

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย

แป้งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพกติน พบมากตามธรรมชาติ และมีราคาถูก จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างกว้างขวาง แป้งที่พบในพืชอยู่ในรูปของเม็ดแป้ง (starch granule) ซึ่งมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์พืช ตัวอย่างเช่น แป้งมันสำปะหลัง มีขนาดอยู่ในช่วง 15-25 μm รูปร่างกลมหรือกลมปลายตัด แป้งข้าวมีขนาดเล็ก (1-5 μm) รูปร่างหลายเหลี่ยม แป้งมันฝรั่งมีขนาดใหญ่ (10-70 μm) รูปร่างกลมรี เป็นต้น เมื่อนำสารแขวนลอยของแป้งในน้ำไปผ่านความร้อน โครงสร้างภายในของเม็ดแป้งจะถูกทำลาย เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเม็ดแป้ง เช่น เม็ดแป้งมีการพองตัว แยกออกเป็นชั้นๆ โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่มีขนาดเล็กกระจายออกมา หรือโมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายออกมาอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ระดับการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับวิธีการและความร้อนที่ให้ แป้งสุกเหล่านี้เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นลงอาจเปลี่ยนสภาพเป็นเจลหรือตะกอนขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำแป้ง นอกจากนี้ถ้านำมาทำให้เย็นลงในสภาวะที่ควบคุม โมเลกุลแป้งสามารถกลับมาจัดเรียงตัวกันใหม่มีลักษณะเป็นอนุภาคที่มีรูปร่างทรงกลม (หรืออาจมีรูปร่างอื่นๆ เช่น รูปโดนัท ขาวรี) เรียกอนุภาคเหล่านี้ว่า “สตาร์ชสเฟียรูไลต์ (starch spherulite)”

สเฟียรูไลต์เป็นอนุภาคที่มีรูปทรงสมมาตรในแนวรัศมี (radially symmetric) ภายในประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีการจัดเรียงตัวแบบกึ่งผลึก (semicrystalline structure) มีสมบัติ birefringence (ค่า radial และ tangential refractive index แตกต่างกัน) เมื่อดูผ่าน crossed polarizer จะแสดงลักษณะ “Maltese cross” โดยทั่วไปสเฟียรูไลต์เตรียมได้จากพอลิเมอร์หลอมเหลวแล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (rapid quenching) (Nordmark และ Ziegler, 2002a) สเฟียรูไลต์สามารถเตรียมได้จากทั้งพอลิเมอร์สังเคราะห์และพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส เด็กแคเรน ไคโตแซน เป็นต้น สำหรับการเตรียมสเฟียรูไลต์จากแป้งมีรายงานว่าทำได้ 2 แบบ คือ สเฟียรูไลต์ที่ชักนำให้เกิดโดยสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและกรดไขมัน โดยให้ความร้อนกับของผสมของสารละลายแป้ง (starch dispersion) กับกรดไขมันที่อุณหภูมิ 140 °C และทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ (Fanta และคณะ, 2002; Fanta และคณะ, 2005; Fanta และคณะ, 2006; Peterson และคณะ, 2005; Shogren และคณะ, 2006) อีกแบบหนึ่งคือ การชักนำให้เกิดโดยให้ความร้อนกับสารละลายแป้งที่อุณหภูมิมากกว่า 170 °C และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว (Nordmark และ Ziegler, 2002a, 2002b; Ziegler และคณะ, 2005; Ziegler และคณะ, 2003) สมบัติของสเฟียรูไลต์ (เช่น ขนาดและรูปร่าง ความเป็นผลึกและชนิดของผลึก จุลหลอมเหลว) ที่ได้จะขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง ปริมาณและโครงสร้างของอะไมโลส ความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ ชนิดของกรดไขมัน สภาวะความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิในการทำให้แป้ง

กระจายตัวและสภาวะในการทำให้เย็นตัวลง (cooling rate) (Conde-Petit และคณะ, 2006) โดยมีรายงานว่า การเตรียมสเฟียรูไลต์จากแป้งที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีโครงสร้างที่เป็นกิ่งก้านจะได้สเฟียรูไลต์ที่มีขนาดเล็ก ความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ในช่วง 10 ถึง 20% (w/w) จะได้สเฟียรูไลต์ที่มีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ B หรือ C และการใช้กรดในการตัดกิ่งของอะไมโลเพคตินจะได้ส่วนที่เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นมากขึ้น ทำให้เกิดสเฟียรูไลต์ได้ดีขึ้น (Ziegler และคณะ, 2003) การเตรียมสเฟียรูไลต์จากตัวอย่างที่มีอะไมโลสและพอลิเมอร์เชิงเส้นสูงจะได้สเฟียรูไลต์ในปริมาณมากและมีลักษณะกลม (Lay Ma และคณะ, 2011) ผลึกของสเฟียรูไลต์ที่ได้มีลักษณะแบบ 6₁V หรือ 7₁V ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันที่มีผลต่อรูปแบบการเกิดเกลียวอะไมโลส (amylose helix) (Fanta และคณะ, 2006) การทำให้แป้งเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จะได้สเฟียรูไลต์ขนาดใหญ่กว่าเมื่อทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Fanta และคณะ, 2002)

