

บทที่ 1 บทนำ

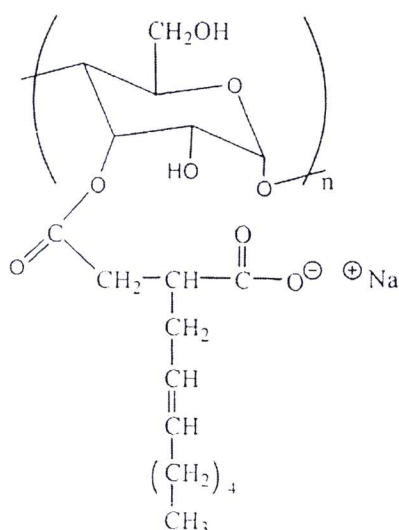
1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย

การใช้แป้งในอุตสาหกรรมอาหารมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น เพื่อเพิ่มความข้นหนืด (thickener) ใช้เป็นตัวเชื่อมส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ (binder) (Steve, 2004) เพิ่มความคงตัว (stabilizer) เพื่อให้เกิดลักษณะที่เป็นเจล (gel-forming agent) รักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ (moisture retention) ใช้เป็นสารเคลือบและให้ความเป็นมันเงา (coating และ glazing agent) เป็นต้น อย่างไรก็ตามแป้งที่ได้จากแหล่งธรรมชาติหรือแป้งดิบ (native starch) เมื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภทอาจมีข้อจำกัดทางคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเช่น มีช่วงความหนืดที่แคบ เนื้อสัมผัสไม่ดี ไม่ทนต่อแรงเสียดทานในกระบวนการผลิตหรือไม่ทนต่อสภาวะต่างๆ จึงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่เป็นไปตามความต้องการ (กล้านรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท (Hermansson และ Svegmarm, 1996)

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งหรือแป้งดัดแปร (modified starch) สำหรับอุตสาหกรรม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1073-2535) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อนและ/หรือสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ โดยการใช้แป้งดัดแปรในอุตสาหกรรมอาหารนั้น เกณฑ์ที่กำหนดและลักษณะชี้บ่งของแป้งดัดแปรแต่ละชนิดจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงอุตสาหกรรม (2535) ในการดัดแปรแป้งเพื่อให้แป้งมีคุณสมบัติและเป็นไปตามความต้องการและเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

แป้งอัลคิลินิลซัคซิเนต (starch alkenyl succinates) จัดเป็นแป้งดัดแปรในกลุ่มไฮโดรโฟบิกสตาร์ช (hydrophobic starch) ซึ่งในโครงสร้างของแป้งดัดแปรชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนของโมเลกุลแป้งที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic part) และส่วนที่มาจากปฏิกิริยาการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของหน่วยกลูโคสในโมเลกุลแป้งด้วยหมู่แทนที่ที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic part) ดังนั้นในโมเลกุลของแป้งดัดแปรจะมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ทำให้มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ที่ดี

แป้งอัลคินิลซัคซิเนตเตรียมได้โดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลแป้งกับหมู่คาร์บอกซิลของ alkenyl succinic anhydride ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม cyclic dicarboxylic acid anhydride ในสถานะที่เป็นด่าง ตัวอย่างของสาร alkenyl succinic anhydride ได้แก่ dodecenyl succinic anhydride (DDSA), octadecenyl succinic anhydride (ODSA), octenyl succinic anhydride (OSA) เป็นต้น การแทนที่ที่เกิดขึ้นที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2, 3 และ 6 ในโมเลกุลของกลูโคส (Jeon และคณะ, 1999) แม้ว่าจะมีรายงานการศึกษาการใช้สาร alkenyl succinic anhydride ชนิดต่างๆ ในการดัดแปรแป้ง แต่ถึงปัจจุบันมีเพียงแป้งที่ดัดแปรโดยใช้ OSA เท่านั้นที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดย FDA กำหนดให้ใช้ OSA ในการดัดแปรไม่เกิน 3% ค่อน้ำหนักของแป้ง (Liu และคณะ, 2008) การดัดแปรแป้งโดย OSA มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปี 1953 โดย Caldwell และ Wurzburg (1953) แป้งออกทินิลซัคซิเนตมีโครงสร้างดังรูปที่ 1.1 (Shogren และคณะ, 2000)



