

อิทธิพลของสภาวะในการเตรียมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อความเข้มข้นของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล และความหนืด

Influence of preparation conditions of modified cassava starch by sodium hypochlorite oxidation reaction on carboxyl functional group concentration and viscosity

ณัฐยา พูนสุวรรณ* ปาณิสรา จางศิริกุล นิภาวัลย์ นีระมนต์ กาญจนา ละม้ายศรี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี

Nattaya Punsuwan* Panisa Zhangsirikul Nipawan Neeramon Kanjana Lamaisri

Faculty of Engineering, Ubonratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani 34190

Tel: 0-4535-3342 E-mail: nattaya_p@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และค่าความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรโดยวิธีการออกซิเดชันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ระยะเวลา และค่าความเป็นกรด-ด่างขณะทำปฏิกิริยาส่งผลต่อค่าความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และค่าความหนืดของแป้งดัดแปร แต่อุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาในช่วง 20–33°C ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลในแป้งดัดแปร นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแป้งดัดแปรจากแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการออกซิเดชันด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ คือ สภาวะที่สัดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อแป้งเท่ากับ 18:100 อุณหภูมิ 28±1°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และค่าความเป็นกรด – ด่างขณะทำปฏิกิริยาเท่ากับ 9.5 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ได้แป้งดัดแปรที่มีความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลร้อยละ 0.55 โดยน้ำหนัก และค่าความหนืด 13 cP ตามลำดับ คำหลัก แป้งดัดแปร การออกซิเดชันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ หมู่คาร์บอกซิล ความหนืด

Abstract

The objective of this study was to investigate factors affecting the concentration of carboxyl

functional group and viscosity of cassava modified starch by sodium hypochlorite oxidation. The result showed that the amount of sodium hypochlorite, reaction time and pH play an important role in the concentration of carboxyl functional group and viscosity of modified starch. However, the varying of temperature during 20–33°C did not show a significant effect on the concentration of carboxyl functional group contains in modified starch. In addition, the optimum conditions to produce modified cassava starch was oxidized using sodium hypochlorite/starch ratio of 18:100, reaction temperature 28±1°C, reaction time 4 hr, and pH 9.5, respectively. Also, the amount of carboxyl functional group and viscosity were 0.55 %wt and 13 cP, respectively.

Keywords: Modified starch, sodium hypochlorite, oxidation, carboxyl group, viscosity

1. บทนำ

แป้งดัดแปร (modified starch) คือ แป้งที่ถูกนำไปผ่านกระบวนการเพื่อปรับปรุงสมบัติของแป้งให้มีความพิเศษ เช่น สามารถทนต่อแรงเฉือนต่างๆ ในกระบวนการผลิตได้ ทำให้สามารถผ่านกระบวนการต่างๆ ในขั้นตอนการผลิตได้โดยไม่ทำให้ความหนืด และเนื้อ

สัมผัสเปลี่ยนไป ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของแป้งดีขึ้น ลดการคืนตัว (retrogradation) และการเกิดเป็นเจล (gelatinization) มีความคงตัวสูงเมื่อผ่านการคืนรูปจากจุดเยือกแข็ง (freeze – thaw stability) [1] นอกจากนี้ กระบวนการดัดแปรยังสามารถเพิ่มสมบัติพิเศษของแป้งได้ เช่น เปลี่ยนจากสมบัติการไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เป็นสมบัติการชอบน้ำ (hydrophilic) ได้ โดยการเพิ่มประจุให้กับแป้ง [2] เป็นต้น การดัดแปรแป้งมีหลายวิธี เช่น การดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology modification) [1 - 3] การดัดแปรทางกายภาพ (physical modification) [1 - 5] และการดัดแปรทางเคมี (chemical modification) [1 - 4, 6] โดยการเลือกใช้วิธีการดัดแปรแป้งจะขึ้นอยู่กับความต้องการสมบัติของผลิตภัณฑ์ และกฎหมายของแต่ละประเทศ [7]

