

บทที่ 5

สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง

การคัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีการทางเคมีโดยปฏิกิริยาการแทนที่ เป็นการปรับปรุงสมบัติของแป้ง โดยทำให้โครงสร้างของ โมเลกุลเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยด้วยปฏิกิริยาเคมี ระหว่างโมเลกุลแป้งกับสารที่ใช้ในการคัดแปรในภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา การคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดประจวบกันได้จากการนำแป้งมาเติมสารพวก tertiary amine หรือ quaternary amine เข้าไปใน โมเลกุลของแป้ง ทำให้แป้งมีประจวบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากในอุตสาหกรรมกระดาษ, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมสารซักฟอก, อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ และกาวเป็นต้น ทั้งนี้การใช้ประโยชน์ของแป้งคัดแปรที่ค่าระดับการแทนที่ ต่างกันก็จะแตกต่างกันไป แต่แป้งคัดแปรยังมีค่าระดับการแทนที่สูงราคาก็สูงตามไปด้วย

5.1 สมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

จากการทดลองนำแป้งมันสำปะหลังตราปลามังกรมาศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับแป้งคัดแปรพบว่าอนุภาคของแป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างต่างๆกัน โดยมากเป็นรูปไข่ คัดปลายข้างหนึ่ง มีบริเวณที่ตัดเว้าเข้าข้างใน ส่วนใหญ่ปรากฏรอยปุ่ม และวงแหวนบน เม็ดแป้งแต่บริเวณส่วนตัดจะเรียบ ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส การละลายของแป้งมันสำปะหลัง มีค่า 16.21, 24.05, 36.78 และ 46.92 ตามลำดับ ส่วนกำลังการพองตัวของแป้งมัน

ค่าประหลักร้อยค่า 3.63, 27.22, 45.87 และ 58.14 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งมัน
 ค่าประหลักร้อยค่าด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer ที่ความเข้มข้นแป้งร้อยละ 8 โดยใช้เข็มหมายเลข 5
 ความเร็วรอบการกววน 50 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 25, 45, 65 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่า 32.56,
 56.03, 64.23 และ 57.36 poise ช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชันของของแป้งมันค่าประหลักร้อยค่าตรวจสอบโดย
 ใช้วิธีการติดติของโก-เรด พบว่ามีช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชันคือ 60-67 องศาเซลเซียส หมายความว่า
 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นั้นเม็ดแป้งเริ่มเกิดการเจลาตินในเซชัน หรือเม็ดแป้งติดติประมาณ
 ร้อยละ 1 ของเม็ดแป้งทั้งหมด และที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส คืออุณหภูมิที่เม็ดแป้งสามารถเกิด
 เจลาตินในเซชันได้หมด หรือเม็ดแป้งติดติประมาณร้อยละ 99 ของเม็ดแป้งทั้งหมด

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการ
 พองตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ในขณะที่เม็ดแป้งได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นพันธะไฮโดรเจนที่ยึดเหนี่ยว
 ระหว่างโมเลกุลจะอ่อนลง และแตกออกมากขึ้น เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำแทนที่เป็นผลให้ความ
 สามารถในการพองตัวเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจะเห็นว่ากำลังการพองตัวของแป้งมันค่าประหลักร้อยค่าเป็น
 แบบ single stage กล่าวคือเมื่อความร้อนที่แป้งมันค่าประหลักร้อยค่าได้รับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการเพิ่ม
 ของกำลังการพองตัวเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิจาก 65 เป็น 75 องศาเซลเซียส มากกว่าการเพิ่ม
 อุณหภูมิจาก 75 เป็น 85 และ 85 เป็น 95 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง
 โมเลกุลภายในเม็ดแป้งก่อนข้างต่ำ ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Leach และคณะ (Leach
 และคณะ, 1959) เมื่อกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น ให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อให้ความร้อนแก่แป้งที่
 อุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิเจลาตินในเซชันจะให้ความหนืดลดลง เพราะเมื่อเม็ดแป้งพองตัวมากขึ้น
 ความอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีบางส่วนที่แตกสลายออกมาเรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนที่แตกสลาย และ
 ละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะลดลง

5.2 ผลของตัวกระทำแทนที่ต่อปฏิกิริยาการแทนที่

ตัวกระทำแทนที่ที่ใช้ในปฏิกิริยาการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิด เทอเทียริอะมิโนอัลคิลมีหลายชนิดเช่น 2-dimethylaminoethyl chloride, 2-diisopropylaminoethyl chloride, 2-diethylaminoethyl bromide แต่มีรายงานการทดลองที่มีผู้ทำการศึกษาไว้(Paschall, 1967)ว่าสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยาค้ำ ในงานวิจัยนี้จึงใช้ 2-(diethylamino)ethyl chloride hydrochloride(DEC.HCl) จากการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดเทอเทียริอะมิโนอัลคิลที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส, ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0 และเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ DEC.HCl จากร้อยละ 5.0 เป็น 7.5, 10.0 และ 12.5 พบว่าทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มจาก 0.0176 เป็น 0.0405, 0.0591 และ 0.0591 ตามลำดับ

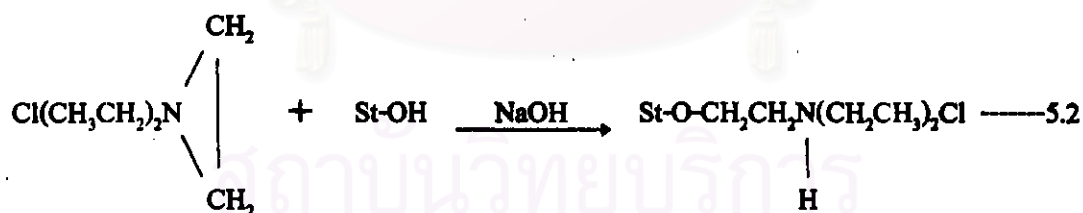
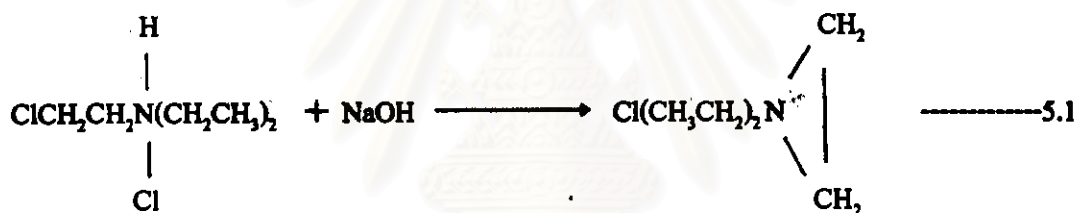
ตัวกระทำแทนที่ที่ใช้ในปฏิกิริยาการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียมมีหลายชนิดเช่น 2,3 - epoxypropyltrimethylammonium chloride, 4 - chloride - 2 - butenyltrimethyl ammonium chloride, chloropropyltrimethylammonium chloride แต่มีรายงานการทดลองที่มีผู้ศึกษาไว้(Paschall, 1959)ว่าตัวกระทำแทนที่ชนิด 3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride(CHPTAC) มีราคาถูก และละลายน้ำได้ดีจากการดัดแปรแป้งชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส, ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5, เวลา 12 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ CHPTAC จากร้อยละ 5.0 เป็น 7.5, 10.0 และ 12.5 พบว่าระดับการแทนที่เพิ่มขึ้นจาก 0.027 เป็น 0.059, 0.059 และ 0.059 ตามลำดับ

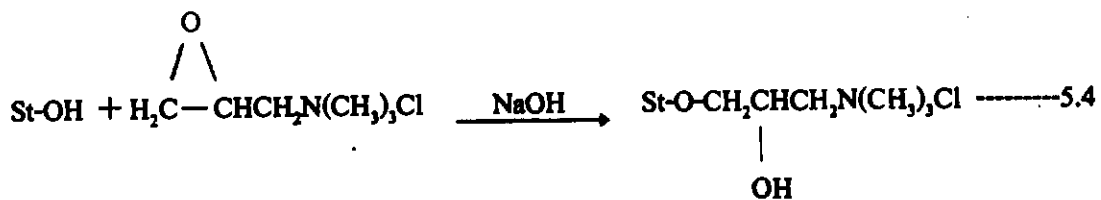
แสดงว่าการเพิ่มปริมาณ DEC.HCl และ CHPTAC ทำให้แป้งดัดแปรมีระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น นั่นคือสามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่มากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khalil และคณะ(1995)ที่ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของตัวกระทำแทนที่จะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณ

ตัวกระทำแทนที่เพิ่มถึงจุดๆหนึ่งพบว่า ระดับการแทนที่จะไม่เพิ่มขึ้น นอกจากปริมาณตัวกระทำแทนที่จะมีผลต่อปฏิกิริยาการแทนที่แล้วยังมีภาวะอื่นๆที่มีผลต่อปฏิกิริยา คือ

5.3 ผลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปฏิกิริยาการแทนที่

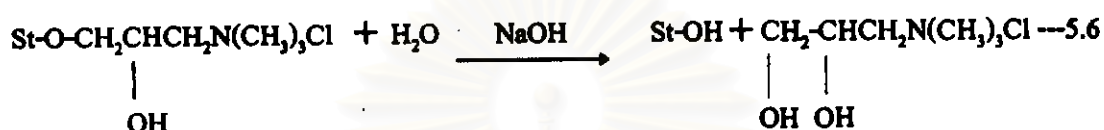
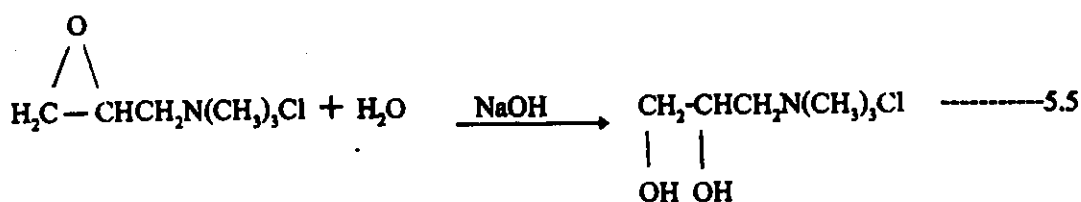
การคัดแปรแบ่งด้วยปฏิกิริยาการแทนที่โดยใช้ DEC.HCl และ CHPTAC ในระบบที่เป็นน้ำ ปฏิกิริยาเกิดในภาวะที่เป็นต่างเพราะกลไกการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบ base และ alkaline catalyst (ดัง สมการที่ 5.1 และ 5.2 สำหรับแป้งชนิดเทอเทอริอะมิโนอัลคิล และสมการที่ 5.3 และ 5.4 สำหรับ แป้งชนิดควอเทอริแอมโมเนียม)





จึงต้องเติมสาร alkaline เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาซึ่งอาจเป็น alkaline metal หรือ alkaline earth metal hydroxide เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์, ลิเทียมไฮดรอกไซด์ แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

จากการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังชนิดเทอเทียรอะมิโนอัลคิล ที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0, อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์จากร้อยละ 3.0 เป็น 3.5, 4.0 และ 4.5 พบว่าทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้นจาก 0.0283 เป็น 0.0380, 0.0591 และ 0.0553 ตามลำดับ การคัดแปรแป้งมันสำปะหลังคัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 10.0, อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์จากร้อยละ 3.0 เป็น 3.5, 4.0 และ 4.5 พบว่าทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้นจาก 0.0393 เป็น 0.0604, 0.0591 และ 0.0553 ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้แป้งคัดแปรมีระดับการแทนที่มากขึ้น นั่นคือสามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ถึงจุดหนึ่งระดับการแทนที่จะไม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่จุดนี้จะเกิดปฏิกิริยา hydrolysis และ deetherification ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาการแทนที่ลดลง ดังในงานวิจัยของ Khalil และคณะ(1993)ที่มีการศึกษาการเตรียมแป้งคัดแปรโดยปฏิกิริยาการแทนที่โดยใช้ CHPTAC พบว่าการเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ถึงจุดหนึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยา hydrolysis และ deetherification ดังสมการที่ 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ



5.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปฏิกิริยาการแทนที่

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ การคัดแปรแบ่งในงานวิจัยนี้ได้แปรอุณหภูมิที่ใช้คือ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการคัดแปรจะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น เช่นในแบ่งคัดแปรชนิดเทอเทอร์โรมิโนอัลคิล ที่ภาวะที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0, ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0 และเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 35 องศาเซลเซียส ค่าระดับการแทนที่จะเพิ่มจาก 0.0271 เป็น 0.0591 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียส พบว่าค่าระดับการแทนที่จะมีค่าลดลง ในแบ่งคัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่ภาวะที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5, ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 10.0 และเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 35 องศาเซลเซียส ค่าระดับการแทนที่จะเพิ่มจาก 0.0319 เป็น 0.0405 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียส พบว่าระดับการแทนที่จะมีค่าลดลง การที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้โมเลกุลของ DEC.HCl และ CHPTAC สามารถผ่านสู่เม็ดแป้งดีขึ้น (Tsuzuki, 1986) นอกจากนี้เม็ด

แป้งยังดูดซับไฮเดียมอออนซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นด้วย (Lancaster and Conway, 1968) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ถึงจุดหนึ่งปริมาณจะไม่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดนี้ จะทำให้เกิดปฏิกิริยา hydrolysis และ deetherification ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาการแทนที่ลดลง

5.5 ผลของเวลาต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

เวลาเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปฏิกิริยาการแทนที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแปรเวลาที่ใช้ในการตัดแปรเป็น 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการตัดแปรจะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น เช่นในการตัดแปรแป้งชนิดเทอเทียรอะมิโนอัลคิลที่ภาวะที่ใช้อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส, ปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0 และปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0 พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาจาก 6 เป็น 12 และ 18 ชั่วโมง ระดับการแทนที่จะมีค่าเพิ่มจาก 0.0176 เป็น 0.0479 และ 0.0591 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 24 ชั่วโมง พบว่าระดับการแทนที่จะลดลง ในแป้งตัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่ใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส, ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5 และปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 7.5 พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาจาก 6 เป็น 12 ชั่วโมง พบว่าระดับการแทนที่จะมีค่าเพิ่มจาก 0.0368 เป็น 0.0591 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่าระดับการแทนที่จะมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเวลานานกว่าจุดๆหนึ่งจะเกิด hydrolysis และ deetherification ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khalil และคณะ (1995) ที่ว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการเกิดปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาการแทนที่ที่เกิดขึ้น เพราะการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลแป้งกับตัวกระทำแทนที่ เกิดได้สูงขึ้น

5.6 ผลของความเข้มข้นแป้งต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

ความเข้มข้นของแป้งมีความสำคัญต่อปฏิกิริยาการแทนที่ อีกทั้งหากเราสามารถเพิ่มความเข้มข้นแป้งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะเป็นการประหยัดพลังงาน, เวลา แลกค่าใช้จ่ายในการคิดแปร จากการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังชนิด เทอเทียรอะมิโนอัลคิล ในถึงปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส, ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0, ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0 และเวลา 18 ชั่วโมง แป้งคิดแปรชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส, โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5, ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 7.5 และเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อนำแป้งคิดแปรทั้งสองชนิดมาเพิ่มความเข้มข้นแป้งจากร้อยละ 20 เป็น 35, 50, 65 และ 80 พบว่าแป้ง เทอเทียรอะมิโนอัลคิล เมื่อเพิ่มความเข้มข้นแป้งจากร้อยละ 20 เป็น 35 และ 50 จะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นแป้งมากกว่าร้อยละ 50 ระดับการแทนที่จะลดลง ในแป้งควอเทอนารีแอมโมเนียม นั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นแป้งจากร้อยละ 20 เป็น 35, 50 และ 65 จะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นแป้งมากกว่าร้อยละ 65 ระดับการแทนที่จะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นแป้งน้อยจะทำให้การชนกันของ โมเลกุลแป้ง กับตัวกระทำแทนที่ลดลง และภาวะที่มีความเข้มข้นแป้งมากกว่าจุดๆหนึ่งจะทำให้ระดับการแทนที่ลดลง ดังในงานวิจัยของ Carr และ Bagby(1981)

5.7 ผลของความเร็วยวรอบการกวนต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

ความเร็วยวรอบการกวนเป็นภาวะสุดท้ายที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ จากการคิดแปรแป้งประเภท เทอเทียรอะมิโนอัลคิล ในถึงปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส, โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0, ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0, เวลา 18 ชั่วโมง และความเข้มข้นแป้งร้อยละ 50 เมื่อเพิ่มความเร็วยวรอบการกวนจาก 100 เป็น 125, 150 และ 175 รอบต่อนาที จะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มจาก

0.0553 เป็น 0.0603, 0.0629 และ 0.0667 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบการกววนมากกว่า 175 รอบต่อนาที ระดับการแทนที่จะน้อยกว่าที่ความเร็วรอบ 175 รอบต่อนาที ในแปรงคัดแปรงชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส, โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5, ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 7.5, เวลา 12 ชั่วโมง และความเข้มข้นแปรงร้อยละ 65 เมื่อเพิ่มความเร็วรอบการกววนจาก 100 เป็น 125 และ 150 รอบต่อนาที จะทำให้ระดับการแทนที่เพิ่มจาก 0.0553 เป็น 0.0641 และ 0.0679 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบการกววนมากกว่า 150 รอบต่อนาที ระดับการแทนที่จะน้อยกว่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบการกววนทำให้ขนาดของโมเลกุลเล็กลง การลดขนาดของเม็ดแปรงทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นทำให้การซึมผ่านของตัวกระทำแทนที่เกิดได้มากขึ้น (Jiugao and Jie, 1994)

5.8 สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแปรงคัดแปรงโดยปฏิกิริยาการแทนที่

เมื่อทำการคัดแปรงที่ภาวะต่างๆแล้ว ได้นำตัวอย่างแปรงคัดแปรงเหล่านี้มาศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ดังนี้

5.8.1 การละลาย พบว่าที่อุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียส การละลายของแปรงคัดแปรงมีค่ามากกว่าแปรงมันสำปะหลัง และตัวอย่างแปรงคัดแปรงที่มีระดับการแทนที่สูงจะมีการละลายสูงกว่าแปรงที่มีระดับการแทนที่ต่ำ แต่ที่อุณหภูมิ 85 และ 95 องศาเซลเซียส แปรงคัดแปรงจะมีการละลายต่ำกว่าแปรงมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อให้ความร้อนมากขึ้นเม็ดแปรงจะพองตัวมากทำให้อะไมโลสภายในเม็ดแปรงหลุดออกมาละลายในน้ำ ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Yock และคณะ(1994) ที่กล่าวว่าผลหลักๆของการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ทำให้เม็ดแปรงคัดแปรงกระจายที่อุณหภูมิต่ำ

5.8.2 กำลังการพองตัว พบว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 65 และ 75 องศาเซลเซียส กำลังการพองตัวของแป้งคัดแปรมีค่ามากกว่าแป้งมันสำปะหลัง และตัวอย่างแป้งคัดแปรมีระดับการแทนที่สูงจะมีกำลังการพองตัวมากกว่าแป้งคัดแปรมีระดับการแทนที่ต่ำ แต่ที่อุณหภูมิ 85 และ 95 องศาเซลเซียส กำลังการพองตัวของแป้งคัดแปรมีค่าน้อยกว่าแป้งมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวอย่างแป้งที่เกิดการแทนที่มีอุณหภูมิเจลาตินในเซชันต่ำลง เมื่อแป้งจึงเริ่มทำปฏิกิริยากับน้ำทำให้เกิดการดูดน้ำ และพองตัวได้ก่อนที่อุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียส ทำให้ความสามารถในการดูดน้ำ และพองตัวสูง

5.8.3 ความหนืด จากการวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25, 45, 65 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่าความหนืดของแป้งคัดแปรมีทั้งชนิด เทอเทอริอะมิโนอัลคิล และ ควอเทอนารีแอมโมเนียม มีค่ามากกว่าแป้งมันสำปะหลัง โดยพบว่าเมื่อค่าระดับการแทนที่เพิ่มขึ้นค่าความหนืดก็มีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อวัดที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจেলাตินในเซชันค่าความหนืดที่ได้จะมีค่าลดลง แต่ก็มีค่ามากกว่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yock และคณะ(1994) ที่กล่าวว่า การเกิดปฏิกิริยาการแทนที่จะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น

5.8.4 ช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชัน พบว่าแป้งคัดแปรมีทั้งชนิดสามารถเกิดเจลาตินในเซชันได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งที่เกิดการแทนที่จะสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำดีขึ้น จึงต้องการพลังงานเพื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดการดูดน้ำในระหว่างการเกิดเจลาตินในเซชันน้อยลง ช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชันจึงลดลง และตัวอย่างแป้งคัดแปรมีระดับการแทนที่มากก็จะเริ่มเกิดปฏิกิริยากับน้ำได้เร็วกว่าตัวอย่างแป้งที่มีระดับการแทนที่ต่ำ อุณหภูมิเจลาตินในเซชันของแป้งคัดแปรมีค่าต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yock และคณะ(1994) ที่กล่าวว่าปฏิกิริยาการแทนที่ส่งผลให้อุณหภูมิเจลาตินในเซชันลดลง

5.9 ภาวะที่เหมาะสมในการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ แสดงดังตารางที่ 5.1 โดยแป้งคัดแปรชนิด เทอเทียรีอะมิโนอัลคิลมีระดับการแทนที่ 0.0667 และควอเทอนารีแอมโมเนียม มีระดับการแทนที่ 0.0679

ตารางที่ 5.1 ภาวะที่เหมาะสมในการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่

ภาวะในการคัดแปร	Tert.	Quat.
อุณหภูมิ(°C)	35	45
ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์(ร้อยละ)	4.0	3.5
ปริมาณตัวกระทำแทนที่(ร้อยละ)	10.0	7.5
เวลา(ชั่วโมง)	18	12
ความเข้มข้นแป้ง(ร้อยละ)	50	65
ความเร็วรอบการกวน(รอบต่อนาที)	175	150

Tert. = tertiary aminoalkyl starch

Quat. = quaternary ammonium starch

5.10 การออกแบบดังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังในระดับขยายส่วนกิ่ง
อุตสาหกรรม

ได้ออกแบบดังปฏิกรณ์เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการควบคุมอุณหภูมิ, การควบคุมความเร็วรอบ
การกวน และ การนอนกันของแป้ง โดยออกแบบดังปฏิกรณ์ที่มีส่วนประกอบดังนี้คือ

1. เครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าว ประกอบด้วย

1.1 ดังกวน ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304 เป็นรูปทรงกระบอก ความจุประมาณ
10.6 ลิตร ด้านล่างของถังเจาะเป็นรูเพื่อให้แป้งไหลออกได้ มีวาล์วเป็นตัวควบคุมการไหลของแป้งที่
คิดแปรได้ ด้านข้างถังมีแจคเกด 2 ชั้น ชั้นแรกทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นรูปทรงกระบอกภายใน
บรรจุน้ำมัน และขดลวดให้ความร้อน ชั้นที่สองทำจากเหล็กเป็นรูปทรงกระบอก มีท่อน้ำเข้า ท่อน้ำ
ออก และท่อน้ำถัง เพื่อใช้ถ่ายเทน้ำเมื่อต้องการลดอุณหภูมิภายในถังซึ่งทำหน้าที่เหมือนเครื่องควบ
แน่นช่วยลดอุณหภูมิให้น้ำมัน ทำให้อุณหภูมิในถังลดลงเร็วขึ้น

1.2 ผ่าดังกวน ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304 บนฝาถังมีช่องเดิมสารไว้สำหรับเติม
สารเคมี และสารละลายต่างๆ, กระจกไว้สังเกตการเปลี่ยนแปลงในขณะที่คิดแปรแป้ง, ที่เทียบ
เทอร์โมมิเตอร์ไว้ตรวจสอบอุณหภูมิ

1.3 ใบพัดกวน ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304 เป็นรูปเกือกม้า ส่วนล่างของเกือกม้า
ยึดติดกับแกนกลางรูปทรงกระบอก เพื่อช่วยกวาดแป้งที่ก้น และขอบของถังให้กระจายทั่วถัง แป้ง
ไม่ติดขอบถัง ส่วนตรงกลางแกนกลางมีใบพัด 4 ใบยื่นออกมา เพื่อช่วยให้บริเวณส่วนกลางดังกวน
มีการกระจายของแป้ง และสารละลายอย่างทั่วถึง อีกทั้งการใช้ใบพัดรูปเกือกม้ายังช่วยให้เกิดการ
ถ่ายโอนความร้อนได้ดี

2. ชุดควบคุมความเร็วรอบ ประกอบด้วยมอเตอร์ที่เป็นแบบปรับความเร็วรอบชนิด SH 195 V และเครื่องควบคุมความเร็วรอบชนิด vitor-670s ที่ปรับความเร็วรอบได้สูงสุด 1750 รอบต่อ นาที ทำให้สามารถปรับความเร็วรอบการกวนได้ตามต้องการ ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ที่เกิดขึ้น

3. ชุดควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในถังกวนให้คงที่ ประกอบด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ, เทอโมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ และขดลวดให้ความร้อนตัดเป็นรูปถ้วย จุ่มในน้ำมัน เพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึงปฏิกรณ์

เมื่อเปรียบเทียบการคิดแปรแปรชนิดเทอเทียรอะมิโนอัลคิลในงานวิจัยนี้ กับในงานวิจัยของ Robert และ Roland(1967) พบว่าที่ภาวะเดียวกัน ระดับการแทนที่ในงานวิจัยนี้จะมีค่าสูงกว่า ในแง่คิดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมก็เช่นเดียวกันพบว่าที่ภาวะเดียวกันระดับการแทนที่จากงานวิจัยนี้จะมีระดับการแทนที่สูงกว่าในงานวิจัยของ Carr และ Bagby(1981) การใช้ถึงปฏิกรณ์ในระดับขยายส่วนกิ่งอุตสาหกรรมการคิดแปรแปรโดยปฏิกิริยาการแทนที่ที่ภาวะเดียวกันในระดับห้องปฏิบัติการ ในกรณีแปรชนิด เทอเทียรอะมิโนอัลคิล ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส, ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4.0, ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0, เวลา 18 ชั่วโมง, ความเข้มข้นแปรร้อยละ 35 และความเร็วรอบการกวน 150 รอบต่อนาที ถ้าทำในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าระดับการแทนที่ คือ 0.0591 แต่ในภาวะเดียวกันหากทำในถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบระดับการแทนที่มีค่า 0.0629 ที่ภาวะเดียวกันนี้เมื่อเพิ่มความเร็วรอบการกวนเป็น 175 รอบต่อนาทีในถังปฏิกรณ์พบว่าระดับการแทนที่ จะมีค่าถึง 0.0667 กรณีแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส, ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3.5, ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 7.5, เวลา 12 ชั่วโมง, ความเข้มข้นแปรร้อยละ 35 และความเร็วรอบการกวน 150 รอบต่อนาที ถ้าทำในระดับ

ห้องปฏิบัติการพบว่าระดับการแทนที่คือ 0.0591 แต่ในภาวะเดียวกันหากทำในดังปฏิกรณ์ที่ออกแบบระดับการแทนที่มีค่า 0.0629 เมื่อความเข้มข้นแป้งเป็นร้อยละ 65 ในดังปฏิกรณ์พบว่าระดับการแทนที่มีค่าถึง 0.0667 การที่ระดับการแทนที่ของแป้งคัดแปรในดังปฏิกรณ์มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้ร้อยละการละลาย, ค่าตั้งการพองตัว และความหนืด มีค่าสูงกว่าในระดับห้องปฏิบัติการ สำหรับอุณหภูมิจেলাตินเซชันจะมีค่าต่ำกว่าแป้งที่คัดแปรในระดับห้องปฏิบัติการ

การที่การเกิดปฏิกิริยาการแทนที่เกิดได้มากขึ้นอาจเนื่องมาจากในดังปฏิกรณ์สามารถถ่ายโอนความร้อนได้ทั่วถึง ควบคุมอุณหภูมิได้ดี การกระจายของสารเคมีก็เกิดได้ดีทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดซึมตัวกระทำแทนที่ได้มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถผลิตแป้งคัดแปรได้ในปริมาณมากขึ้น จากเดิมที่ผลิต เช่น ในดังปฏิกรณ์สามารถเพิ่มความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ในการคัดแปรเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 35 เป็น 50, 65 และ 80 ทำให้สามารถผลิตแป้งคัดแปรในปริมาณมากได้ และยังทำให้ปฏิกิริยาการแทนที่เกิดได้ดีขึ้น ช่วยประหยัดทั้งเวลา และค่าใช้จ่าย เนื่องจากเวลา, อุณหภูมิ ที่ใช้ยังเท่าเดิม แต่สามารถผลิตแป้งคัดแปรได้ปริมาณมากขึ้น แต่การที่อุณหภูมิจেলাตินเซชันของแป้งคัดแปรมีค่าต่ำลง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้งาน เพราะการนำแป้งไปใช้งานต้องทำให้เกิดการเจลาตินในเซชันก่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย