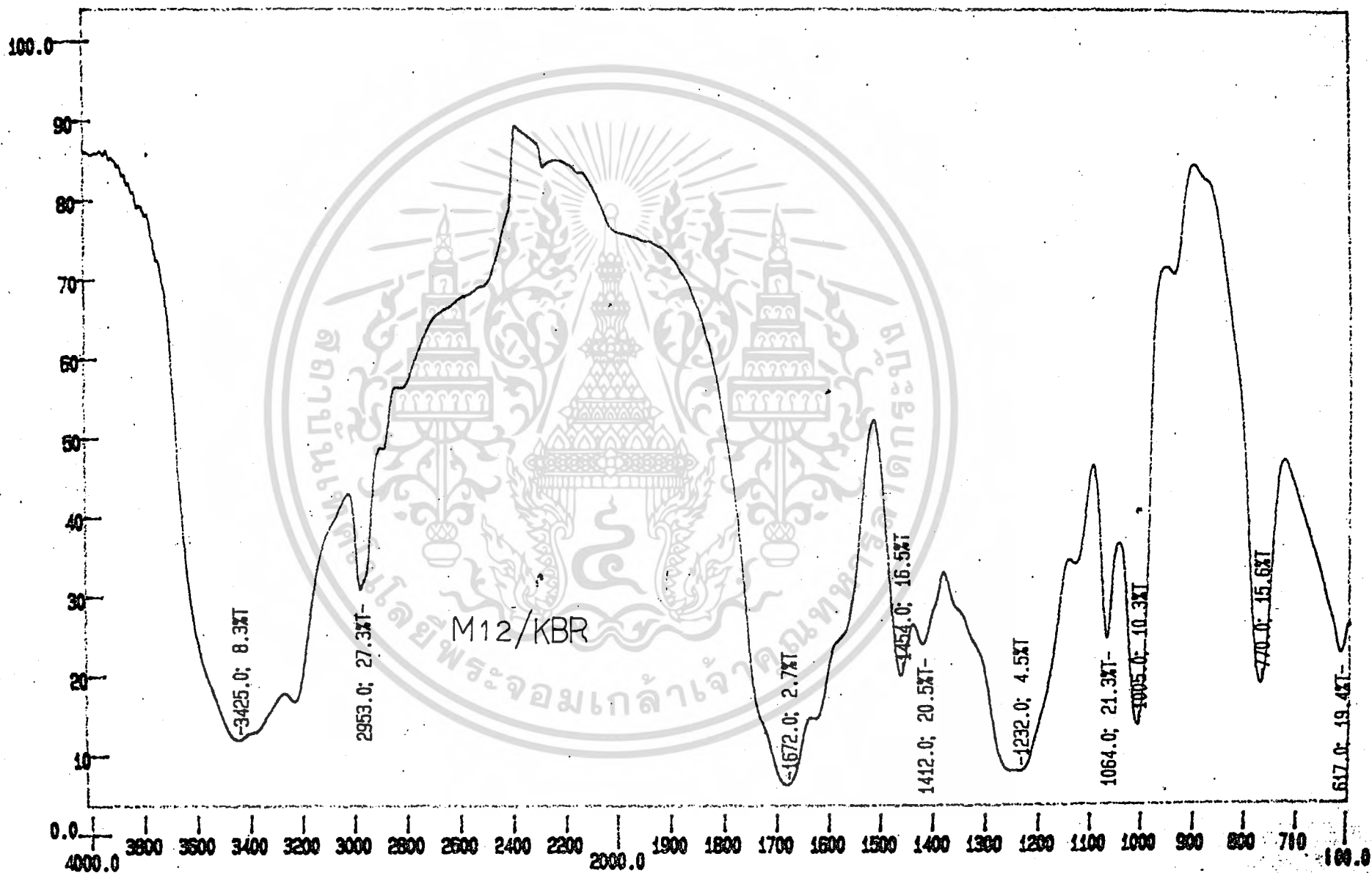
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงเลขคลื่น และเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสงของพอลิเมอร์
ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิซ

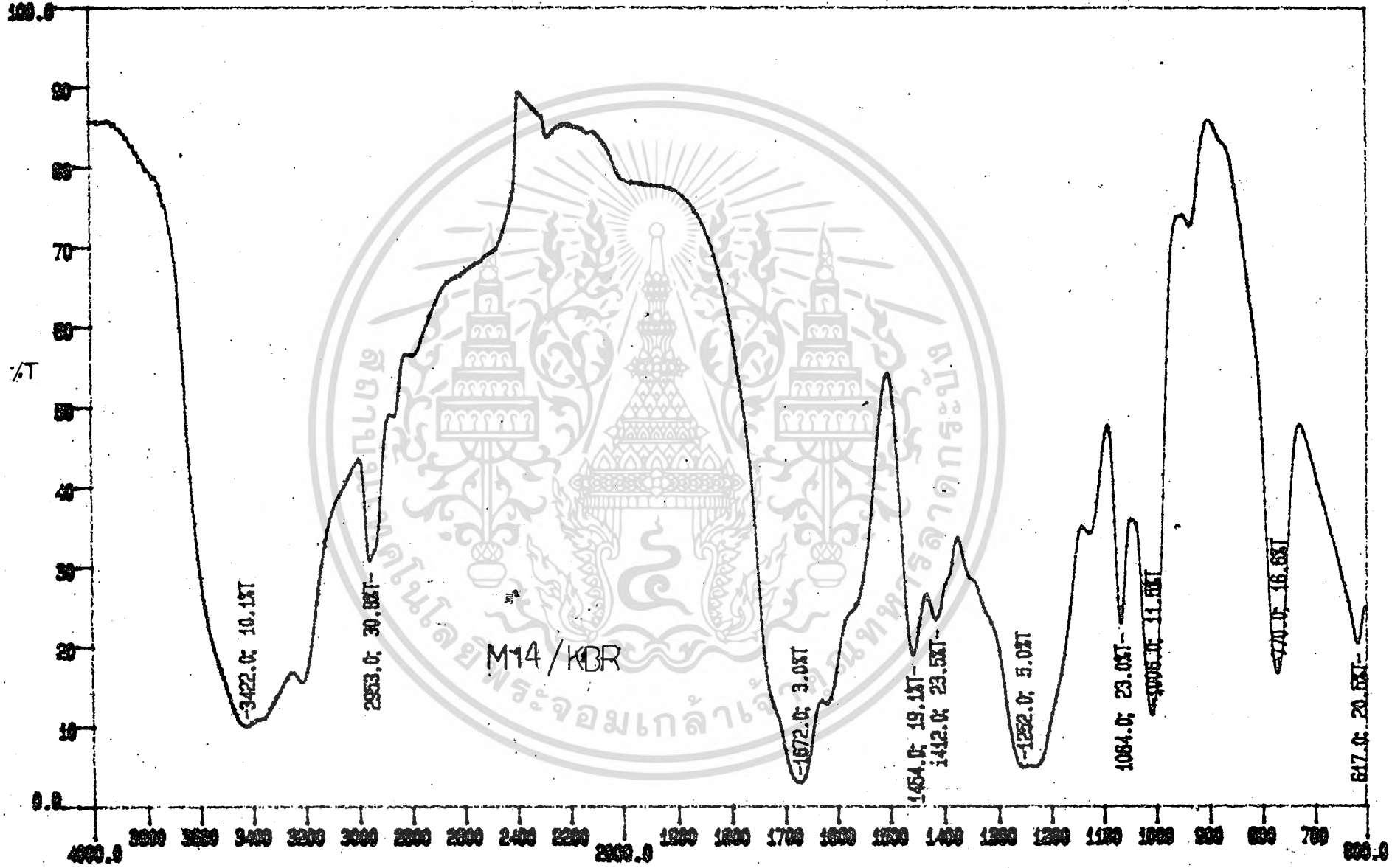
M 12		M 14		M 16		M 18	
เลขคลื่น (ซม^{-1})	%T	เลขคลื่น (ซม^{-1})	%T	เลขคลื่น (ซม^{-1})	%T	เลขคลื่น (ซม^{-1})	%T
3425	8.3	3422	10.1	3430	24.9	3426	18.3
2953	8.3	2953	30.8	2956	40.5	2956	35.3
1672	2.7	1672	3.0	1669	7.4	1669	6.9
1454	16.5	1454	19.1	2956	40.5	2956	35.3
1412	20.5	1412	23.5				
1232	4.5	1232	5.0	1217	3.2	1277	3.7
1064	21.3	1064	23.0	1065	17.5	1064	18.0
1005	10.3	1006	11.5	1007	11.0	1006	12.8
770	15.6	770	16.6	771	10.8	770	11.7
617	19.4	617	20.5	618	20.1	618	18.9