ในปัจจุบันพบว่า การดัดแปรแป้งด้วยวิธีทางเคมีเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตแป้งดัดแปร ซึ่งการดัดแปรแป้งด้วยวิธีทางเคมีมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การดัดแปรโดยการสร้างอนุพันธ์ใหม่ (derivatization) [7] การดัดแปรด้วยปฏิกิริยาอะซิไทล์เลชัน (acetylate reaction) [7 - 9] ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) [7, 10] และปฏิกิริยาครอสลิง (Crosslink Reaction) [6 - 7] การดัดแปรโดยการลดขนาดโมเลกุลของแป้งด้วยกรด (acid thinning) [7] การใช้เอนไซม์ (Enzymatic Hydrolysis) [7] และการดัดแปรโดยเดกซ์ทรินเซชัน (Dextrinization) [7] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การดัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในระดับอุตสาหกรรมการผลิตแป้งดัดแปรเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน มีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงมากนัก [11] และได้แป้งดัดแปรที่มีสมบัติตามที่ต้องการ [2]

แป้งออกซิไดซ์ หรือแป้งดัดแปรที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถผลิต หรือเตรียมได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับสารออกซิไดซ์ (Oxidizing Agent) ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite) [10] แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium Hypochlorite) [12] และแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium Persulfate) [13] เป็นต้น แป้งดัดแปรด้วยวิธีการออกซิเดชันโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นประจุลบ เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Group, $-COOH$)

ที่แทรกอยู่ในโมเลกุลอะไมโลส (Amylose) ของแป้ง ทำให้แป้งมีสมบัติเป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte) ซึ่งสามารถใช้เป็นสารเพิ่มการกระจายตัวของสารได้ [2] นอกจากนี้ แป้งออกซิไดซ์ที่ได้อาจมีสมบัติการคืนตัวต่ำหรือไม่เกิดการคืนตัว สามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิสูง และมีความหนืดลดลง [14] ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวของแป้งออกซิไดซ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้อย่างหลากหลายในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ นอกจากนี้ สารออกซิไดซ์ที่ใช้บางชนิดมีสมบัติในการลดค่าสีของแป้งดัดแปร ทำให้แป้งดัดแปรมีความขาวเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยกำจัดจุลินทรีย์ในแป้ง ส่งผลให้กลิ่นของแป้งดีขึ้น [2] โดยสมบัติของแป้งดัดแปรด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันยังขึ้นอยู่กับสภาวะการผลิต ได้แก่ ชนิดของสารออกซิไดซ์ [15] ความเข้มข้นของสารออกซิไดซ์ [10] เวลาในการทำปฏิกิริยา [15] และค่าความเป็นกรด - ด่างขณะทำปฏิกิริยา [10] เป็นต้น ทั้งนี้จากงานวิจัยโดยนักวิจัยหลายกลุ่ม ซึ่งดำเนินการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ (lab scale) ที่มีขนาดของถังปฏิกิริยาไม่เกิน 2 ลิตร พบว่า แป้งดัดแปรที่เตรียมด้วยวิธีการออกซิไดซ์โดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ยังมีค่าความหนืดที่สูงกว่า 15 cP [10, 16 - 17] ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐานการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในระดับอุตสาหกรรมที่ได้ระบุไว้ว่า ความหนืดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรโดยวิธีการออกซิไดซ์ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ควรมีค่าระหว่าง 10 - 15 cP และควรมีความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลสูงเกินกว่าร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก [18] แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกินร้อยละ 1.1 โดยน้ำหนัก [19] การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยของปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เวลาในการทำปฏิกิริยา ความเป็นกรด - ด่างขณะทำปฏิกิริยา และอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปรโดยวิธีการออกซิไดซ์ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในระดับนำร่อง (pilot scale) ซึ่งมีขนาดของถังปฏิกิริยาไม่น้อยกว่า 30 ลิตร เพื่อให้ได้แป้งดัดแปรที่มีความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลสูงกว่าร้อยละ 0.3 แต่ไม่เกินร้อยละ 1.1 โดยน้ำหนัก และมีค่าความหนืดระหว่าง 10 - 15 cP ทั้งนี้เพื่อให้ได้แป้งดัดแปรที่มีสมบัติที่ดีขึ้น และอยู่ในรอบมาตรฐานการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร เนื่องจาก