รูปที่ 1.1 โครงสร้างทางเคมีของแป้งออกทินิลซัคซิเนต

แป้งออกทินิลซัคซิเนตที่ใช้ในอาหารเป็นแป้งดัดแปรที่มีระดับการแทนที่ต่ำ (DS 0.02) มีวิธีการเตรียมพื้นฐานคือ เริ่มต้นจะเตรียมแป้งในน้ำที่ความเข้มข้นในช่วง 25-40% ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 8-9 ด้วย 2-3% NaOH โดยมีการกวนตลอดเวลา จากนั้นค่อยๆ เติม 1-3% OSA (w/w แป้ง) และมีการควบคุมอุณหภูมิและ pH ให้คงที่ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 2-8 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาปรับ pH ให้เป็นกลางนำไปล้างด้วยน้ำและทำให้แห้ง แป้งดัดแปรที่ได้จะยังคงอยู่ในสภาพที่เป็นเม็ดแป้ง Bhosale และ Singhal (2006) ได้ศึกษาสถานะ (สัดส่วนของ OSA ต่อแป้ง pH อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา) ที่เหมาะสม

ในการเตรียมแป้งออกทินิลซัคซิเนต พบว่าสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งออกทินิลซัคซิเนตจากแป้ง อามาแรนธ์ (amaranth starch) คือ OSA 3% (w/w แป้ง) ทำปฏิกิริยาที่ 30 องศาเซลเซียส pH 8 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้แป้งที่ความเข้มข้น 25% สำหรับแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก็มีสถานะที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน ยกเว้นเวลาในการทำปฏิกิริยาจะนานกว่าคือ 24 ชั่วโมง ที่ผ่านมามีรายงานการศึกษาการดัดแปรแป้งโดย OSA ในแป้งชนิดต่างๆ เช่น แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว (Shorgen และคณะ, 2000; Bhosale และ Singhal, 2006; Liu และคณะ, 2008) แป้งข้าว (Bao และคณะ, 2003; Thirathumthavorn และคณะ, 2006; He และ คณะ, 2009) แป้งมันฝรั่ง (Bao และคณะ, 2003; Hui และคณะ, 2009; Wang, Su และ Wang, 2010) แป้ง มันสำปะหลัง (Thirathumthavorn และคณะ, 2006) แป้งสาทิ (Bao และคณะ, 2003) เป็นต้น

โดยทั่วไปเมื่อทำการดัดแปรแป้งด้วย OSA จะทำให้แป้งที่ได้มีความหนืดสูงขึ้น (Song และคณะ, 2006; Bao และคณะ, 2003) อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดลดลงและแป้งมีการคืนตัว (retrogradation) ลดลง (Trubiano, 1986; Islam และ Azemi, 1997; Song และคณะ, 2006) แป้งมีคุณสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สามารถเกิดฟิล์มที่แข็งแรงระหว่างเฟสของน้ำและน้ำมัน (Bhosale และ Singhal, 2007) นอกจากนี้เมื่อแป้งดัดแปรไปทำปฏิกิริยากับ polyvalent metal ions จะทำให้ได้แป้งที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำมากขึ้น (water resistant) และมีคุณสมบัติ free flow (Trubiano, 1986) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ เช่น โดชัน แป้งทาตัว เป็นต้น

ด้วยคุณสมบัติของแป้งออกทินิลซัคซิเนตที่กล่าวมาทำให้มีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เพื่อให้ความข้นหนืดและช่วยให้อาหารที่มีน้ำและน้ำมันเป็นองค์ประกอบผสม เข้ากันได้ดีขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการนำแป้งออกทินิลซัคซิเนตไปใช้เช่น ซอสปรุงรส พุดดิ้ง อาหาร เด็กอ่อน salad dressing มายองเนส เป็นต้น (He และคณะ, 2006) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอใช้เพื่อเพิ่มความ แข็งแรงของเส้นใย ความยืดหยุ่น ลดการเสียดสีในกระบวนการถักทอและทำให้ผ้าหรือสิ่งทอมีลักษณะที่ ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความเรียบลื่นง่ายในการซักกรีด (Wurzburg, 1995) ในอุตสาหกรรมกระดาษใช้ เคลือบผิวหน้ากระดาษเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษ ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อให้แป้งมีความ หนืดคงตัวและไม่แยกชั้นจากน้ำ ทำให้แป้งแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างของเยื่อกระดาษสำหรับกั้นหมึกซึม และเก็บกักตัวได้ดี (Wurzburg, 1995) นอกจากนี้ยังใช้เป็นสาร encapsulating agent ในการห่อหุ้มสารให้ กลิ่นรส วิตามินและยา เป็นต้น Heacock และคณะ (2004) พบว่าการดัดแปรแป้งด้วย OSA จะทำให้แป้ง ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ α -amylase ได้ยากขึ้น ดังนั้นแป้งออกทินิลซัคซิเนตจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็น functional fiber ปัจจุบันมีการผลิตแป้งออกทินิลซัคซิเนตจากแป้งข้าวโพดออกมาจำหน่ายภายใต้ชื่อสินค้า ต่างๆ ได้แก่ HiCap, Capsul, NLoK, EmCap และ Cleargum (Bhosale และ Singhal, 2006)