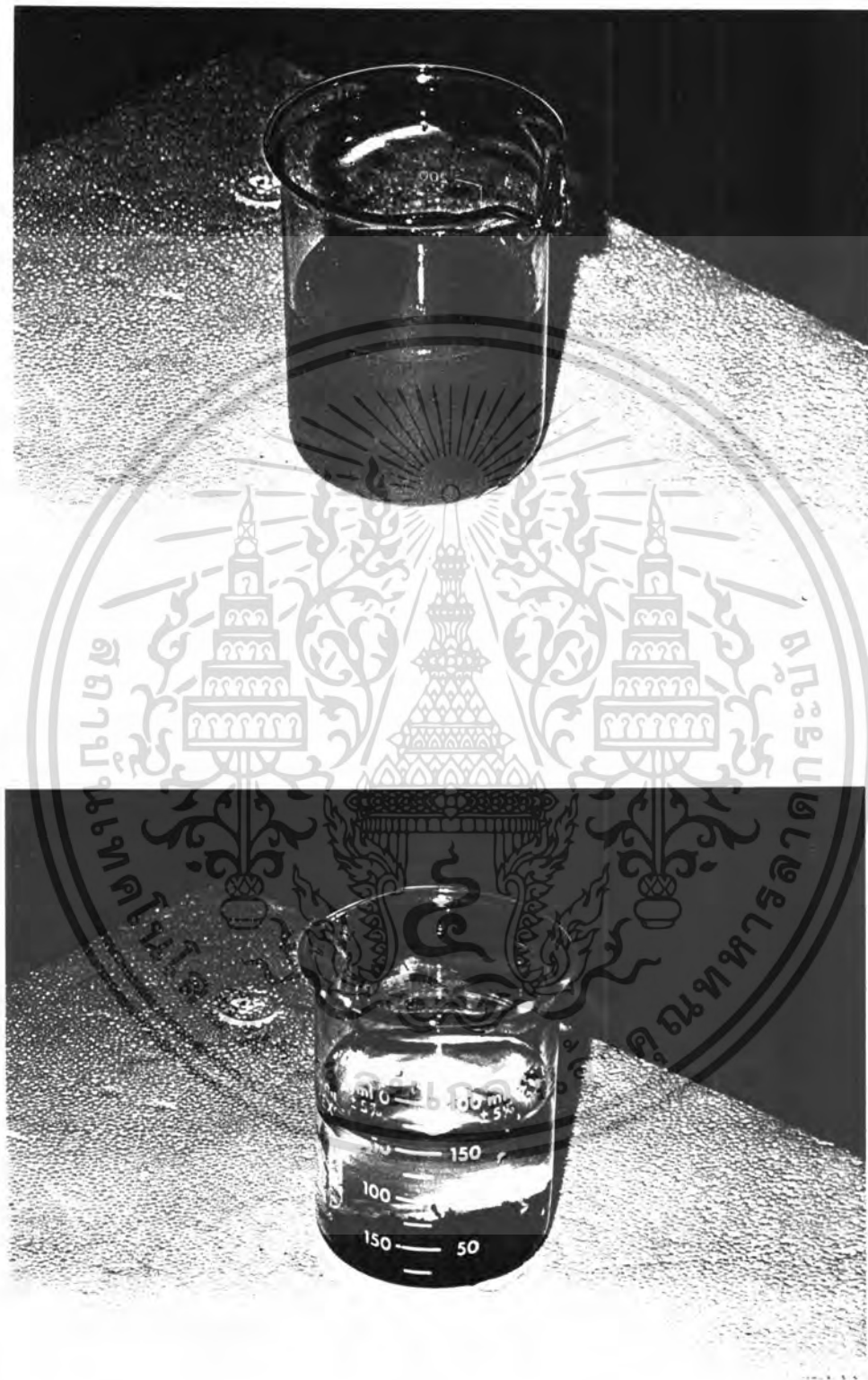
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๙๓



๐๙-๑





รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะการจับตัวเป็นกลุ่มของเยื่อกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษา การสังเคราะห์และตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของกราฟท์โคพอลิเมอร์ เพื่อใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอน โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังที่ได้อธิบายในบทที่ 3 และ 4

ส่วนที่ 1 สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษามีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ

5.1.1 ชนิดของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำและเวลาในการเกิดปฏิกิริยาแป้งที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้ง กับมอนอเมอร์ร่วมในโครงการพิเศษนี้คือแป้งไฮโดรไลซ์ เนื่องจากต้นทุนต่ำ ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุด เวลาในการเกิดปฏิกิริยาน้อยที่สุด

5.1.2 การศึกษาอัตราส่วนของ [AM]:[AA] ที่มีผลต่อเวลาการเกิด

ปฏิกิริยาและค่าการดูดซึมน้ำ

เมื่อลด [AA] เวลาการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง เนื่องจากกรดอะคริลิกมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอะคริลาไมด์ เมื่อเพิ่มปริมาณ [AA] ค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง (1124 ก./ก.) แล้วจึงลดลง เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิเลตในโมเลกุลกรดอะคริลิก สามารถก่อกวนระไฮโดรเจนได้ดีกว่าหมู่เอไมต์ในอะคริลาไมด์เมื่อเพิ่ม [AA]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมดูดซึมน้ำมากเกินไป จนไม่สามารถอุ้มน้ำได้จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง

5.1.3 การศึกษาอัตราส่วนของน้ำหนักของแป้ง/น้ำหนักของ AM ที่มีผลต่อ

ค่าการดูดซึมน้ำ

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้ง/น้ำหนักของ AM ค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าค่าหนึ่งที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้ง/น้ำหนักของ AM เท่ากับ 0.19 (1124ก./ก.) แล้วจึงลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งซึ่งเป็นสายโซ่หลักมีจำนวนน้อย การเกิดสายโซ่กราฟท์จะมีความหนาแน่นและความเกาะเกาะมาก ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ยาก ในทางกลับกันที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้ง/อะครีลาไมด์มากสายโซ่กราฟท์ที่ต่อกับสายโซ่หลักมีความหนาแน่นน้อยทำให้การเกิดพันธะไฮโดรเจนจะเกิดได้ยากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง

5.1.4 การศึกษาหาคุณลักษณะต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม

ก.) ปริมาณมอนอเมอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าเกือบ 100 % เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาความเร่งด้วยตัวเอง

ข.) ปริมาณองค์ประกอบของน้ำในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมมีค่าต่ำ ประมาณ 18 - 28 % ทำให้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อที่เตรียมได้มีปริมาณน้ำหลงเหลืออยู่น้อยมาก จึงง่ายแก่การอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

ค.) การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ็งกับมอนอเมอร์ร่วม โดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ สามารถเห็นพีคหลัก คือ พีคของหมู่ไฮดรอกซิลของแบ็งที่เลขคลื่น 3389 cm^{-1} พีคหมู่คาร์บอนิลของเอไมด์ที่เกิดจากอะคริลาไมด์ที่เลขคลื่น 1669 cm^{-1}

ง.) ค่ากลาสทรานสิชันของพอลิเมอร์ร่วมแบบค่อของแบ็งกับมอนอเมอร์ร่วม จากการศึกษาโดยใช้เครื่องดิฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่งคาลอริมิเตอร์ ไม่สามารถเห็นได้ชัดเจน

5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาแอนนิชของพอลิเมอร์ร่วมแบบค่อของแบ็งกับมอนอ- เมอร์ร่วม

5.2.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในสภาวะที่ปริมาณสารเคมี และเวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิช่วง 30 – 60 °C การทดลองที่ 6 ปริมาณ N^+ จะมากที่สุด เท่ากับ 0.000345 โมล/ก. หากอุณหภูมิสูงยิ่งสูงสภาวะในการเกิดปฏิกิริยาจะรุนแรงขึ้น อาจส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ท้ายสุดที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองอ่อน

5.2.2 การศึกษาผลของเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

ในสภาวะที่ปริมาณสารเคมีอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเท่ากัน จากกราฟรูปที่ 4.6 พบว่าช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยา 0-2 ชั่วโมง อัตราการเพิ่มของปริมาณ N^+ จะเพิ่มขึ้น และที่เวลาในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นปริมาณ N^+ มีแนวโน้มที่จะคงที่ อาจเป็นผลจากสารตั้งต้นถูกทำปฏิกิริยาหมดไป

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สภาวะในการสังเคราะห์ควรพิจารณาอุณหภูมิและเวลาในการเกิดปฏิกิริยาคงกันไป

5.2.3 การศึกษาผลของปริมาณ DMA และฟอร์มัลดีไฮด์

จำนวนโมลของ DMA ต่อ ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์เป็น 1:1 เพื่อป้องกันการเกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงและการเชื่อมโองซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ละลายน้ำ จากรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนโมลของฟอร์มัลดีไฮด์ และ ปริมาณ DMA ปริมาณ N^+ จะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ปริมาณ N^+ บังขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนอะตอมที่หมู่เอไมด์ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้ไม่สามารถหาปริมาณไนโตรเจนที่แน่นอนของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วมได้ ทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์อย่างแน่นอนได้ อย่างไรก็ตามสามารถหาปริมาณไนโตรเจนจากการประมาณได้เท่ากับ 0.0012 โมลต่อกรัมพอลิเมอร์ร่วม

5.2.4 การศึกษาผลของปริมาณ DMS

DMS จะใช้ในการเพิ่มหมู่เมทิล ($-CH_3$) แก่ไนโตรเจน ทำให้เกิดควอเตอร์นารี แคตไอออนิกกราฟท์โคพอลิเมอร์ เมื่อเพิ่มปริมาณ DMS ปริมาณ N^+ จึงเพิ่มขึ้นและ จากรูปที่ 4.8 พบว่าแนวโน้มของกราฟระหว่างปริมาณ N^+ และจำนวนโมลของ DMS มีความสัมพันธ์ค่อนข้างเป็นเชิงเส้น ซึ่งน่าจะเป็นการยืนยันว่าอัตราส่วนในการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่อะมิโนอัลคิลเลทและ DMS (จากรูปที่ 2.10) เป็น 1:1

ในการทดลองที่ 24 - 27 ได้เติมแอมโมเนียมคลอไรด์คาดว่าทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยทำให้ปฏิกิริยาค่าเนินไปได้ดีขึ้น

5.2.5 การศึกษาโครงสร้างของ พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอ- เมอร์ร่วมหลังจากทำปฏิกิริยาแมนนิชโคบใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานส- ฟอร์ม อินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

จากหัวข้อ 5.1.4 การทดสอบคุณลักษณะของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอ-
เมอร์ร่วม พืชหลักที่พบได้แก่พีคของหมู่ไฮดรอกซิล พีคของหมู่คาร์บอนิล พอลิเมอร์ร่วม

แบบต่อของแป้งกับมอโนเมอร์ร่วมหลังจากเกิดปฏิกิริยาแมนนิซ พบว่านอกจากฟิซของหมู่ไฮดรอกซิล และ หมู่คาร์บอนิล ยังปรากฏฟิซที่เห็นได้ชัดเพิ่มขึ้นมา โดยปรากฏในช่วงปลายนิ้วมือ (fringer print) น่าจะเป็นการยืนยันว่าเกิดปฏิกิริยาแมนนิซขึ้น

5.2.6 ผลของปริมาณ N^+ ต่อประสิทธิภาพการตกตะกอนเยื่อจากน้ำเสีย

เยื่อที่พบในน้ำเสียนั้นมีแนวโน้มของประจุค่อนข้างลบเนื่องจากลักษณะโครงสร้างของเยื่อซึ่งเป็นเซลลูโลสประเภทหนึ่ง ดังนั้นสารเร่งการตกตะกอนที่ใช้ถ้ามีความเป็นประจุบวกมาก ความสามารถในการเร่งการตกตะกอนจะดี แต่ในโรงงานพิเศษนี้พอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์จะประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิเลตจากกรดอะคริลิกและหมู่เอไมด์จากอะคริลาไมด์ เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาแมนนิซพอลิเมอร์ร่วมที่ได้ภายในสายโซ่อาจจะประกอบด้วยประจุบวกและประจุลบผสมกัน จากการทดสอบโดยนำพอลิเมอร์ร่วมที่ทำปฏิกิริยาแมนนิซมาใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอน พบว่าพอลิเมอร์ร่วมที่มีปริมาณ N^+ ปานกลางจะให้ผลการตกตะกอนที่ดีกว่าพอลิเมอร์ที่มีปริมาณ N^+ มากหรือน้อยไป อาจอธิบายได้ว่าเมื่อปริมาณ N^+ มากไปจะเกิดการดึงดูดระหว่างประจุบวกและประจุลบภายในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้ประจุบวกที่จะช่วยในการจับเยื่อลดน้อยลง

5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนเยื่อ

5.3.1 ผลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายพอลิเมอร์ร่วมที่ทำปฏิกิริยาแมนนิซ

จากผลการทดสอบพบว่าค่า pH ของสารละลายพอลิเมอร์ที่ค่อนข้างเป็นกลาง (6 - 7) จะทำให้ประสิทธิภาพในการเร่งการตกตะกอนดี ค่า SS. จากการทดสอบต่ำกว่า สารละลายพอลิเมอร์ที่ค่า PH เป็น กรด หรือ ด่างมากเกินไป

5.3.2 ผลของปริมาณการใช้พอลิเมอร์ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิชเป็นสาร เร่งการตกตะกอน กับค่า SS.