ปัจจุบันแบ่งออกซิไดซ์ที่ผลิตได้จากอุตสาหกรรมการผลิต แบ่งตัดแปรโดยส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของหมู่คาร์บอกซิลค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก [19] ทำให้แบ่งตัดแปรมีความหนืด และความคงตัวต่ำตามไปด้วย จึงอาจยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภท ดังนั้น การศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลของแบ่งตัดแปร จึงยังคงมีความจำเป็น และมีความสำคัญต่อทั้งอุตสาหกรรมการผลิตแบ่งตัดแปร และอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. วิธีการศึกษา

แบ่งตัดแปรสำหรับการศึกษานี้สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างแบ่งมันสำปะหลังกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ด้วยสัดส่วนโดยน้ำหนักของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในช่วง 10 – 18 กรัมต่อแบ่งมันสำปะหลัง 100 กรัม อุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาระหว่าง 22 – 33 °C ด้วยเวลา 1 – 5 ชั่วโมง และความเป็นกรด – ด่างขณะทำปฏิกิริยาระหว่าง 8 – 12 จากนั้นแบ่งตัดแปรที่เตรียมได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืด โดยมีรายละเอียดวิธีการศึกษาดังนี้

เทน้ำแบ่งดิบความเข้มข้น 21 โบเม (Baume)หนัก 23 กิโลกรัม ลงในถังปฏิกรณ์แบบกะ จากนั้นควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่อุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยานั้นๆ แล้วจึงเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 mole/L ด้วยอัตราการไหล 500 ml/hr เพื่อปรับค่าความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้นของน้ำแบ่งให้มีค่าเท่ากับ 8.0 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 15.75 mole/L ด้วยอัตราการไหล 2500 ml/hr เพื่อให้ได้สัดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อแบ่งอยู่ในช่วงที่ทำการศึกษา โดยขณะเกิดปฏิกิริยา ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำแบ่งจะลดลงตามเวลา ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 mole/L เพื่อรักษาค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำแบ่งให้มีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของการทำปฏิกิริยา และเมื่อครบเวลาของการทำปฏิกิริยาแล้วให้เติมผงโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อหยุดปฏิกิริยาระหว่างน้ำแบ่งกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จากนั้นปรับค่าความ

เป็นกรด – ด่างของน้ำแบ่งให้ได้ 5.2 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 11.5 mole/L ล้างน้ำแบ่งด้วยน้ำกลั่นโดยใช้อัตราส่วนน้ำแบ่งต่อน้ำล้างเท่ากับ 1:1 โดยปริมาตร กรองน้ำแบ่งที่ล้างแล้วด้วยแรงคัตขนาด (sieve) ขนาด 230 Mesh จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41 แบ่งตัดแปรที่ได้จะถูกนำไปอบที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 15 นาที

สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลในแบ่งตัดแปร สามารถทำได้โดยวิธีการไทเทรต (Titration Method) [20] และสามารถวิเคราะห์ความหนืดของแบ่งตัดแปรได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบเข็ม (Brookfield Viscometer, RVT) ที่อุณหภูมิ 80 °C [21]

3. ผลการศึกษา และอภิปรายผล

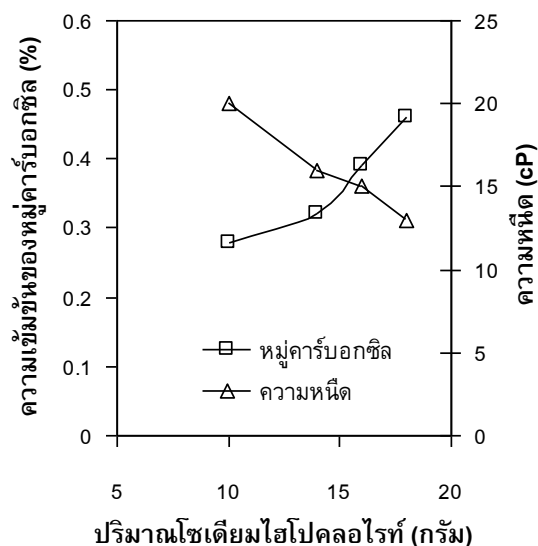
ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อปริมาณของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแบ่งตัดแปร ที่สภาวะอุณหภูมิระหว่าง 28±1 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 แสดงในรูปที่ 1 จากผลการศึกษาพบว่า หมู่คาร์บอกซิลมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ แต่ความหนืดของแบ่งตัดแปรกลับมีค่าลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างคลอรีนในโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแบ่ง โดยคลอรีนจะเข้าสลายพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic Bond) ในโมเลกุลแบ่ง แล้วเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิลให้เป็นหมู่คาร์บอกซิล หมู่คีโตน และหมู่แอลดีไฮด์ นอกจากนี้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างคลอรีนกับแบ่งยังทำให้พอลิเมอร์สายยาวในโมเลกุลแบ่งสั้นลง ส่งผลให้ความหนืดของแบ่งตัดแปรลดลง [22 – 24] ทั้งนี้ผลการศึกษาในส่วนนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยโดย Wang และ Wang (2003) [25] ซึ่งได้รายงานไว้ว่า การเพิ่มปริมาณสารออกซิไดซ์จะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้ดีขึ้น ส่งผลให้ความหนืดของแบ่งตัดแปรมีค่าลดลงตามปริมาณสารออกซิไดซ์ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาปัจจัยของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแบ่งต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแบ่งตัดแปรที่สภาวะอุณหภูมิ 28±1 °C อัตราส่วนโดยน้ำหนัก

ระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแป้งเท่ากับ 18:100 และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 ได้ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่า ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นระหว่าง 1 – 4 ชั่วโมง แต่การเพิ่มเวลาในช่วงนี้กลับทำให้ค่าความหนืดของแป้งดัดแปรมีค่าลดลง จากนั้นการเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยาให้นานกว่า 4 ชั่วโมง พบว่า ไม่ส่งผลต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปร อาจเนื่องมาจากการเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาในช่วงเวลา 1 – 4 ชั่วโมงโซเดียมไฮโปคลอไรท์ได้เข้าไปทำลายพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของเม็ดแป้งได้มากขึ้น ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลในแป้งเปลี่ยนไปเป็นหมู่คาร์บอกซิลได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้พอลิเมอร์สายยาวในโครงสร้างแป้งสั้นลง ซึ่งส่งผลต่อค่าความหนืดที่ลดลงของแป้งดัดแปรในช่วงเวลา 1 – 4 ชั่วโมง [10, 16] และจากผลการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่าปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแป้งเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ และอาจสิ้นสุดลงเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเข้าสู่ชั่วโมงที่ 4 โดยพิจารณาได้จากค่าความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปร

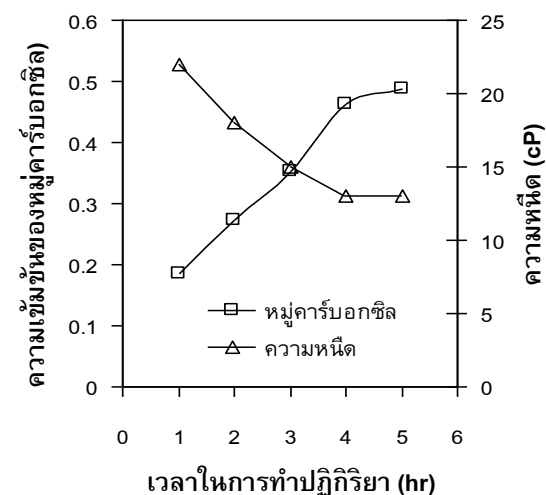
ในส่วนของการศึกษาปัจจัยของความเป็นกรด – ด่างต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปรที่สภาวะอุณหภูมิ $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแป้งเท่ากับ 18:100 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 พบว่า ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลมีแนวโน้มคงที่เมื่อเพิ่มค่าความเป็นกรด – ด่างในช่วง 8 – 9.5 จากนั้นการเพิ่มค่าความเป็นกรด – ด่างกลับทำให้ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลลดลง เมื่อพิจารณาการเพิ่มค่าความเป็นกรด – ด่างในช่วง 8 – 9.5 พบว่าความหนืดของแป้งดัดแปรมีค่าลดลง จากนั้นจะมีค่าคงที่ เมื่อความเป็นกรด – ด่างเปลี่ยนแปลงในช่วง 9.5 – 11 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด – ด่างเพิ่มขึ้นในช่วง 11 – 12 ทั้งนี้เนื่องมาจากการปัจจัยของโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นสารสำหรับปรับค่าความเป็นกรด – ด่างให้คงที่ตลอดระยะเวลาการทำปฏิกิริยา โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) ในแป้งได้ ทำให้แป้งมีโมเลกุลเล็กลง โมเลกุล

ของน้ำจึงแทรกเข้าไปล้อมรอบโมเลกุลของแป้งได้ [26] ซึ่งการล้อมรอบโมเลกุลของแป้งด้วยโมเลกุลน้ำอาจเป็นสาเหตุให้ปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับโซเดียมไฮโปคลอไรท์เกิดขึ้นได้น้อยลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล ลดลงเมื่อค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้นในช่วง 9.5 – 12



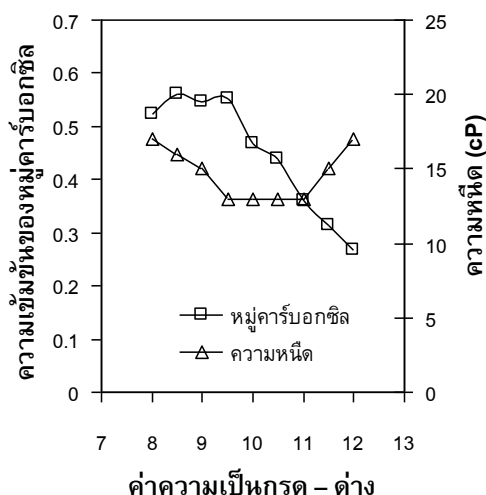
ต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปรกับปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (กรัม) ต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดของแป้งดัดแปรกับเวลาในการทำปฏิกิริยา

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปริมาณการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วงความเป็นกรด - ต่างระหว่าง 8 - 9.5 มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จึงอาจไม่ส่งผลต่อ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลและความหนืดของแป้งตัดแปรกับค่าความเป็นกรด - ต่างขณะทำปฏิกิริยา

