

ผลของเกลือและด่างที่มีต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีเชื่อมข้ามและแอสีทีเลชัน
Effect of salt and alkaline on cross-linking and acetylation of Tapioca starch

ศุภักษร มาแสวง¹ และ วรนุช ศรีเจษฎารักษ์^{1,2}
Supuksorn Masavang¹ and Voranuch Srijesdaruk^{1,2}

Abstract

Effect of types (sodium sulfate sodium chloride and sodium carbonate) and concentrations (0.5, 7.5 and 15%) salts on cross-linking of Tapioca starch was modified by 0.04 % sodium trimetaphosphate at 45 °C for 3 hrs. Sodium chloride affected on cross-linking properties higher than sodium sulfate and sodium carbonate, respectively. It had highest phosphorus content and degree of substitution. If sodium sulfate and sodium carbonate were increased, the peak lowest viscosity, and setback of cross-linked starch were increased. When sodium chloride was added in cross-linked starch (0.5 and 7.5 %), the peak, the lowest viscosity and setback were increased. However it was decreased at sodium chloride added 15%. According to investigation of effect of salt and alkaline (0.5 M of sodium carbonate, sodium hydroxide and calcium hydroxide), tapioca starch was modified by 1.0 % vinyl acetate at 30-35 °C for 1 hr, results revealed that acetylated starch which was modified by sodium hydroxide provided value of acetyl content, degree of substitution, swelling power and solubility higher than acetylated starch that modified by sodium carbonate and calcium hydroxide.

Key Words : Starch modification, Salt, Cross-linked starch, Acetylated starch

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของเกลือที่มีผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลัง ด้วยวิธีเชื่อมข้ามด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตความเข้มข้นร้อยละ 0.04 ที่อุณหภูมิ 40 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมงโดยเกลือที่ศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 7.5 และ 15 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) พบว่าโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งเชื่อมข้ามมากกว่าโซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคาร์บอเนตตามลำดับ โดยแป้งเชื่อมข้ามที่ได้มีปริมาณฟอสฟอรัสและระดับการแทนที่ของหมู่ฟอสฟอรัสสูงสุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนตแป้งเชื่อมข้ามที่ได้จะมีความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด และการคืนตัวของแป้งเพิ่มขึ้น แต่แป้งเชื่อมข้ามที่เติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 และ 7.5 พบว่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด และการคืนตัวของแป้งจะเพิ่มขึ้นแต่ลดลงเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 15 สำหรับการศึกษาผลของชนิดของเกลือและด่าง (โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลลาร์) โดยใช้ไวนิลแอสีเตทร้อยละ 1.0 ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสีทีเลชัน พบว่าแป้งแอสีทีเลทที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีปริมาณหมู่แอสีทีลและระดับการแทนที่ของหมู่แอสีทีล กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายสูงกว่าแป้งที่ใช้โซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการแปรสภาพตามลำดับ

คำสำคัญ : แป้งแปรสภาพ เกลือ แป้งเชื่อมข้าม แป้งแอสีทีเลชัน

คำนำ

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะพิเศษคือไม่มียีสและรส ให้แป้งสุกที่เหนียวยืดเมื่อเกิดเจล และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับแป้งจากแหล่งอื่น (Atichokudomchai and Varavit, 2003) ดังนั้นแป้งมันสำปะหลังจึงเป็นแป้งที่น่าสนใจในการเพิ่มคุณค่าและใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้ แต่แป้งตามธรรมชาติไม่ได้มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในอาหารตามที่ต้องการ เช่น ทำให้เกิดความข้นหนืดและความคงตัว ดังนั้นแป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักถูกแปรสภาพเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏเป็นไปตามที่ต้องการ แป้งมันสำปะหลังสามารถทำการแปรสภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แป้งที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติ

¹ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

¹ Postharvest Technology Institute, Khonkean University, Khonkean

² ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Khonkean University, Khonkean