การทดสอบน้ำเสียจากโรงงานที่มีปริมาณเยื่อ 87 ก./ล. ปริมาณพอลิเมอร์ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิชที่ใช้ช่วง 1 - 2 % จะมีผลดีที่สุด คือค่า SS. ต่ำสุด ลักษณะฟล็อกใหญ่จับตัวกันดี เนื่องจากพอลิเมอร์ร่วมหลังทำปฏิกิริยาแมนนิชยังคงมีความหนืดสูง (3290 cpI.LV2 (ใช้พอลิเมอร์ 0.33 %)) เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้พอลิเมอร์ สารละลายจะมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นทำให้เยื่อมีลักษณะที่แขวนลอยเนื่องจากความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ เยื่อตกลงมาได้ช้ามาก ค่า SS. จากการทดสอบจึงสูง

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

เป็นการเสนอแนะสำหรับผู้สนใจจากทำการศึกษาในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.4 การหาปริมาณไนโตรเจนที่แน่นอนในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแปปกับมอ เมอร์ร่วม

ไนโตรเจนพิเศษนี้ไม่สามารถหาปริมาณไนโตรเจนที่แน่นอนของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแปปกับมอเมอร์ร่วม ทำให้ไม่สามารถศึกษาหาความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาแมนนิชที่เกิดขึ้นได้ จึงควรหาปริมาณไนโตรเจนที่แน่นอน เช่น โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยการวิเคราะห์แบบเชิงปริมาณ หรือการใช้เครื่องไพโรไลซิส ก๊าซโครมาโตกราฟี

5.5 การทดสอบ พอลิเมอร์แบบคอปเปอร์กับมอนอเมอร์ร่วมที่ทำปฏิกิริยาแมนนิช

ใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่น

เนื่องจากพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีความเป็นประจุบวก จึงน่าจะทดสอบกับน้ำทัวอย่างจากอุตสาหกรรมอื่น เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการเร่งการตกตะกอน

5.6 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอื่นเพื่อใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนในน้ำเสีย

นอกจากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมในโครงการพิเศษนี้ อาจจะทดลองวิธีการศึกษาสังเคราะห์จากพอลิเมอร์ร่วมชนิดอื่น เช่น สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบคอปเปอร์ระหว่างเบ็งกับอะคริลาไมด์ โดยวิธีโพนพอลิเมอร์ไรเซชัน เปลี่ยนจากกรดอะคริลิกเป็นกรดไนตริก และเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาให้สูงขึ้น สังเคราะห์พอลิเมอร์โดยใช้สารตั้งต้นเป็นลิกนิน (lignin) เกิดปฏิกิริยาแมนนิช [28 ,29,30] เนื่องจากลิกนินเป็นสารที่ต้องสกัดออกจากเยื่อในกระบวนการผลิต ถ้าสามารถทำการสกัดลิกนินและนำมาทำปฏิกิริยาได้ จะเป็นการใช้สารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสกัดและการปรับปรุงคุณสมบัติของโคตินโคโตแซน เนื่องจากโคตินและโคโตแซนเป็นสารที่พบในสัตว์ที่มีเปลือกแข็ง เช่น เปลือกกุ้ง ปู ซึ่งประเทศไทยมีวัตถุดิบดังกล่าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จำนวนมาก ถ้าทำการผลิตได้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ได้อย่างดี



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ ก

คุณสมบัติของสารเคมีบางตัวที่ใช้ในโครงการพิเศษ

1. กรดอะคริลิก (acrylic acid)

สูตรโมเลกุล (CH_2CHCOOH) น้ำหนักโมเลกุล 72.06 ก./โมล เป็นของเหลว คุณสมบัติตามมาตรฐาน (standard specification) มีดังนี้

- | | |
|--|-------------|
| - ความบริสุทธิ์ (โดยกาซโครมาโตกราฟี) | 98 % min. |
| - ตัวหน่วงปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน | 140 มลก./ล. |
| - ปริมาณน้ำ (water content - Karl fischer) | 0.5 max. |
| - สี (color APHA) | 30 max. |

2. อะคริลามิด (acrylamide)

สูตรโมเลกุล ($\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$) น้ำหนักโมเลกุล 71.08 ก./โมล เป็นผลึกสีขาว จุดหลอมเหลว 84°C คุณสมบัติตามมาตรฐานเป็นดังนี้

- | | |
|---|----------------------|
| - ความบริสุทธิ์ | มากกว่า 98 % |
| - ปริมาณเหล็ก | น้อยกว่า 8.0 มลก./ล. |
| - ปริมาณความชื้น (moisture content) | น้อยกว่า 1.0 |
| - สี (color APHA) | น้อยกว่า 30 |
| - PH (10 % ของสารละลาย) | 4.0 - 6.0 |
| - ปริมาณสารที่ไม่ละลายน้ำ | น้อยกว่า 0.1 % |
| - ปริมาณ แอมโมเนียมซัลเฟต [$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$] | น้อยกว่า 0.1 % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ฟอर्मัลดีไฮด์ (formaldehyde)

เป็นสารในสภาวะก๊าซ มีจุดเดือด - 19 °ซ สามารถละลายได้ในน้ำและแอลกอฮอล์โดยทั่วไปมักใช้ในรูปสารละลายความเข้มข้น 37 - 40 % ในสภาวะสารละลายมีจุดเดือด 96 °ซ จุดควบไฟ 50 °ซ ความหนาแน่น 1.089 ก./ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.ไดเมทิลเอมีน (dimethylamine)

สูตรโมเลกุล $[(CH_3)_2NH]$ น้ำหนักโมเลกุล 45.08 ก./โมล เป็นสารในสภาวะก๊าซมีกลิ่นฉุนเหมือนกลิ่นคาวปลา สามารถละลายได้ในน้ำ ในสภาวะสารละลาย 40 % ในน้ำ มีความเข้มข้นประมาณ 7 - 9 โมลาร์ ความหนาแน่น 0.89 ก./ลูกบาศก์เซนติเมตร

5.ไดเมทิลซัลเฟต (dimethylsulphate)

สูตรโมเลกุล $[(CH_3)_2SO_4]$ น้ำหนักโมเลกุล 126.13ก./โมล สภาวะสารละลายมีความบริสุทธิ์ประมาณ 97 % ความหนาแน่น 1.325 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าดัชนีหักเห 1.387 จุดควบไฟ 83 °ซ

ภาคผนวก ข

การทดสอบประสิทธิภาพการตกตะกอน

โดยทั่วไปการทดสอบประสิทธิภาพการตกตะกอนนิยมทำโดยใช้อุปกรณ์การทดสอบที่เรียกว่า " JAR-TEST " ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นใส่น้ำที่ทดสอบลักษณะคล้ายหลอดทดลอง มีไมพัดที่ถูกรอกแบบให้กวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนวิธีการทดสอบขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการนำข้อมูลไปใช้งาน

ตัวอย่างวิธีการทดสอบโดยเครื่อง JAR-TEST

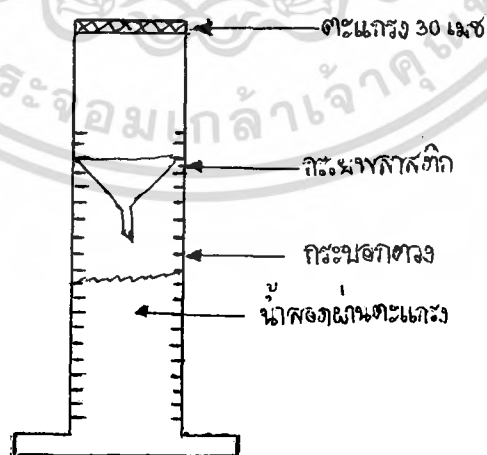
- เทน้ำตัวอย่างลงในหลอดทดสอบ (ประมาณ 2 /3 ของหลอดทดสอบ)
- ใส่สารเร่งการตกตะกอน
- ตั้งอัตราการปั่นกวนที่ความเร็ว A รอบต่อนาที เป็นเวลา B นาที
- เปลี่ยนอัตราการปั่นกวนเป็น C รอบต่อนาที เป็นเวลา B นาที (ความเร็ว A มากกว่า B)
- ตั้งไว้เพื่อให้เกิดการจับกลุ่มอย่างสมบูรณ์และเกิดการตกตะกอน
- เทของเหลวประมาณ ครึ่งหนึ่ง นำไปวัด ค่าความขุ่น ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าปริมาตรแขวนลอย เป็นต้น

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบพอลิเมอร์จากบริษัท สยามเซลลูโลส จำกัด และ
บริษัทอุตสาหกรรมกระดาษทิพย์ จำกัด

อุปกรณ์	1. บีกเกอร์ 400 มล.	2 ใบ
	2. กระบอกตวง 250 มล.	1 ใบ
	3. กรวยพลาสติก	1 ชิ้น
	4. ตะแกรงลวดขนาด 30 เมช	1 อัน

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ ข.1
2. ตวงพอลิเมอร์ในปริมาณที่ต้องการทดสอบ ผสมกับน้ำตัวอย่าง (sludge) เทผสมกลับไปกลับมาให้เข้ากัน (พอลิเมอร์ในที่นี่มี 2 ชนิด 1. QCCP (พอลิเมอร์ที่ได้จากโครงการ) 2. C 5250 (พอลิเมอร์ที่ทางโรงงานใช้ อยู่)
3. เทน้ำที่ผสมพอลิเมอร์ดังกล่าวผ่านตะแกรง
4. บันทึกค่าเวลาที่น้ำผ่านตะแกรงที่ปริมาตรต่างๆ ปริมาณตะกอนที่ลอคผ่านตะแกรง และสังเกตลักษณะการจับกลุ่มตะกอนที่เกิดขึ้นบนตะแกรง



รูปที่ ข.1 แสดงการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดสอบของ QCCP (พอลิเมอร์จากโรงงาน) และ

C 5250 (ตัวอย่างพอลิเมอร์จากโรงงาน) ที่ปริมาณการใช้ 20 ppm.

ปริมาณน้ำที่ผ่านตะแกรง (มล.)	เวลาที่น้ำผ่านตะแกรง (วินาที)	
	QCCP	C 5250
90	1.33	1.45
100	2.17	2.59
110	3.33	4.41
120	5.86	6.95
130	8.93	9.97

ตารางที่ ข.2 แสดงปริมาณตะกอนที่ผ่านตะแกรงและลักษณะการจับกลุ่มเยื่อบนตะแกรง

ชนิดของพอลิเมอร์	ปริมาณตะกอนที่ผ่าน ตะแกรง (มล.)	ลักษณะการจับกลุ่มเยื่อบน บนตะแกรง
QCCP	น้อยกว่า 2 มล.	เห็นเป็นกลุ่มเยื่อและเป็น ตัวหนอนเล็กๆ
C 5250	น้อยกว่า 2 มล.	เห็นเป็นกลุ่มเยื่อชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงผลการทดสอบ QCCP และ C 5250 ที่ปริมาณการใช้ 30 ppm.

ปริมาณน้ำที่ผ่านตะแกรง (มล.)	เวลาที่น้ำผ่านตะแกรง (วินาที)	
	QCCP	C 5250
80	1.41	1.96
90	2.29	3.12
100	4.11	5.07
110	5.84	8.92

ตารางที่ ข.4 แสดงปริมาณตะกอนที่ผ่านตะแกรงและลักษณะฟล็อกที่เกิดขึ้น

ชนิดของพอลิเมอร์	ปริมาณตะกอนที่ผ่าน ตะแกรง (มล.)	ลักษณะการจับกลุ่มเยื่อ บนตะแกรง
QCCP	เล็กน้อย	เห็นเป็นกลุ่มเยื่อและน้ำ ผ่านได้เร็วขึ้น
C 5250	เล็กน้อย	เห็นเป็นกลุ่มเยื่อและน้ำ ผ่านได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงผลการทดสอบ QCCP และ C 5250 ที่ปริมาณการใช้ 35 ppm.

ปริมาณน้ำที่ผ่านตะแกรง (มล.)	เวลาที่น้ำผ่านตะแกรง (วินาที)	
	QCCP	C 5250
90	1.50	1.80
100	2.45	3.29
110	4.59	5.56
120	7.93	8.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงปริมาณตะกอนที่ผ่านตะแกรงและลักษณะการจับกลุ่มเยื่อบนตะแกรง

ชนิดของพอลิเมอร์	ปริมาณตะกอนที่ผ่าน ตะแกรง (มล.)	ลักษณะการจับกลุ่มเยื่อ บนตะแกรง
QCCP	เล็กน้อย	เยื่อจับกลุ่มได้ดี อุ่มน้ำ เล็กน้อย ไม่ติดตะแกรง ป็นเป็นก้อน น้ำผ่านได้
C 5250	เล็กน้อย	เยื่อจับกลุ่มได้ดี น้ำผ่าน ได้เร็วแต่น้อยกว่า QCCP

จากผลการทดสอบดังตารางที่ ค.1 - ค.6 พบว่าลักษณะการจับกลุ่มเยื่อเมื่อใช้พอลิเมอร์จากโครงการพิเศษ (QCCP) กับตัวอย่างพอลิเมอร์จากโรงงานมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่เมื่อใช้พอลิเมอร์จากโครงการพิเศษ เวลาที่น้ำผ่านตะแกรงจะต่ำกว่า

หมายเหตุ

1. น้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ มีค่าปริมาณสารแขวนลอย (คิดเป็น % consist) เท่ากับ 0.985 และค่า pH เท่ากับ 6.81
2. ค่า pH ที่ความเข้มข้น 0.1 % น้ำหนักต่อปริมาตร
 - C-5250 = 3.56
 - QCCP = 3.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาณการใช้พอลิเมอร์ที่เหมาะสมจะต้องทำให้ได้การจับกลุ่มเยื่อที่มีขนาดใหญ่ มีความสามารถยึดเกาะกันได้ดี บั่นเป็นก้อนได้ ไม่ติดตะแกรง อุ่นน้ำได้น้อย (เพราะถ้าอุ่นน้ำได้มากจะทำให้การบีบตะกอนทำได้ยากขึ้น) ปริมาณสารที่ผ่านตะแกรงมีน้อย และมีค่าเวลาน้ำที่ผ่านตะแกรงต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงราคาสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของสารเคมี	ต้นทุนต่อหน่วย (บาท)
แป้งไฮโดรไลซ์	35 บาท/กก.
อะคริลาไมด์	50 บาท/กก.
กรดอะคริลิก	30 บาท/กก.
โซเดียมคาร์บอเนต	43 บาท/กก.
โพรพิลีนไกลคอล	400 บาท/ล.
EDTA	1000 บาท/กก.
โพแทสเซียมเปอร์-ซัลเฟต	480 บาท/กก.
ซัลเฟต	
ฟอร์มัลดีไฮด์	172 บาท/ล.
DMA	450 บาท/ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงต้นทุนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งข้าวโพดกับ

มอนอเมอร์ร่วม

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณการใช้	ต้นทุนหน่วย(บาท)
แป้งไฮโครไลซ์	8.1 ก.	0.0675
อะคริลาไมด์	42.64 ก.	2.132
กรดอะคริลิก	28.83 ก.	0.8649
โซเดียมคาร์บอเนต	21.20 ก.	0.912
โพรพิลีนไกลคอล	0.2 มล.	0.080
EDTA	5.0 มล.	1.050
โพแทสเซียมเปอร์-ซัลเฟต	5.0 มล.	0.0648

จากตารางพบว่าต้นทุนสารเคมีในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับมอนอเมอร์ร่วม ประมาณ 50 - 55 บาท/กก. และเมื่อนำพอลิเมอร์ดังกล่าวมาทำปฏิกิริยาแมนนิช ต้นทุนสารเคมีของพอลิเมอร์ที่ได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 211 - 230 บาท/กก. เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาเป็นเกรดวิเคราะห์และต้องสั่งจากต่างประเทศซึ่งราคาค่อนข้างสูง ทำให้ต้นทุนรวมสารเคมีของพอลิเมอร์ที่ได้สูง

ภาคผนวก ง

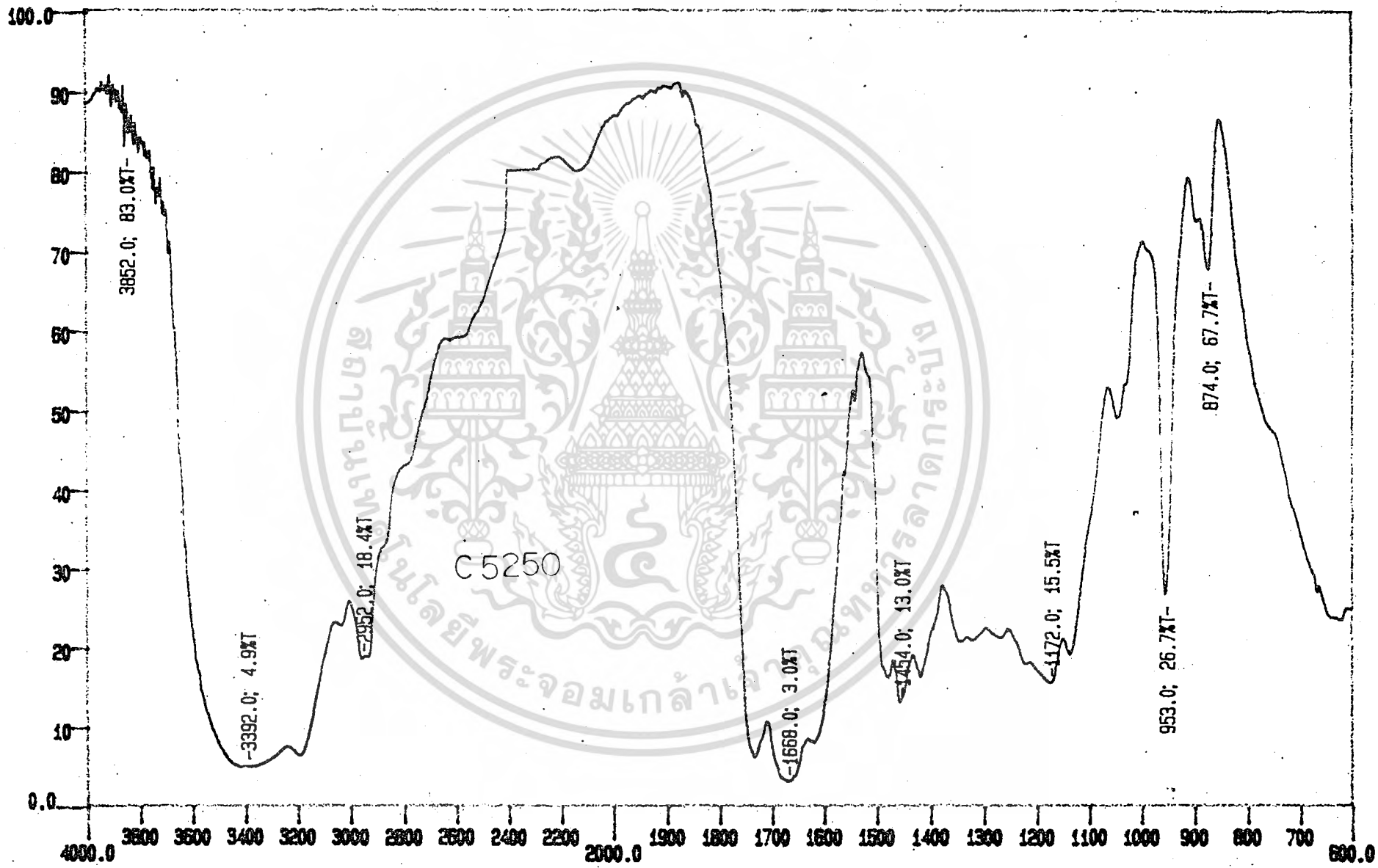
FTIR สเปกตรัมของตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอน

ตาราง จ.1 แสดงเลขคลื่น และเปอร์เซ็นต์การผ่านของแสง ของ PAM และ PAM ที่ทำปฏิกิริยาแมนนิช และ C 5250 (สารตัวอย่างพอลิเมอร์จากโรงงาน)

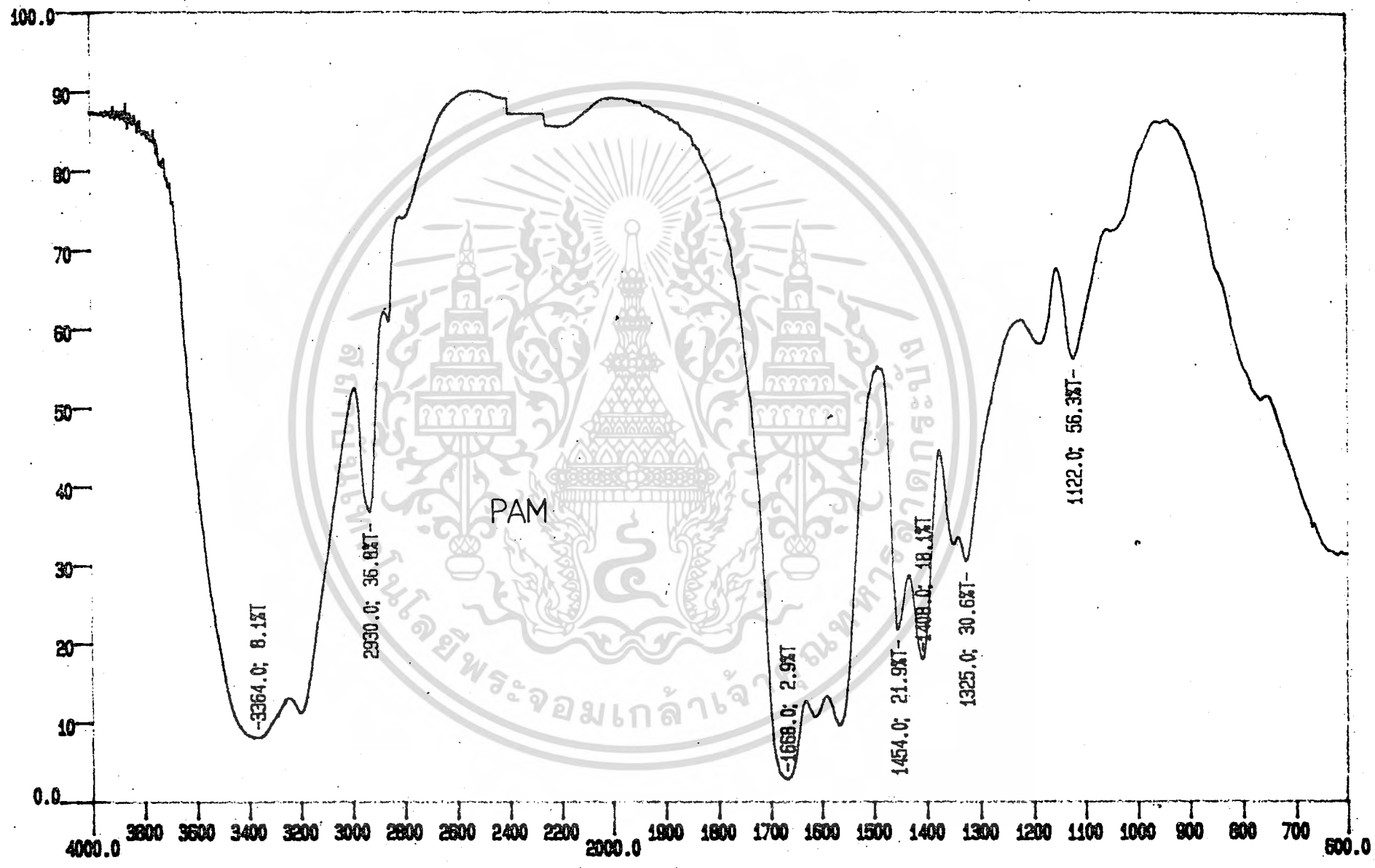
PAM		Mannich-PAM		C 5250	
เลขคลื่น(cm^{-1})	%T	เลขคลื่น(cm^{-1})	%T	เลขคลื่น(cm^{-1})	%T
3364	8.1	3433	45.7	3392	4.9
2930	36.8	2962	51.9	2952	18.4
1668	2.9	1672	34.8	1668	3.0
1454	21.9	1461	44.4	1454	13.0
1408	18.1	1227	1.3	1172	15.5
1325	30.6	1068	13.4	953	26.7
1022	56.3	1066	5.2	874	67.7
		774	7.6		
		619	30.5		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BT