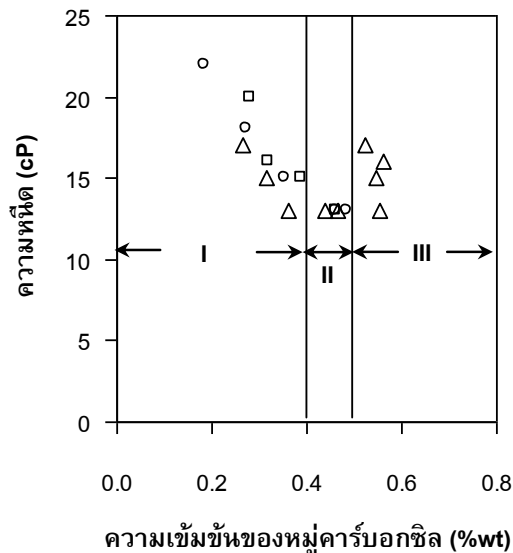
การเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อหมู่คาร์บอกซิลในแป้งตัดแปร ในทางตรงกันข้าม การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพียงเล็กน้อยในช่วงความเป็นกรด - ต่างระหว่าง 8 - 9.5 กลับส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความหนืดของแป้งตัดแปร เมื่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอยู่อย่างมากเกินไปพอต่อการทำให้โมเลกุลของแป้งเล็กลง ความหนืดของแป้งจึงมีค่าคงที่เมื่อความเป็นกรด - ต่างเพิ่มขึ้นระหว่าง 9.5 - 11 จากนั้นเมื่อทำการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปอีก จะทำให้แป้งมีประจุเป็นลบค่อนข้างสูง [27] ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างแป้งกับโซเดียมไฮโปคลอไรต์ซึ่งมีสมบัติเป็นด่าง และอยู่ในรูปของไอออนประจุลบเช่นกัน ส่งผลให้ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรต์กับแป้งเกิดขึ้นได้น้อย หรือไม่อาจเกิดขึ้นได้เลย [27] ทำให้หมู่คาร์บอกซิลมีปริมาณต่ำ ซึ่งส่งผลต่อการกลับมาจับตัวกันของอะมิโนสที่ถูกรักษาให้มีขนาดสั้นลงเพื่อเปลี่ยนเป็นโครงสร้างโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ส่งผลให้ความหนืดของแป้งตัดแปรมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อความเป็นกรด - ต่างเพิ่มขึ้นระหว่าง 11 - 12

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในส่วนของคุณสมบัติของปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เวลาในการทำปฏิกิริยา และค่าความเป็นกรด - ต่าง ต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลและความหนืดของแป้งตัดแปร ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลในแป้งตัดแปร ดังแสดงในรูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของแป้งตัดแปรกับความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล สามารถแบ่งออกได้เป็นสามช่วงดังนี้ (I) ความหนืดมีค่าลดลงตามความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล เมื่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 0.40 โดยน้ำหนัก (II) ความหนืดของแป้งตัดแปรมีแนวโน้มคงที่ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลระหว่างร้อยละ 0.4 - 0.5 โดยน้ำหนัก และ (III) ความหนืดของแป้งตัดแปรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลให้มีค่าสูงกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก

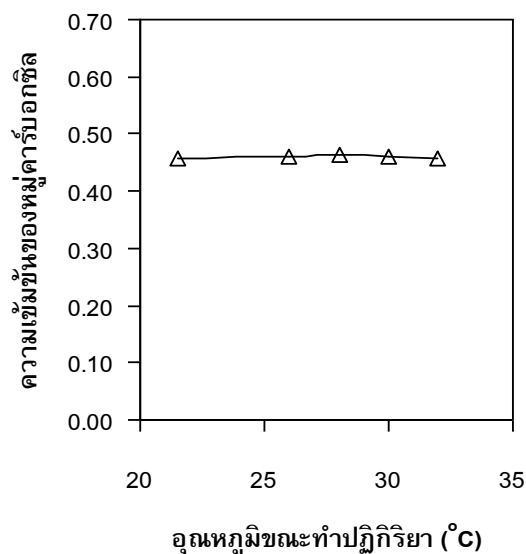
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลกับอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยา ที่สภาวะอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรต์กับแป้งเท่ากับ 18:100 ค่าความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ 10 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง ซึ่งให้เห็นว่าอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาในช่วง 22 - 33 °C ไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล ทั้งนี้อาจไม่ส่งผลต่อความหนืดของแป้งตัดแปรด้วย โดยพิจารณาได้จากกราฟในรูปที่ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลในช่วงร้อยละ 0.4 - 0.5 โดยน้ำหนัก ไม่ส่งผลต่อค่าความหนืดของแป้งตัดแปร อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 50 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (Glass Transition Temperature) ของแป้ง จะไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของแป้งตัดแปร [28] ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งตัดแปร เมื่ออุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยา มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 22 - 33 °C เนื่องจากค่าเฉลี่ยของความหนืดในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าเท่ากับร้อยละ 0.46 โดยน้ำหนัก

จากผลการศึกษาข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแป้งตัดแปรจากมันสำปะหลังโดย

วิธีการออกซิเดชันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ คือที่ภาวะ สดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแป้ง



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น กับความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลของแป้งดัดแปร



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลกับอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยา

เท่ากับ 18:100 เวลาในการทำปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.5 และอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยา $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยที่สภาวะดังกล่าวแป้งดัดแปรจะมี

ความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลสูงถึงร้อยละ 0.55 โดยน้ำหนัก และมีความหนืดเท่ากับ 13 cP ตามลำดับ โดยค่าความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และความหนืดที่ได้นี้เป็นค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐานการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร

4. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาปัจจัยต่างๆ ต่อความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และค่าความหนืดของแป้งดัดแปร ได้ข้อสรุปดังนี้ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์กับแป้ง ระยะเวลา และความเป็นกรด - ด่างขณะทำปฏิกิริยาส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และค่าความหนืดของแป้งดัดแปร แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิล และสภาวะที่เหมาะสมต่อการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการออกซิไดซ์ด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ คือ สภาวะสดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโซเดียมไฮโปคลอไรท์ต่อแป้งเท่ากับ 18:100 อุณหภูมิ $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และค่าความเป็นกรด - ด่างขณะทำปฏิกิริยาเท่ากับ 9.5 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ได้แป้งที่มีความเข้มข้นของหมู่คาร์บอกซิลร้อยละ 0.55 โดยน้ำหนัก และค่าความหนืด 13 cP

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทเอนเนิร์ล สตาร์ช จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลองเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abbas, K.A. 2010. Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *Journal of Agricultural Science*. 2(2): 90 – 100.
- [2] Wurzburg, O. B., and Szymanski, C. D. 1970. Modified starches for the food industry. *J. Agric. Food Chem.* 18(6): 997 – 1001.