เชิงหน้าที่ทำให้แป้งสามารถใช้ประโยชน์ได้มากมาย และการแปรสภาพแป้งด้วยวิธีแอสซีทีเลชันและการเชื่อมข้าม มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากการทำแอสซีทีเลชันเป็นการเติมหมู่แอสซีทิลทำให้สามารถลดความแข็งระหว่างโมเลกุลของแป้ง เม็ดแป้งมีการพองตัวและมีความสามารถในการละลายมากขึ้น ลดการตกตะกอนของแป้ง และเพิ่มความคงตัวของอาหารละลาย-แช่แข็ง ส่วนการเชื่อมข้ามสามารถเพิ่มความคงตัวของแป้งระหว่างการหุงต้ม โดยเฉพาะภายใต้สภาวะที่มีแรงเฉือนและความเป็นกรด ในปัจจุบันมีการใช้แป้งเชื่อมข้ามเป็นสารข้นหนืดและสารทำให้เกิดเนื้อสัมผัสในอาหารประเภทซूप ซอส น้ำเกรวี่ และผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพแป้งแบบเชื่อมข้ามและแอสซีทีเลชัน ได้แก่ ชนิด องค์ประกอบ และขนาดของเม็ดแป้งวัตถุดิบ ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา ชนิดและความเข้มข้นของเกลือและด่าง เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาและความคงตัวของแป้งแปรสภาพที่ได้ โดยงานวิจัยครั้งนี้สนใจจะใช้แป้งมันสำปะหลังมาแปรสภาพเพื่อมูลค่าเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของประเทศ เพื่อให้การแปรสภาพแป้งเกิดปฏิกิริยาอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แป้งแปรสภาพที่มีคุณสมบัติคงที่ โดยใช้เกลือและเวลาในการแปรสภาพน้อยที่สุด โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของเกลือที่มีผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังแบบเชื่อมข้ามด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต จากงานวิจัยต่างๆ ได้มีการใช้เกลือได้แก่ โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมคลอไรด์ (Chung et al., 2004; Wattanchant et al., 2003; Kasemsuwan et al., 1998; Woo and Seib, 1997; Atichokudomchai and Varavinit, 2003; Hirsch and Kokini, 2002) และการศึกษาผลของชนิดของเกลือที่มีต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชันด้วยไวโนลแอสซีเตทซึ่งเกลือที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Huang and Morita, 2005; Huang et al., 2007; Wang and Wang, 2002)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของเกลือที่มีผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีเชื่อมข้าม

ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของเกลือในการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังแบบเชื่อมข้ามด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต โดยเกลือที่ศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 0.5, 7.5, และ 15 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) ทำการแปรสภาพแป้งแบบเชื่อมข้าม โดยออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค 3 x 3 Factorial experiment แบบสุ่ม มีจำนวนการทดลอง 9 การทดลอง ทำซ้ำการทดลองละ 2 ซ้ำ แล้วตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลาย การเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer และปริมาณหมู่ฟอสฟอรัส และระดับการแทนที่ในแป้งแปรสภาพ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5

2. การศึกษาผลของชนิดของเกลือที่มีต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชันโดยทำการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชัน ซึ่งเกลือที่ศึกษา ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชัน โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง ทำซ้ำการทดลองละ 2 ซ้ำ และตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Rapid visco analyzer และปริมาณหมู่แอสซีทิล และระดับการแทนที่ในแป้งแปรสภาพ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของเกลือที่มีผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีเชื่อมข้าม

ผลศึกษาชนิดและความเข้มข้นของเกลือในการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังแบบเชื่อมข้ามด้วยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต โดยเกลือที่ศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นของเกลือได้แก่ ร้อยละ 1, 5, 10, และ 15 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) พบว่าโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งเชื่อมข้ามมากกว่า โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคาร์บอเนตตามลำดับ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแป้งเชื่อมข้ามที่ได้เมื่อเติมเกลือในการแปรสภาพที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่าแป้งเชื่อมข้ามที่แปรสภาพโดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์จะมีปริมาณฟอสฟอรัส และระดับการแทนที่ของหมู่ฟอสฟอรัสสูงที่สุด แต่จะมีความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้าย กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายต่ำที่สุด เนื่องจากแป้งมีการระดับการเชื่อมข้ามที่สูงกว่าการใช้เกลือชนิดอื่น ซึ่ง Kerr

et al. (1957) พบว่าการเชื่อมข้ามระดับต่ำมีผลทำให้ความหนืดของแป้งสูงขึ้น เนื่องจากพันธะเชื่อมข้ามที่เกิดขึ้นระหว่างสายโมเลกุลแป้งทำให้เกิดแป้งมีความแข็งแรงมากขึ้นสามารถที่จะอุ้มน้ำ และพองตัวให้ความหนืดได้มาก เมื่อระดับการเชื่อมข้ามเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคาร์บอเนตจากร้อยละ 0.5 ไปเป็น 7.5 และ 15 แป้งเชื่อมข้ามที่ได้จะมีค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุด และค่าการคืนตัวของแป้งเพิ่มขึ้น และมีค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้าย กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายต่ำลง แต่แป้งที่แปรสภาพที่เติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 และ 7.5 พบว่าค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุด และค่าการคืนตัวของแป้งจะเพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 15 ซึ่งส่งผลให้แป้งเชื่อมข้ามที่ได้มีและมีค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้าย กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายต่ำลงด้วย เนื่องจากการเพิ่มโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 15 เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้ามมากกว่าเกลือโซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันซึ่งจะส่งผลให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงมากจนยอมให้โมเลกุลน้ำเข้าแทรกเข้าไปในโมเลกุลได้น้อยแป้งจึงเกิดการพองตัวน้อย