BT

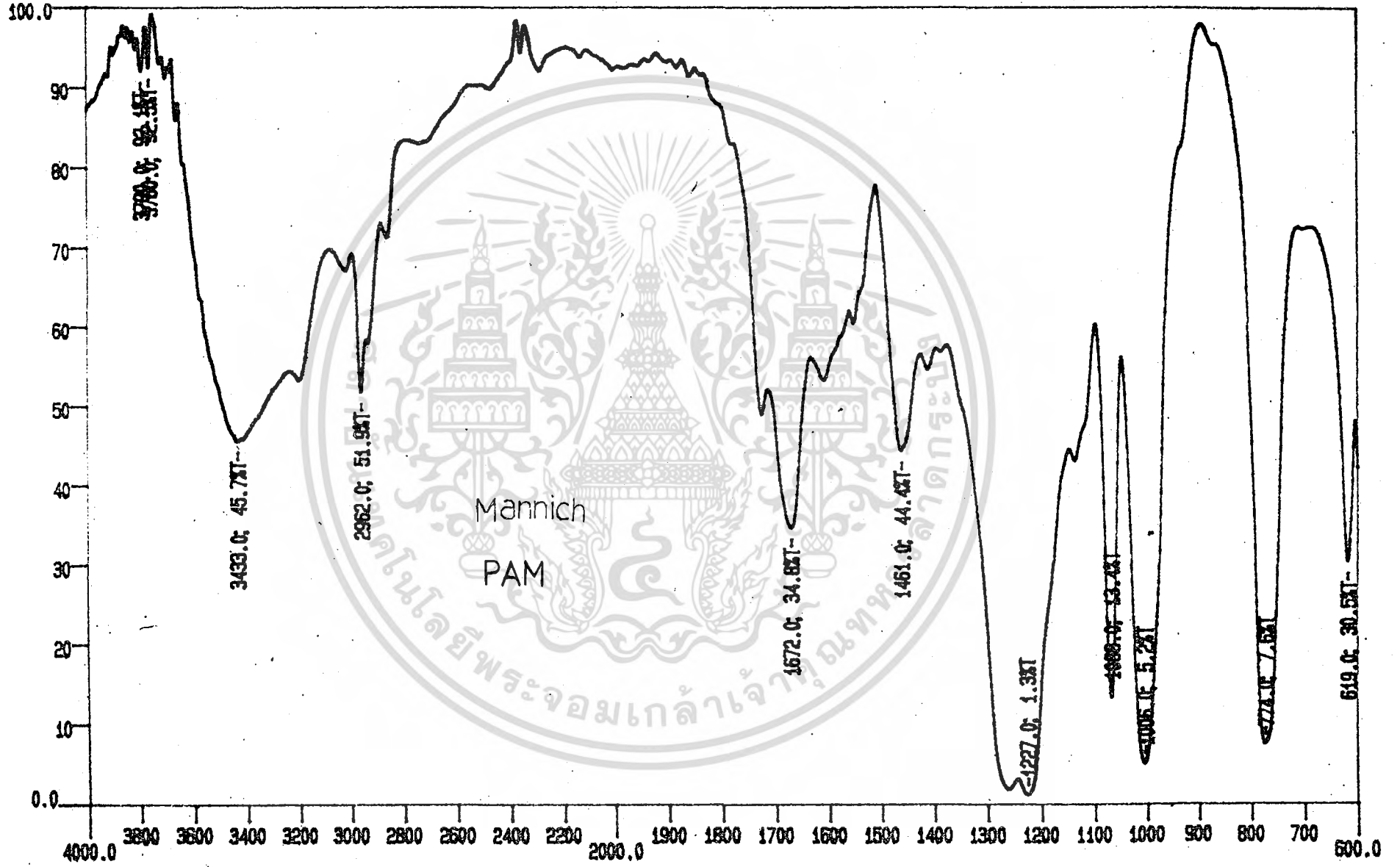


BT

20 cm

BT-1

BT



BT

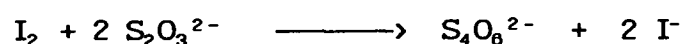
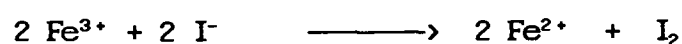
ภาคผนวก จ

การหาค่า Reducing value (Ferric cyanide number) ของแป้งไฮโดรไลซ์

วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้งตัวอย่าง 250 มล. ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เติมนเบนซีน (benzene) 2-3 มล.
2. เติมน้ำกลั่น 25 มล. คนให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 100°C จนแป้งละลายหมด
3. บีบเฟอริกไซยาไนด์ 2.5 มล. (ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน) ใส่ ปิดจุกแล้ว แช่ในอ่างน้ำเคือคประมาณ 15 นาที โดยหมุนของเป็นระยะ
4. หลังจากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง เติมน้ำของผสมระหว่าง ซิงค์ซัลเฟตกับ กรดอะซิติก 60 มล. แล้วตามด้วยโพแทสเซียมไอโอไดค์ 20 มล.
5. นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.05 นอร์มอล บันทึก ปริมาตรสารละลายที่ใช้ไป
6. ทำแบบลงค์ เช่นเดียวกับ ข้อ 1 - 5 โดยในข้อ 5 จะเติมน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์
7. คำนวณหาปริมาณเฟอริกไซยาไนด์ที่ใช้ในการรีดิวซ์แป้ง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

จำนวนโมลเฟอร์ริกไซยาไนด์ที่ใช้ = จำนวนโมลของหมู่อัลดีไฮด์ในแป้ง

ค่าสมมติต่างๆในการคำนวณ

M_1 = ความเข้มข้นของ Fe^{3+} โมล/ล.

V_1 = ปริมาตรของ Fe^{3+} มล.

M_2 = ความเข้มข้นของ $S_2O_3^{2-}$ โมล/ล.

V_3 = ปริมาตรของ $S_2O_3^{2-}$ มล.

จากสมการเคมีดังที่กล่าวมา

$$(M_1 V_1) = (M_2 V_2)$$

$$V_1 = M_2 V_2 / M_1$$

เพราะฉะนั้นจะมี Fe^{3+} เหลือจากการทำปฏิกิริยา = $M_2 V_2 / M_1$

Fe^{3+} ที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยา (V) = ปริมาตรเฟอร์ริกไซยาไนด์ที่ใช้ (2.5 มล.) หัก
ออกจากปริมาตรที่เหลือ
= $2.5 - (M_2 V_2 / M_1)$

จากความเข้มข้นที่แน่นอนของเฟอร์ริกไซยาไนด์ (M โมล/ล.)

ในสารละลาย 1000 มล. มีเนื้อสาร Fe^{3+} = M โมล

ถ้าในสารละลาย V มล. มีเนื้อสาร Fe^{3+} = $MV/1000$ โมล

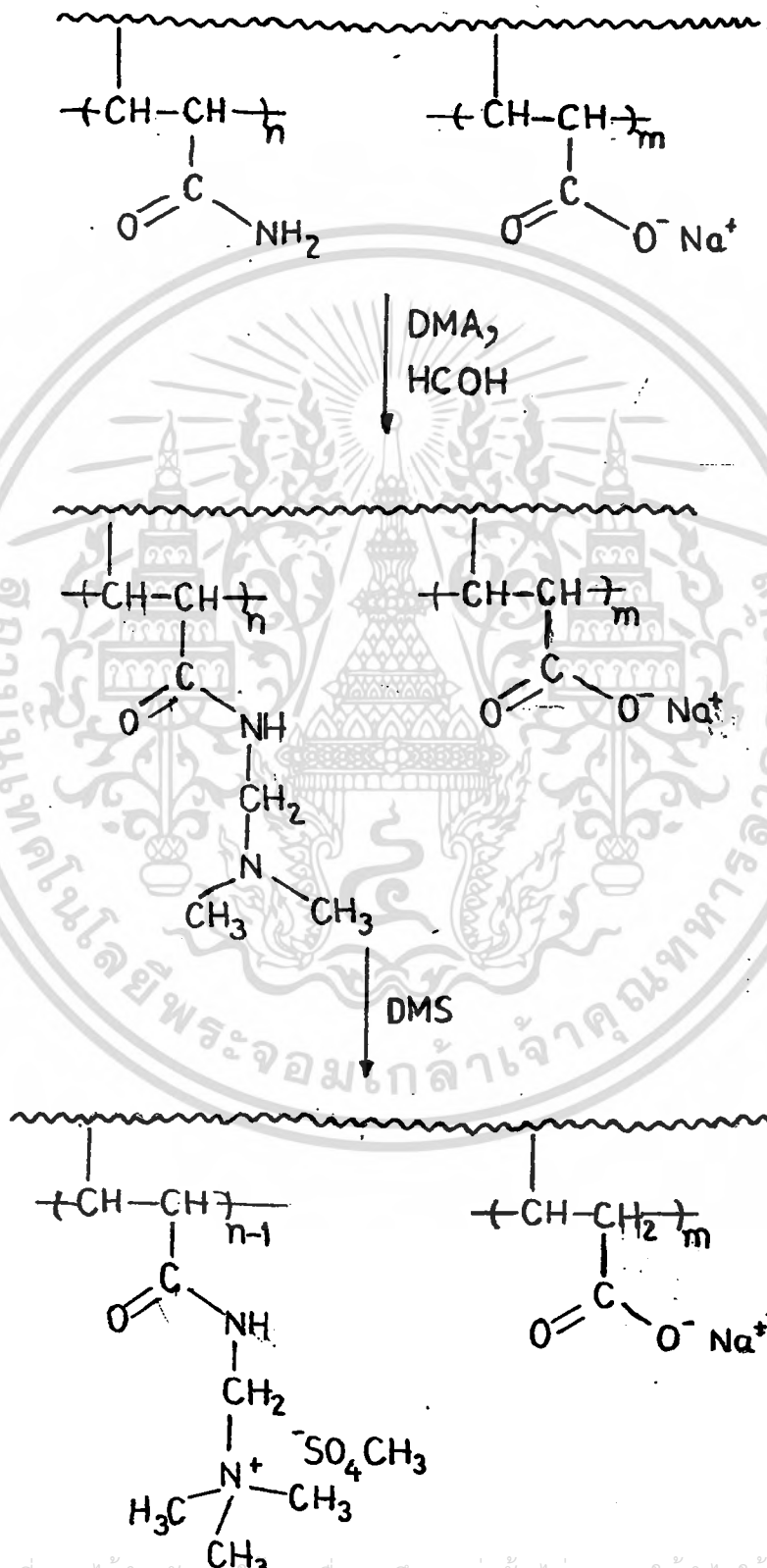
จากจำนวนโมลของ Fe^{3+} ที่ใช้ = จำนวนโมลของหมู่อัลดีไฮด์ (ในแป้ง)

เพราะฉะนั้นค่า Reducing Value = น้ำหนักแป้ง/จำนวนโมลของหมู่อัลดีไฮด์
(ในแป้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แสดงลักษณะโครงสร้างของแคตไอออนิกกราฟท์โคพอลิเมอร์จากโครงการพิเศษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Osada, Y. US. Pat 4,212,719 July. 15,1980
2. Restaino, A.J., U.S. Pat. 4,115,339 Sep, 19,1978.
3. Fadner, T.A. and Mararwetz,H. J.Polym.Sci. 45(1980):475.
4. Kurita Water Industries "Flocculants" Chem. Abstr. No. 102:225553g
5. Pelton, R.H. " Model Cationic Flocculants from the Mannich Reaction of Polyacrylamide " J. Polym. Sci 22(12). (1984): PP. 3955 - 3966.
6. Arakawa Chemical Industries " Strengtening agent for paper" Clum .Abstr. No. 100:23711e
7. N.M. Bikales Water-Soluble Polymers 1st ed., pp. Plenum press , New York, 1973.
8. Duane, A.J.;George F.F.; Robert C. B. "Flocculants From Starch Graft Copolymer" US. Pat 3,669,915 June.13, 1972.
9. Joseph, S.R.; Ian W.C.; Jaewon L.S. " Amphoteric Graft Copolymer of Xantomonas Hydrophilic Colliod and Patially N - Amminomethylated Acrylamide " US. Pat 4,155,885 May.22, 1979.
10. Wu. Gongsheng; Li Ohing; Zhang Guo; " Synthesis of polyacrylamide-graft corn starch and its application as flocculants" Chem Abstr No. 110:154793w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Feng Benrong; Wu Shunyi; " Cationic type of graft Copolymeric starch " Chem. Abstr No. 115:9993b
13. KIRK-OTHMER Encyclopedia of Chemical Technology 3rd ed, PP. 489-516, A Wiley-interscience publication, New York, 1980.
14. Industrial pollution control handbook, 1st ed. P 13. McGraw-Hill Book Company, USA, 1971.
15. Herman, F.M.; Norbert M.B.; Charles G.O.; Georg M.; Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd ed. PP. 730-778, Vol 17, USA, 1989.
16. Field, J.R. and Smalley, G. " Flocculating agent " US. Pat 3,879,333 July 29, 1975.
17. David, A.M.; Synthetic Polyelectrolytes, PP. 29 - 41, Polymer International, 25,1991.
18. McDonal, C.J. and Beaver, R.H.; " The Mannich Reaction of Polyacrylamide " Macromolecules , 12 (2) March - April 1979.
19. Philips, K.G.; Edward, G.S. " Method For Rapidly Producing Amino Methylated Polymers and Quaternary Ammonium Salts " US.Pat 4,179,424 Dec.18, 1979.
20. Robert, L.B.; Daniel, B.S.; Ralph M.T. " Preparation of Poycationic Polysaccharides by Site selective reaction " US.Pat 4,992,536 Oct.31, 1989.
21. Wurzburg, O.B.; "Modified Starch : Properties and Uses"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3rd ed., pp. 150 - 162 , CRC Press , Florida , 1987.
22. John, J.C.; " Industrial Strach Technology " pp. 74-77,
Noyes Data Coporation ,New Gersey , 1979.
23. Zhang,L.S. " Polymerisation Process and Products "
E.P.Pat 356,242 Feb.28, 1990.
24. Zhang, L.S. " Graft Copolymer " E.P.Pat 356,241 Feb 28,
1990.
25. Kojima, S.; Journal of Japan Water Works Association
vol 392, 1967.
26. ASTM D4188 - 82 " Performing Pressure in line Coaculation
Flocculation - Filtration Test "
27. ASTM D2035 - 80 " Coagulation - Flocculation Jar-Test of
Water "
28. Peter,S. ; Patti, E.B. " Cationic and Anionic Lignin Amines"
U.S.Pat 4,775,744 Oct 4 ,1988
29. Henny ,W.H.; Danial J.W. ; Akio,T. ; " Cationic Reaction
Product of Kraft Lignin with Aldehyde and Polyamine " US. Pat.
4,455,257 Jun. 19 ,1984