- [3] สุรพล ผลเพิ่ม. แป้งดัดแปลงโครงสร้าง [ออนไลน์]. 2554 [ปรับปรุง ต.ค. 2554; อ้างอิง 26 พ.ค. 2557] . เข้าถึงได้จาก: http://www.thaitapiocastarch.org_
- [4] จำเริญ อัจฉราภิรักษ์. 2537. การปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการแปรสภาพทางกายภาพ และทางเคมีแบบเชื่อมข้ามร่วมกับวิธีอะซิทิเลชัน และพรีเจลาติไนเซชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ.
- [5] นิตติ เต็มเวชยานนท์. 2543. การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธี Ball – Mill และการศึกษาสมบัติของแป้งดัดแปร. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ.
- [6] Atichonkudomchai, N., and Varavinit, S. 2003. Characterization and utilization of acid modified cross – linked tapioca starch in pharmaceutical tablets. *Carbohydrate Polymer*. 53: 263 – 270.
- [7] Klaikherd, A. 2013. Modified starch playing a role to improve health. *Ingredients & Additive*. P 87.
- [8] กุลฤดี แสงสีทอง และกล้าณรงค์ ศรีรอด. 2544. แป้งดัดแปร (Modified Starch) ตอนที่ 2. ข่าวสารวิชาการในวงการแป้ง. 1(4): 4 – 5.
- [9] García, F. P., Méndez, J. P., Marzo, M. A., Pérez, L. B., and Gutiérrez, A. R. 2012. Modification and chemical characterization of barley starch. *International Journal of Applied Science and Technology*. 2(4): 30 – 39.
- [10] Sangseethong, K., Lertpanit, S., and Sriroth, K. Hypochlorite oxidation of cassava starch [Internet]. 2010 [updated 2010; cited 2014 May 26]. Available from: <http://www.agfdt.de/loads/st06/kunruede.pdf>.
- [11] Sanchez – Rivera, et al. 2005. Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymer*. 62: 50 – 56.
- [12] Enjikeme, P. C. N., Ebere, M., and Onwu, D. O. 2012. Optimization of dehydration conditions for isopropyl alcohol – water mixture using oxidized potato starch. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*. 4(12): 4899 – 4906.
- [13] John, E. V., and Edward, M. B., Inventor; Anheuser – Busch., Assignee. 1974. Starch product by further oxidizing oxidized starch with ammonium persulfate. United States Patent US.
- [14] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. แป้งออกซิไดซ์ (Oxidized starch) [ออนไลน์]. 2553 [ปรับปรุง 2553; อ้างอิง 26 พ.ค. 2557]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/>.
- [15] Zhang, Y. R., Wang, X. L., Zhao, G. M., and Wang, Y. Z. 2012. Preparation and properties of oxidized starch with high degree of oxidation. *Carbohydrate Polymers*. 87(4): 2554 – 2562.
- [16] ศิริธร เลิศพานิช, กุลฤดี แสงสีทอง, และกล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. ผลของความเป็นกรด – ด่าง และเวลาการทำปฏิกิริยาต่อสมบัติของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์. ในเอกสารการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 (หน้า 525 – 533). กรุงเทพมหานคร.
- [17] Demiate, I. M., Wosiacki, G., Cereda, M. P., and Mestres, C. 2005. Viscographic characteristics of chemically modified cassava starches assessed by RVA. *Agriculture Science and Engineering*. 11 (1): 7 – 17.
- [18] บริษัทเอนเนิร์ล สตาร์ช จำกัด. ม.ป.ป. มาตรฐานการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยการออกซิไดซ์โดยโซเดียมไฮโปคลอไรท์.
- [19] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- [20] Food and Agriculture Organization (FAO): FAO Food and Nutrition Paper 52 Addendum 9. 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- [21] บริษัทเอนเนรล์ สตาร์ช จำกัด. ม.ป.ป. คู่มือการ
การวิเคราะห์แป้งดัดแปรด้วยการออกซิไดซ์
บริษัทเอนเนรล์ สตาร์ช จำกัด.
- [22] Floor, M., Schenk, K. M., Kieboom, A. P. G.
and van Bekkum, H. 1989. Oxidation of
maltodextrins and starch by the system
tungstate – hydrogen peroxide. *Starch/Stärke*.
41: 303 – 309.
- [23] Isbell, H. S., and Frush, H. L. 1987.
Mechanisms for hydroperoxide degradation of
disaccharides and related compounds.
Carbohydrate Research. 161: 181 – 193.
- [24] Sangseethong, K., Termvejsayanon, N., and
Sriroth, K. 2010. Characterization of physico –
chemical properties of hypochlorite – and
peroxide – oxidized cassava starches.
Carbohydrate Polymer. 82: 446 – 453.
- [25] Wang, Y. J., and Wang, L. 2003. Physico -
chemical properties of common and waxy corn
starches oxidized by different levels of sodium
hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*. 52: 207 –
217.
- [26] Rachtanapu, P., Simasatitkul, P., Chaiwan, W.,
and Watthanaworasakun, Y. 2012. Effect of
sodium hydroxide concentration on properties
of carboxyl rice starch. *International Food
Research Journal*. 19(3): 923 – 931.
- [27] Lee, J. S., Kumar, R. N., Rozman, H. D., and
Azemi, B. M. N. 2005. Pasting, swelling, and
solubility properties of UV initiated starch – graft
- poly (AA). *Food Chemistry*. 91: 203 – 211.
- [28] Jacobs, H., Eerlingen, R. C., Claeuwaert, W., and
Delcour, J. A. 1995. Influence of Annealing on
the pasting properties of starches from varying
botanical sources. *Cereal Chem*. 72(5): 480 –
487.