2. ผลการศึกษาผลของชนิดของเกลือและด่างที่ผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชันจากการทำแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชันโดยการเติมสารละลายเกลือ ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากผลการศึกษาพบว่าแป้งแอสซีทีเลทที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีปริมาณหมู่แอสซีทีลและระดับการแทนที่ของหมู่แอสซีทีล กำลังการพองตัว และความสามารถในการละลายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าสูงกว่าแป้งแอสซีทีเลทที่เติมโซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการแปรสภาพตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 3 เนื่องจากแป้งแอสซีทีเลทที่เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีปริมาณหมู่แอสซีทีลสูงกว่า ซึ่งหมู่แอสซีทีลนี้มีผลให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าจับกับโมเลกุลของแป้งได้ดีขึ้น โดยหมู่แอสซีทีลจะไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งได้ ทำให้โมเลกุลแป้งเกาะกันอย่างหลวมเกิดช่องว่างมากขึ้น ดังนั้นโมเลกุลของน้ำจึงสามารถแทรกตัวเข้าไปในแทรกอยู่ภายในโมเลกุลแป้งได้ (Rutenberg and Solarek, 1984) ส่วนค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดต่ำสุด ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสูงสุดและความหนืดสุดท้ายและอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งมันสำปะหลังที่แปรสภาพแบบแอสซีทีเลชันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีแอสซีทีเลชันที่ใช้สารทำปฏิกิริยาที่ระดับต่ำจึงอาจทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของแป้งแอสซีทีเลทที่วิเคราะห์คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อให้ความร้อนและเย็นแต่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างจากการวิเคราะห์ทางเคมีเช่นปริมาณหมู่แอสซีทีลและระดับการแทนที่ของหมู่แอสซีทีล เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

ชนิดและความเข้มข้นของเกลือมีผลต่อการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีเชื่อมข้าม โดยใช้โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต ซึ่งเกลือโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งเชื่อมข้ามมากกว่าเกลือโซเดียมซัลเฟตและโซเดียมคาร์บอเนตตามลำดับ และการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้ามเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับการแปรสภาพแป้งแบบแอสซีทีเลชันพบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อคุณสมบัติของแป้งแอสซีทีเลทสูงกว่าโซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์แต่ชนิดของเกลือไม่มีผลต่อความหนืดของแป้งแอสซีทีเลท

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการแปรสภาพแป้งโดยการเลือกใช้เกลือที่ทำให้เกิดการแปรสภาพแป้งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป
2. คุณภาพของน้ำมีผลต่อค่าความเป็นกรด-เบสและมีผลต่อประสิทธิภาพการแปรสภาพแป้งมาก

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่นและภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม และบริษัท เยนเนรัลสตาร์ช จำกัด ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Atichokudomchai, N., and Varavinit, S., (2003). Characterization and utilization of acid-modified cross-linked Tapioca starch in pharmaceutical tablets. *Carbohydrate Polymers*, 53, 263-270.
- Chung H.-J., Woo K.-S. and Lim S.-T. (2004). Glass transition and enthalpy relaxation of cross-linked corn starches. *Carbohydrate Polymers.*, 55, 9-15.
- Hirsch J.B., and Kokini J.L. (2002). Understanding the mechanism of cross-linking agents (POCl₃, STMP, and EPI) through swelling behavior and pasting properties of cross-linked waxy maize starches. *Cereal Chemistry.*, 79(1):102-107.
- Huang J., Schols H.A., Jin Z., SImann E. and Voragen A.G.J. (2007). Charaterization of differently sized granule fractions of yellow pea, cowpea and chickpea starches after modification with acetic anhydride and vinyl acetate. *Carbohydrate Polymers.*, 67, 11-20.
- Huang P.A. and Morita N. (2005). Effects of granule sizes on physicochemical properties of cross-linked and acetylated wheat starches. *Starch/Starke.*, 57, 413-420.
- Kasemsuwan T., Bailey T., and Jane J. (1998). Preparation of clear noodles with mixtures of tapioca and high-amylose starches. *Carbohydrate Polymers.*, 32, 301-312.
- Kerr, R.W., Cleveland F.C., and Chiegg Jr. (1957). Process for the preparation of distarch phosphate and the resultry products. U.S. patent 2.081.242. July 30, 1957.
- Rutenberg M.W., Solarek D. (1984). Starch derivatives:technology and uses, In : Whistler RL., Bemiller J.N., Paschall E.F. (ed). *Starch:Chemistry and Technology*; Academic Press, Inc., Orlando, Florida. 312-388.
- Wang Y.J., and Wang L., (2002). Characterization of acetylation waxy maize starches prepared under catalysis by different alkali and alkaline-earth hydroxides. *Starch/Stärke.*, 54, 25-30.
- Wattanchant, S., Muhammad, K., Hashim, D., and Rahman, R. A. (2003). Effect of cross-linking reagents and hydroxypropylation level on dual-modified sago starch properties. *Food Chemistry*, 80, 463-471.
- Woo K. and Seib Paul A. (1997). Cross-linking of wheat starch and hydroxypropylated wheat starch in starch in alkaline slurry with sodium trimetaphosphate. *Carbohydrate Polymers.*, 32, 263-271.