งานวิจัยเกี่ยวกับแป้งออกทินิลซัคซิเนตในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการดัดแปรแป้งชนิดต่างๆ และศึกษาสมบัติของแป้งดัดแปรที่ได้ (Bao และคณะ, 2003; Song และคณะ, 2006; Hui และคณะ, 2009; He และคณะ, 2006) การนำแป้งดัดแปรไปใช้ (Kuentz และคณะ, 2006; Chanamai และคณะ, 2002) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้ง (Jeon และคณะ, 1999; Bhosale และคณะ, 2006) การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของแป้งดัดแปร เช่น ปริมาณ resistant starch (Han และคณะ, 2007; He และคณะ, 2008) ส่วนการศึกษาในระดับโครงสร้างและการกระจายตัวของหมู่ OSA ในเม็ดแป้งมีรายงานการวิจัยน้อยมาก โดย Shogren และคณะ (2000) ศึกษาการกระจายตัวของหมู่ OSA ในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว พบว่าหมู่ OSA มีกระจายตัวอยู่ทั้งภายในและที่บริเวณผิวของเม็ดแป้ง แต่ที่บริเวณผิวจะมีระดับการขแทนที่สูงกว่าภายใน (มีหมู่ OSA มากกว่า) โดยในเม็ดแป้งหมู่ OSA จะกระจายอยู่ในส่วนอสัณฐาน (amorphous domains) ของอะไมโลเพกตินแต่ไม่สามารถเข้าไปเกิดปฏิกิริยากับสายโซ่อะไมโลเพกตินที่มีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (crystalline domains) การพบหมู่แทนที่ที่ผิวเม็ดแป้งมากกว่าภายในเนื่องมาจาก OSA มีความสามารถในการละลายในน้ำต่ำ ดังนั้นอาจมีส่วนหนึ่งของ OSA ที่อยู่ในรูปของ droplet ซึ่ง droplet ที่มีขนาดใหญ่จะผ่านเข้าไปยังภายในเม็ดแป้งไม่ได้ ทำให้ภายนอกเม็ดแป้งมีปริมาณ OSA มากกว่าภายในจึงเกิดปฏิกิริยาได้มากกว่า มีรายงานว่าทำให้ OSA กระจายตัวอย่างดีในน้ำจะทำให้ปฏิกิริยาการแทนที่เกิดเร็วขึ้น (Billmers และคณะ, 1997)

แป้งพุทธรักษา (canna starch) เป็นแป้งที่สกัดได้จากเหง้าของต้นพุทธรักษากินได้ (edible canna) จากการศึกษาวินิจฉัยอย่างละเอียดของกุ่มวิจัยแป้ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีกายภาพ โครงสร้าง การดัดแปรแป้งและการนำแป้งพุทธรักษาไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ พบว่าแป้งพุทธรักษามีลักษณะเม็ดแป้งเป็นรูปไข่ พื้นผิวเรียบและมีขนาดใหญ่ (10-100 μm) มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างสูง 31-36% (Puncha-anon และคณะ, 2008) แป้งมีการคั่นตัวสูง (Thitipraphunkul และคณะ, 2003a) อะไมโลสของแป้งพุทธรักษามีขนาดโมเลกุลประมาณ 1600 หน่วยกลูโคส ส่วนอะไมโลเพกตินมีความยาวเฉลี่ยของสายโซ่อยู่ในช่วง 25 - 28 หน่วยกลูโคส (Thitipraphunkul และคณะ, 2003b) แป้งดิบถูกย่อยยากด้วยเอนไซม์ α -amylase (Srichuwong และคณะ, 2005; Hung และ Morita, 2005) แป้งสุกมีลักษณะใส มีความหนืดสูง (Thitipraphunkul และคณะ, 2003a) การดัดแปรแป้งโดยปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมู่อะซิทิล (Saartat และคณะ, 2005) และหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล (Chuenkamol และคณะ, 2007) พบว่าทำให้ได้แป้งที่มีการคั่นตัวลดลงสามารถนำไปใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารได้ดี (กสิภูมิ ทวนกง, 2549) การดัดแปรแป้งพุทธรักษาโดยใช้ความร้อนชื้น (ความชื้นแป้ง 25% อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 16 ชั่วโมง) พบว่าแป้งดัดแปรที่ได้