Fanta และคณะ (2002) เตรียมสเฟียรูไลต์จากแป้งข้าวโพด แป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะไมโลสสูง แป้งข้าว และแป้งธัญพืช โดยทำการเจลาติไนซ์แป้งในเครื่อง jet cooker และทำให้แป้งเย็นตัวลงอย่างช้าๆ พบว่าสเฟียรูไลต์ที่ได้มี 2 ลักษณะคือ สเฟียรูไลต์ที่มีขนาดเล็ก มีลักษณะเป็น disc หรือ torus และสเฟียรูไลต์ที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็น sphere หรือ lobe (2-lobe หรือ 4-lobe) จากวิธีการเตรียมด้วยสภาวะดังกล่าวพบว่าปริมาณสเฟียรูไลต์ที่ได้เท่ากับ 10% จากปริมาณแป้งทั้งหมด ต่อมา Fanta และคณะ (2006) ได้ศึกษาผลของโครงสร้างและปริมาณกรดไขมันต่อลักษณะของสเฟียรูไลต์ที่เตรียมได้จากแป้งข้าวโพดที่มีการกำจัดไขมันออก พบว่าชนิดและปริมาณกรดไขมันที่มีผลต่อลักษณะของสเฟียรูไลต์ ทำให้สเฟียรูไลต์ที่ได้มีลักษณะแตกต่างกันและการใช้กรดไขมันส่งผลให้ได้ปริมาณสเฟียรูไลต์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Fanta และคณะ (2008) ที่ได้ศึกษาลักษณะของสเฟียรูไลต์ที่เตรียมจากสารประกอบระหว่างแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะไมโลสสูงและกรดไขมัน (กรดปาล์มมิติกและกรดโอเลอิก) โดยใช้กรดไขมันในปริมาณแตกต่างกัน และใช้อัตราการทำให้เย็นลงที่ระดับต่างๆ พบว่าการใช้กรดไขมันปริมาณ 5% ของปริมาณอะไมโลส ทำให้ได้ผลผลิตสเฟียรูไลต์เท่ากับ 60% ของปริมาณแป้งทั้งหมด นอกจากนี้นงานวิจัยของ Bhosale และ Ziegler (2010) ที่เตรียมสเฟียรูไลต์จากสารประกอบระหว่างอะไมโลสกับกรดปาล์มมิติก ก็พบว่าปริมาณสเฟียรูไลต์เกิดขึ้นมากและมีขนาดใหญ่ (15-25 μm) เมื่อเทียบกับการไม่เติมกรดปาล์มมิติกซึ่งได้สเฟียรูไลต์ในปริมาณน้อยและมีขนาดเล็ก (10-15 μm) เนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแป้งและกรดไขมันมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำจึงแยกส่วนออกจากน้ำและชักนำให้เกิดสเฟียรูไลต์มากขึ้น นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เตรียมสเฟียรูไลต์จากแป้งตัดกิ่ง ซึ่งเป็นแป้งที่ถูกย่อยพันธะกิ่งหรือพันธะ α -1,6 ของอะไมโลเพคตินโดยใช้กรดหรือเอนไซม์ตัดกิ่ง เช่น ไอโซอะไมเลส (isoamylase) และเอนไซม์พูลูลานเนส (pullulanase) ทำให้ได้ส่วนที่เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นเพิ่มขึ้น (Manners และ Matheson, 1981; Yokobayashi และคณะ, 1973) Ziegler และคณะ (2003) เตรียมสเฟียรูไลต์จากแป้งข้าวโพดที่ผ่านการตัดกิ่งด้วยกรด พบว่ามีปริมาณสเฟียรูไลต์เกิดขึ้นมาก ลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

เท่ากับ 10-20 μm มีสมบัติ birefringence โดยแสดงลักษณะ “Maltese cross” อย่างชัดเจน เนื่องจากปริมาณพอลิเมอร์เชิงเส้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้การกลับมาจัดเรียงตัวเกิดเป็นสเฟียรูไลต์ได้ดีขึ้น

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการเกิดสเฟียรูไลต์จากแป้งขึ้นกับปัจจัยทั้งทางด้านสมบัติของแป้งเองและสถานะในการเตรียม โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการเตรียมเนื่องจากเป็นแป้งที่มีการผลิตมากในประเทศทางแถบยุโรปและประเทศอเมริกา สำหรับประเทศไทยแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่ผลิตในปริมาณมาก มีราคาถูก แป้งมีความบริสุทธิ์สูง (มีสิ่งเจือปนต่ำ) และไม่มีการดัดแปลงทางพันธุกรรม (GMO free) จึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการผลิตสเฟียรูไลต์ อย่างไรก็ตามแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับปานกลาง (15-20%) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแป้งที่ทำให้เกิดสเฟียรูไลต์ได้ดีต้องเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ดังนั้นถ้าจะใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบก็จะต้องมีวิธีการ/สถานะที่ช่วยให้สามารถผลิตสเฟียรูไลต์ได้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตสเฟียรูไลต์จากแป้งมันสำปะหลังโดยแนวทางที่จะศึกษาประกอบด้วย

- 1) สถานะในการเจลาติไนซ์แป้งและการทำให้แป้งเย็นตัวลง
- 2) การใช้กรดไขมันเพื่อให้เกิด amylose-lipid complex
- 3) การใช้แป้งดัดแปรที่มีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลแป้งด้วยหมู่แทนที่ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (เช่น แป้งอะเซททิลเลตและแป้งออกทินิลซัคซิเนต) ซึ่งคาดว่า การเกิด hydrophobic interaction ระหว่างโมเลกุลแป้งจะช่วยให้เกิดสเฟียรูไลต์ได้ดีขึ้น และ
- 4) การตัดกิ่งแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์เพื่อเพิ่มพอลิเมอร์เชิงเส้น การผลิตสเฟียรูไลต์ได้ในปริมาณมากจะช่วยให้ได้ตัวอย่างที่มากพอที่จะนำไปศึกษาการใช้ประโยชน์จากสเฟียรูไลต์ได้ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังรูปแบบต่างๆ และสถานะในการเตรียมต่อจำนวนและสมบัติทางเคมีกายภาพของสเฟียรูไลต์ที่ได้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาผลของระดับการเจลาติไนซ์แป้งมันสำปะหลังและสถานะในการทำให้แป้งเจลาตินตัวลงต่อประสิทธิภาพในการเกิดสเฟียรูไลต์ โดยเจลาติไนซ์แป้งด้วยเครื่องหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 psi เป็นเวลา 30 และ 60 นาที และทำให้แป้งเจลาตินตัวลงแบบช้าและแบบเร็ว ทำการเปรียบเทียบปริมาณสเฟียรูไลต์ที่ได้โดยใช้ Hemacytometer นับจำนวนสเฟียรูไลต์

2. ศึกษาวิธีการในการเพิ่มผลผลิตสเฟียรูไลด์จากแป้งมันสำปะหลัง โดยวิธีการที่ใช้มีดังนี้
 - 2.1 การใช้กรดไขมันเพื่อให้เกิด amylose-lipid complex โดยกรดไขมันที่เลือกใช้คือ กรดอะซิติก กรดบิวทิริก กรดปาล์มมิก และกรดโอเลอิก
 - 2.2 การใช้แป้งดัดแปรที่มีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลแป้งด้วยหมู่แทนที่ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำคือ แป้งอะเซททิลเลตและแป้งออกทีนิลซัคซิเนต
 - 2.3 การใช้แป้งย่อยด้วยกรดและเอนไซม์เพื่อเพิ่มพอลิเมอร์เชิงเส้น
 โดยเตรียมสเฟียรูไลด์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1 และนับจำนวนสเฟียรูไลด์ที่ได้ในแต่ละสภาวะ
3. วิเคราะห์ความคงตัวของแป้งต่อการย่อยด้วยกรดและเอนไซม์
4. ศึกษาสมบัติของสเฟียรูไลด์ ประกอบด้วย
 - ลักษณะพื้นฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)
 - โครงสร้างผลึกด้วยเครื่อง X-ray diffractometer

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคโนโลยีในการผลิตสเฟียรูไลด์จากแป้งมันสำปะหลังที่ทำให้ได้ปริมาณสเฟียรูไลด์มากขึ้น เป็นการเพิ่มโอกาสในการนำแป้งสเฟียรูไลด์ไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ
2. ทำให้ทราบถึงสมบัติของสเฟียรูไลด์จากแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำสเฟียรูไลด์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไป