



1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

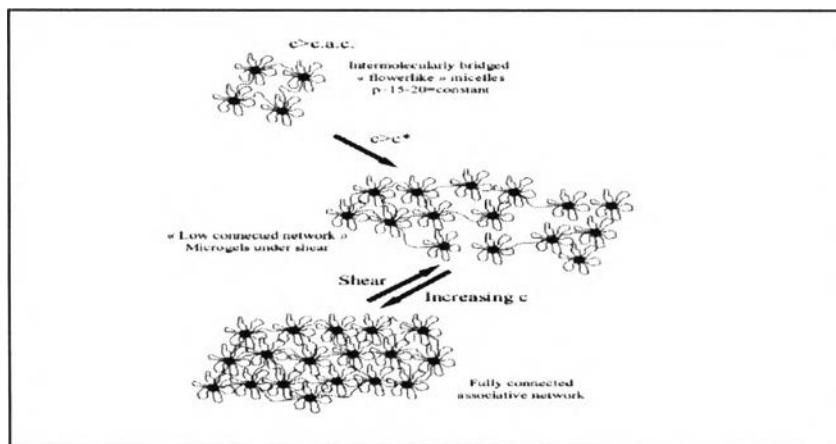
อุตสาหกรรมการผลิตสารเคลือบผิวในปัจจุบันได้มุ่งการพัฒนาไปที่การลดการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เพื่อการรักษาสิ่งแวดล้อมตลอดจนเพื่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้งาน โดยหันมาพัฒนาสูตรสารเคลือบฐานน้ำให้มีสมบัติครอบคลุมการใช้งานที่หลากหลายให้มากยิ่งขึ้น โดยสูตรสารเคลือบฐานน้ำที่ดีนั้นต้องมีการดัดแปรสมบัติวิทยากระแสที่ดีด้วย เพื่อควบคุมความหนืดให้สามารถทาได้และขณะปาดทาก็ไม่เกิดรอยแปรง ดังนั้นสารเคลือบจึงควรมีพฤติกรรมแรงเฉือนลด (shear-thinning) ณ อัตราเฉือนที่สูง (>1000 ต่อวินาที) อย่างไรก็ตาม ณ อัตราเฉือนต่ำนั้น (<0.1 ต่อวินาที) สารเคลือบก็ควรมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดการย้อยและป้องกันการจับตัวกันขณะเก็บ นอกจากนี้แล้วเมื่ออัตราเฉือนเปลี่ยนไปสารเคลือบควรจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด แล้วค่อยๆปรับความหนืดตามอัตราเฉือนใหม่ ซึ่งพฤติกรรมนี้เป็นพฤติกรรมแบบทิกโซ-ทรอปี (thixotropy) พฤติกรรมนี้จะส่งผลให้ความหนืดของสารเคลือบที่เปลี่ยนแปลงนั้นเกิดการไหลให้ได้ระนาบ (levelling) ของสารเคลือบ ดังนั้นระดับของทิกโซทรอปี (degree of thixotropy) นั้นจึงมีผลต่อสมดุลระหว่างการย้อยและการไหลให้ได้ระนาบ (sagging-levelling balance) จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าสารเคลือบฐานน้ำนั้นจำเป็นต้องเติมสารดัดแปรสมบัติวิทยากระแส เพื่อให้สารเคลือบมีความเสถียรและปรับความหนืดให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยนิยมใช้พอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีทั้งพอลิเมอร์สังเคราะห์และอนุพันธ์ของพอลิแซคคาไรด์จากธรรมชาติที่มีมากมายหลากหลายชนิด เช่น

- กลุ่มพอลิเมอร์สังเคราะห์ ได้แก่ แอลคาไลสวอลเลเบิลแอคริเลต (Alkali Swallable Acrylate: ASE) และเอททอกซิลเลตพอลิยูรีเทน (Ethoxylated Polyurethane: EUR) เป็นต้น

- กลุ่มพอลิเมอร์จากธรรมชาติที่เป็นอนุพันธ์ต่างๆของเซลลูโลส ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose: CMC) ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethyl cellulose: HEC) และเมทิลเซลลูโลส (Methyl cellulose: MC) เป็นต้น

อนุพันธ์เหล่านี้ทำให้ตัวกลางมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสายโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์เกิดการพันเกี่ยวกัน (entanglement) ในตัวกลางที่เป็นน้ำ จึงถูกโมเลกุลของน้ำล้อมรอบทำให้สายโซ่โมเลกุลเกิดการขยายตัวออก โดยในช่วงหลังนี้ได้มีการคิดค้นพัฒนาสารดัดแปรสมบัติวิทยากระแส ซึ่งได้รับความนิยมและให้ผลในการดัดแปรสมบัติทางวิทยากระแสที่ดีนั้นคือ แอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์ (associative polymer) พอลิเมอร์ประเภทนี้ได้ถูกนำมาใช้แทนที่สารดัดแปรสมบัติ

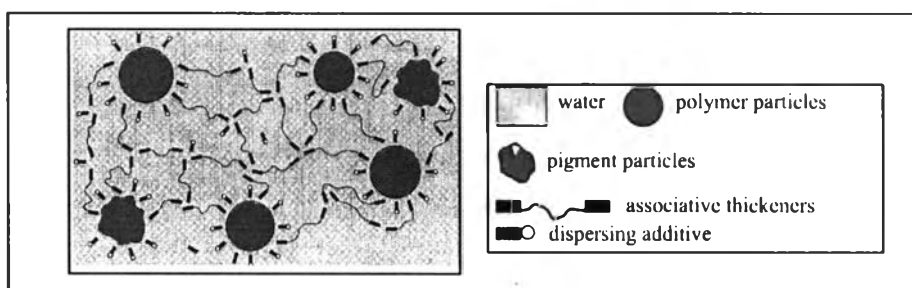
เชิงวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งเป็น นอนแอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์ (non-associative polymer) เนื่องจากให้ประสิทธิภาพสูงในการปรับความหนืดและเพิ่มความข้นหนืด โดยภายในโครงสร้างประกอบด้วยหมู่ชอบน้ำและหมู่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งแอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์ในแต่ละโมเลกุลจะมีหมู่ไม่ชอบน้ำอยู่สองหมู่หรือมากกว่านั้น หมู่ชอบน้ำจะเกิดอันตรกิริยากันเองในวัฏภาคของน้ำ และหมู่ไม่ชอบน้ำจะรวมตัวกันเองสร้างกลุ่มของแอกกรีเกต หรือเกิดการเชื่อมกับพื้นผิวของอนุภาคในของผสมที่มีน้ำเป็นตัวกลาง โมเลกุลดังกล่าวจะมีความคล้ายคลึงกับไมเซล (micelle) ในระบบที่มีสารลดแรงตึงผิว โดยหมู่ไม่ชอบน้ำของโมเลกุลเดียวกันสามารถหันเข้าหากันเพื่อสร้างแอกกรีเกตที่คล้ายไมเซลซึ่งมีรูปร่างคล้ายห่วง จากนั้นจะเกิดการสร้างไมเซลที่มีห่วงหลายๆอันมาต่อกัน โดยไมเซลจะถูกเชื่อมด้วยหมู่ชอบน้ำในสายโซ่หลักเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติขึ้นมาช่วยเพิ่มความหนืดให้แก่ตัวกลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ความสมดุลระหว่างห่วงและการเชื่อมต่อนั้นวัดจากความหนืดของระบบ การที่สายโซ่โมเลกุลระหว่างพอลิเมอร์เองและการจับตัวกันภายในของแต่ละแอกกรีเกตมีโอกาสทำอันตรกิริยากันได้ ทำให้ระบบมีความหนืดสูงที่ความเข้มข้นต่ำ อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นสูงจะเกิดอันตรกิริยาระหว่างแอกกรีเกต (inter-aggregation) มากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้นอย่างมากเนื่องจากหมู่ไม่ชอบน้ำนั่นเอง โดยกลไกการเกิดโครงสร้างร่างแหดังกล่าวข้างต้นแสดงดังรูปที่ 1.1 สมบัติวิทยาศาสตร์นอกจากรูปร่างอยู่กับความเข้มข้นแล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักโมเลกุล ระดับการดัดแปรด้วยหมู่ไม่ชอบน้ำ คุณลักษณะของหมู่ไม่ชอบน้ำ และความอ่อนตัวหรือยืดหยุ่น (flexibility) ของสายโซ่พอลิเมอร์หลัก



รูปที่ 1.1 การเกิดโครงสร้างร่างแหของพอลิเมอร์ที่แสดงพฤติกรรมความเป็นแอสโซซิเอทีฟ [1]

ในสารเคลือบฐานน้ำนั้นประกอบไปด้วยอนุภาคของเรซินที่เป็นพอลิเมอร์หรือเลเท็กซ์ (latex) สารช่วยกระจายตัว (dispersants) สารลดฟอง (defoamer) ไกลคอล (glycols) โคเอเลสเซนส์ (coalescent) และสารลดแรงตึงผิว (surfactants) โดยอนุภาคของแข็ง เช่น เลเท็กซ์และผงสี

นั้นมีพื้นผิวประกอบด้วยหมู่ที่ไม่ชอบน้ำสามารถเกิดอันตรกิริยากับพอลิเมอร์แอสโซซิเอทีฟได้ โดยหมู่ไม่ชอบน้ำเกาะกันที่ผิวของอนุภาค ส่งผลให้โมเลกุลหรือกลุ่มของโมเลกุลของแอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์เกิดการเชื่อมกันระหว่างอนุภาค อย่างไรก็ตามพบว่าสารลดแรงตึงผิวสามารถเกิดการแข่งขันกับพอลิเมอร์แอสโซซิเอทีฟในการดูดซับที่บริเวณพื้นผิวของอนุภาคได้ ดังนั้นโครงสร้างร่างแหที่เกิดขึ้นในระบบนี้แสดงได้ดังรูปที่ 1.2 และยังมีรายงานว่าการทำอันตรกิริยาการดูดซับที่ผิวดังกล่าวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความไม่ชอบน้ำของเลเท็กซ์เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของเลเท็กซ์เพิ่มขึ้น และขนาดของอนุภาคของเลเท็กซ์ลดลง [1, 2]



รูปที่ 1. 2 อันตรกิริยาระหว่างอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบในสูตรสารเคลือบผิวฐานน้ำและพอลิเมอร์แอสโซซิเอทีฟ [2]

อย่างไรก็ตามการนำแอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์ธรรมชาติมาใช้เป็นสารดัดแปรสมบัติวิทยากระแสนั้น นิยมศึกษากันมากในกลุ่มที่เป็นเซลลูโลส ส่วนในกลุ่มที่เป็นพอลิแซคคาไรด์จำพวกแป้งนั้นยังมีการนำมาใช้กันน้อยมากและยังไม่แพร่หลายในอุตสาหกรรมสารเคลือบ เนื่องจากสมบัติที่ไม่เสถียรของแป้งที่มีการคืนตัวหลังจากเกิดเป็นเจล จึงทำให้การนำแป้งมาใช้เป็นตัวดัดแปรสมบัติวิทยากระแสนั้นยังอยู่ในขั้นตอนของการคิดค้นพัฒนาเพื่อแก้ไขสมบัติบางประการ สำหรับประเทศไทยนั้นแป้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญและมีปริมาณมากสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก ดังนั้นจึงมีการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่แป้งได้หลายวิธีและมีการปรับปรุงสมบัติบางประการให้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน อีกทั้งยังพบว่าแป้งที่ผ่านการดัดแปรแล้วมีการคืนตัวน้อย สามารถดัดแปรแป้งสามารถทำได้วิธีทางกายภาพหรือทางเคมี เช่น การไฮโดรไลซิสด้วยกรด (acid-hydrolysis) ออกซิเดชัน (oxidation) อีเทอร์ริฟิเคชัน (etherification) เอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) และการเชื่อมขวาง (cross-linking) แป้งที่ผ่านการดัดแปรสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง รวมทั้งอุตสาหกรรมสารเคลือบ ตัวอย่างการศึกษาค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการดัดแปรแป้งด้วยหมู่ไม่ชอบน้ำ ด้วยกระบวนการทางเคมีดังนี้

การดัดแปรแป้งโดยใช้ ออกทีนิลซัคซีนิกแอนไฮไดรด์ (octenyl succinic anhydride: OSA) จาก Patent ของ Cardwell และ Wurzburg ปี 1953 [4] ได้มีการนำมาศึกษากันอย่างมากในปัจจุบัน โดยมีการรายงานว่าอนุพันธ์ของแป้งที่ประกอบด้วยหมู่ไม่ชอบน้ำและหมู่ชอบน้ำนั้นมีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifier) ของระบบน้ำในน้ำมันของอุตสาหกรรมยาและอุตสาหกรรมอื่นๆ ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆขึ้นอยู่กับระดับการแทนที่ของกลุ่มออกทีนิลซัคซีเนต เช่น มีความหนืดสูงขึ้น เพิ่มความแข็งแรงให้กับเจลและอุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชันลดลง [5]

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งดัดแปรของแป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันฝรั่งโดยใช้ OSA ในระบบเอควียสแบบเซลล์รี พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระบวนการเอสเทอร์ฟิเคชัน คือ ความเข้มข้นของแป้ง เวลาในการเกิดปฏิกิริยา ความเป็นกรด-ด่างของปฏิกิริยา อุณหภูมิและความเข้มข้นของ OSA ซึ่งอัตราและประสิทธิภาพของกระบวนการดัดแปรทางเคมีนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ ชนิดของแป้ง ขนาดและโครงสร้างของเม็ดแป้ง รวมถึงพื้นผิวของเม็ดแป้งด้วย โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปร คือ ความเข้มข้นของแป้งอยู่ที่ร้อยละ 25-35 เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 3-6 ชั่วโมง ความเป็นกรด-ด่างของปฏิกิริยาเป็น 8-8.5 อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณความเข้มข้นของ osa ได้สูงสุดเป็นร้อยละ 3 สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ได้ระดับการแทนที่อยู่ในช่วง 0.017-0.025 [5, 6, 7 และ 8]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดัดแปรแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้ในประเทศให้มีโครงสร้างทางเคมีที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นสารดัดแปรสมบัติวิทยากระแสในสารเคลือบฐานน้ำโดยไม่ทำให้สมบัติทางกายภาพอื่นๆของสารเคลือบเปลี่ยนแปลง โดยทำการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของแป้งดัดแปรด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) และทำการศึกษาสมบัติวิทยากระแสของแป้งดัดแปรจากผลกระทบบของตัวแปรต่างๆ เช่น ความเข้มข้นของแป้งดัดแปรที่ใช้และความเข้มข้นของตัวกระทำแทนที่ จากนั้นนำแป้งดัดแปรที่ได้มาใช้ในสูตรสารเคลือบฐานน้ำโดยศึกษาผลกระทบบของตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบอื่นๆของสูตร ได้แก่ ปริมาณเรซิน ปริมาณสารเติมแต่งและความเป็นกรด-ด่างของสูตรต่อสมบัติวิทยากระแสของสูตรสารเคลือบฐานน้ำและสุดท้ายนั้นเป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มสารเคลือบเมื่อแห้งได้แก่ ความเงาและการยึดติด