เมื่อนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เม็ดแป้งจะมีการพองตัวแต่ไม่แตกออกและจะสังเกตเห็นช่องว่างภายในเม็ดแป้งที่ขยายใหญ่ขึ้น (Wacharatwinkul และคณะ, 2009) แป้งพุดธรักษาเป็นแป้งที่ให้ความหนืดสูงแต่การคืนตัวของแป้งก็สูงเช่นกัน ดังนั้นการที่จะนำแป้งพุดธรักษาไปใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดจำเป็นต้องปรับคุณสมบัติการเกิดรีโทรเกรเดชันให้ลดน้อยลง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาก็พบว่า การแทนที่ด้วยหมู่อะซิทธิลและหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล ทำให้ได้แป้งพุดธรักษาที่มีการคืนตัวลดลง อย่างไรก็ตามหมู่แทนที่ที่กล่าวมามีความเป็นไฮโดรโฟบิกไม่สูงพอที่จะทำให้แป้งดัดแปรคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ได้หลายอย่าง (multifunctional starch) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการดัดแปรแป้งพุดธรักษาด้วย OSA ซึ่งคาดว่าจะได้แป้งที่มีคุณสมบัติที่ให้ความหนืดสูงและทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ได้ด้วย ทำให้สามารถใช้แป้งนี้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างหลากหลายมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาเปรียบเทียบการดัดแปรแป้งพุดธรักษาในสภาพเดิมที่สกัดจากเหง้าต้นพุดธรักษา (native starch) และแป้งพุดธรักษาที่ผ่านการดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (HMT starch) เพื่อให้เม็ดแป้งพองตัวและเกิดช่องว่างภายใน ซึ่งคาดว่าจะทำให้หมู่ OSA เข้าไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลแป้งภายในเม็ดแป้งได้ดีขึ้น โดยจะทำการวิเคราะห์สมบัติของแป้ง OSA ที่ได้ในด้านต่างๆ คือ ระดับการแทนที่ของหมู่ OSA ประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยา ลักษณะปรากฏและโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้ง ความหนืดของแป้งและลักษณะของเจลสมบัติทางความร้อนและความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาการดัดแปรแป้งพุดธรักษาด้วยวิธีเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ OSA โดยเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของแป้งพุดธรักษาในสภาพธรรมชาติ (native starch) และแป้งพุดธรักษาที่ผ่านการดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (HMT starch) และศึกษาสมบัติของแป้งพุดธรักษาดัดแปรที่ได้ เปรียบเทียบกับแป้งพุดธรักษาที่ไม่ผ่านการดัดแปร

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. การศึกษาการดัดแปรแป้งพวทรักษาโดยวิธีเอสเทอร์ฟิเคชัน

1.1 แป้งตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีดังนี้

- แป้งพวทรักษา (native starch) พันธุ์เวียดนาม
- แป้งพวทรักษาที่ผ่านการดัดแปรด้วยความร้อนชื้น (HMT starch)

1.2 การดัดแปรแป้งพวทรักษาด้วยความร้อนชื้นโดยดัดแปรตามวิธีของ Wacharatewinkul และคณะ (2009)

1.3 การดัดแปรแป้งพวทรักษาโดยใช้เทคนิคสัณฐานวิทยาไฮโดรไลซิส (OSA)

ทำการดัดแปรโดยใช้แป้งที่ความเข้มข้น 35% อุณหภูมิ 35°C ระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ควบคุม pH ระหว่างการทำปฏิกิริยาให้อยู่ในช่วง 8.0 -8.5 โดยใช้ OSA ที่ความเข้มข้น 1 และ 3%

1.4 การวิเคราะห์ระดับการแทนที่ (degree of substitution, DS) ของแป้งพวทรักษาที่ดัดแปรดัดแปลงจากวิธีของ Kwon และคณะ (2001)

2. การศึกษาคุณสมบัติของแป้งพวทรักษาที่ดัดแปร

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและขนาดของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด scanning electron microscope (SEM) ศึกษาโครงสร้างผลึก (crystal structure) โดยใช้ X-ray diffractometer และศึกษาหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างเม็ดแป้งด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

2.2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยศึกษาเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) และลักษณะของเจลที่ได้จาก RVA ด้วยกล้องจุลทรรศน์

2.3 คุณสมบัติทางความร้อน โดย differential scanning calorimeter (DSC)

2.4 ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงสมบัติของแป้งพุดรรักษาที่ผ่านการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยการใช้ OSA ที่ระดับการแทนที่ต่ำ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำแป้งดัดแปรที่ได้ไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไป
2. ทำให้ได้ความรู้ความเข้าใจในการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของแป้งกับ OSA มากขึ้น องค์ความรู้ใหม่ที่ได้สามารถนำไปเผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติได้