

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยเทคนิคการใช้ด่างในแอลกอฮอล์

Physicochemical properties of tapioca starch modified by alcoholic-alkali treated technique

จิธิกรักษ์ วรพัฒน์ผดุง (Thisirak Woraphatphadung)\* แสงระวี สุทธิปริญญานนท์ (Saengrawee Sutthiparinyanont)\*\*

ผดุงขวัญ จิตโรภาส (Padungkwan Chitropas)\*\*\*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยวิธีการใช้ด่างในแอลกอฮอล์ (ATS) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (3 โมลาร์) และ แอลกอฮอล์ (40%v/v) เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลัง (TS) พบว่าคุณสมบัติของ ATS และ TS มีความแตกต่างกัน โดย ATS ไม่พบลักษณะเม็ดแป้ง และมีความเป็นอสัณฐานซึ่งสอดคล้องกับการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ และประจุผิวของ ATS แสดงค่าเป็นลบลดลง ATS พองตัวในน้ำกลั่น และสามารถละลายได้ทั้งในน้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริก (0.1 โมลาร์) ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.8 ที่อุณหภูมิห้อง และของเหลวที่ได้มีความหนืด โดยความสามารถในการละลายและความหนืดของ ATS ใน กรดไฮโดรคลอริก (0.1 โมลาร์) มีค่าน้อยที่สุด จึงสรุปได้ว่า ATS สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิห้อง ของเหลวที่ได้มีความหนืด และมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม

ABSTRACT

The objective of this research was to study the physicochemical properties of alcoholic-alkaline treated tapioca starch (ATS) using 3M sodium hydroxide and 40%v/v alcohol and to compare with tapioca starch (TS). The results showed that the properties of ATS and TS were different. The starch granule of ATS did not appear. ATS was amorphous form which was confirmed by X-ray diffraction. And negative charge of ATS was decreased. ATS presented good swelling in distilled water (DW). It could be also dissolved in DW, 0.1 M hydrochloric acid (HCl) and pH 6.8 phosphate buffer at room temperature. The ATS solution was viscous. The solubility and viscosity of ATS in 0.1 M HCl was the lowest. It can be concluded that ATS could be soluble at room temperature and gave viscous liquid. The ATS displayed strong feasibility for pharmaceutical excipient.

คำสำคัญ: แป้งมันสำปะหลัง การดัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์ คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

**Key Word:** tapioca starch, alcoholic-alkaline treatment, physicochemical properties

---

\*นักศึกษาลัทธิศาสตร์เภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สาขาวิชาเภสัชภัณฑ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*อาจารย์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

\*\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

แป้ง (starch) เป็นโสมแซคคาไรด์ (homosaccharide) จากพืช เช่น ถั่ว เมล็ดข้าวเหนียว มันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น แป้งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ อะมิโลส (amylose) ประกอบด้วยหน่วยย่อยของกลูโคส 200 - 2000 หน่วย จับกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 4-glucosidic linkage และอะมิโลเพกติน (amylopectin) ประกอบด้วยสายโซ่หลักของหน่วยย่อยกลูโคสมากกว่า 10000 หน่วย ที่จับกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 4-glucosidic linkage และในแต่ละ 20-30 หน่วยย่อยกลูโคสมีกิ่งก้านสาขาที่จับกันด้วยพันธะ  $\alpha$ -1, 6-glucosidic linkage (Wurzburg, 1986) นอกจากนี้ แป้งยังมีสารอื่นเป็นองค์ประกอบร่วมด้วย ได้แก่ โปรตีน ไซมัน ฟอสฟอรัส เถ้า เป็นต้น

ปัจจุบันแนวโน้มในการนำแป้งมาศึกษาวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การใช้เป็นสารช่วยในตำรับของเภสัชภัณฑ์ โดยทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มปริมาณ สารยึดเกาะ สารช่วยแตกตัว สารช่วยชะลอการปลดปล่อยยา สารก่อฟิล์ม (Builders et al, 2011; Wurzburg, 1986; เสาวนิตย์และอรรณพ, 2544; นภาพร, 2002) เป็นต้น แป้งที่มีการนำมาประยุกต์ใช้มีหลายชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเจ้า เป็นต้น แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch, TS) เป็นแป้งอีกหนึ่งชนิดที่ได้รับความสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางเกษตรกรรม แป้งชนิดนี้เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากมันสำปะหลังซึ่งเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย หาง่าย และมีราคาถูก (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550) แต่อย่างไรก็ตามการนำแป้งดิบมาใช้ประโยชน์ยังพบว่ามีข้อจำกัดเนื่องจากคุณสมบัติของแป้งที่ละลายน้ำได้ยากที่อุณหภูมิห้องจึงทำให้เกิดความยุ่งยากในกระบวนการเตรียมสารละลายจากแป้งในการประยุกต์ใช้ในงานทางเกษตรกรรมรูปแบบต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและ

เวลาให้เหมาะสมเพื่อให้แป้งสามารถละลายหรือพองตัวได้อย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอเท่ากันทุกครั้ง

ด้วยเหตุนี้การนำแป้งดิบมาดัดแปรจึงเป็นกลวิธีอย่างหนึ่งเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตรงตามความต้องการใช้งานและลดขั้นตอนการทำงานในกระบวนการเตรียมเภสัชภัณฑ์ การดัดแปรแป้งสามารถทำได้ทั้งการดัดแปรทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ เช่น การดัดแปร TS ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (สุภารัตน์ และคณะ, 2549) การดัดแปรแป้งข้าวโพดด้วยวิธีออกซิเดชัน (Nur and Purwiyatmo, 2010) การดัดแปร TS โดยเอนไซม์พุลูลาเนส (วชิราพรณ, 2543) แต่ละเทคนิคนอกจากมีกระบวนการที่แตกต่างกันแล้ว ยังให้แป้งดัดแปรที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันด้วย เทคนิควิธีที่มีความน่าสนใจในการดัดแปรแป้งเพื่อช่วยลดข้อจำกัดในการนำแป้งมาประยุกต์ใช้ได้แก่ การดัดแปรแป้งด้วยด่างในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์ เทคนิคนี้เป็นวิธีการดัดแปรทางกายภาพที่มีกระบวนการที่ค่อนข้างง่าย ใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่ซับซ้อน และสามารถขยายการผลิตได้ง่าย จากรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการใช้เทคนิควิธีนี้ในการเตรียมแป้งข้าวเหนียวดัดแปรเพื่อเป็นฟิล์มเคลือบเม็ดยา (จิราวุธ, 2553) และแป้งถั่วเขียวดัดแปรเพื่อใช้เตรียมแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาศอเนกประสงค์ (พิสิษฐพันธุ์, 2554) ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความสนใจในการนำ TS มาทำการดัดแปรเพื่อให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางเกษตรกรรมได้ เช่น คุณสมบัติการละลายในน้ำได้ที่อุณหภูมิห้อง เกิดการพองตัวได้เป็นของเหลวที่หนืด เป็นต้น โดยการดัดแปร TS ด้วยด่างในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์ (ATS) และศึกษาคุณสมบัติของ ATS สำหรับประยุกต์ใช้ในงานทางเกษตรกรรมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

### สารเคมี

แป้งมันสำปะหลัง (บริษัทอุตสาหกรรมแป้งไทยจำกัด, ประเทศไทย), 95% เอทานอล (กรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง ประเทศไทย), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Rankem®, India), กรดไฮโดรคลอริก (Lab-Scan, Ireland), ไดเบสิกโซเดียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟตแอนไฮไดรต์ (Ajax Finechem, Australia), กรดซิตริกโมโนไฮเดรต (Lab-Scan, Ireland)

### เครื่องมือ

เครื่องวัดประจุบนผิวอนุภาค (Model Nano Series ZS, Malvern, England), เครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว (Model RVA 4, Newport Scientific, Australia), เครื่องวัดความหนืด (Model DV-III, Brookfield® Engineering, Massachusetts, USA), กล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอน (Model JSM-5410LV, JEOL, Japan), เครื่องหาความเป็นผลึกของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (Model D8 Discover, Bruker AXS, Germany), เครื่องหาโครงสร้างของสาร (Spectrum One, Perkin Elmer, USA), เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (Model M 250, CORNING®, England), เครื่องชั่งน้ำหนัก (Model A120S, BP 3100S, Sartorius®, Germany) (Model AG135, Mettler Toledo, Switzerland), ตู้อบลมร้อน (Model LD0-080F, DAIHAN LABTECH®, Korea), เครื่องปั่นกวนสารละลาย (Model RW 20, IKA®, Janke & Kunkel, Germany), ตะแกรงร่อน (sieve) (ASTM Mesh no.100, Retsch®, W. Germany), เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (KUBOTA® Model 6200, Japan), เครื่องเขย่าสารละลาย (Labtech®, Korea)

**การดัดแปร ATS (ดัดแปลงจากวิธีของ Chen and Jane, 1994)**

กระจาย TS 200 กรัม ลงในแอลกอฮอล์ 40% v/v 1680 กรัม คนให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นสารละลาย เดิม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (3 โมลาร์) 600 กรัม เพื่อทำปฏิกิริยากับแป้งและผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นแยก supernatant ออก เดิมแอลกอฮอล์ (40% v/v) 1680 กรัม เพื่อกระจายตัวแป้งอีกครั้งและปรับความเป็นกรดด่าง โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก (3 โมลาร์) จากนั้นล้างแป้งที่ได้และนำไปอบ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดลดขนาดผ่านร่อนเบอร์ 100 จึงได้ ATS ในรูปแบบผง

### การศึกษาคุณสมบัติของ ATS

#### ลักษณะภายนอก

โดยการโปรยผงแป้งลงบนสไลด์แล้วเคลือบด้วยทอง นำไปตรวจด้วยกล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) เปรียบเทียบภาพถ่ายของ TS และ ATS

#### โครงสร้างผลึก

ศึกษาคุณสมบัติด้านความเป็นผลึกภายในของแป้งด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) โดยใช้รังสี copper (Cu) กำหนดสภาวะที่ 40 กิโลโวลต์ 40 มิลลิแอมป์ มุมตกกระทบของรังสี  $2\theta = 3-40$  องศา อัตราการสแกน 0.03 องศาต่อวินาที เปรียบเทียบความเป็นผลึกของ TS และ ATS

#### โครงสร้างและหมู่ฟังก์ชัน

โดยบดผสมตัวอย่างแป้งเข้ากับโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) นำไปอัดเป็นแผ่น disk ด้วยเครื่องอัดไฮโดรริก แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR เปรียบเทียบ spectrum ของ TS และ ATS

#### คุณสมบัติด้านประจุที่ผิว

โดยการเตรียมตัวอย่างแป้งความเข้มข้น 0.1 %w/v ในน้ำกลั่น เขย่าให้แป้งละลาย แล้วนำสารละลายแป้งเดิมลงในเซลล์ทดสอบ โถฟองอากาศออกให้หมด ปิดจุกเซลล์ทดสอบ แล้วนำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง Zetasizer (Zeta potential) เปรียบเทียบความเป็นประจุของ TS และ ATS จำนวนตัวอย่าง  $n = 3$

### คุณสมบัติความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ

โดยเตรียมตัวอย่างแป้งความเข้มข้น 1 %w/v ใน น้ำกลั่น ใส่ลงในกระบอก กำหนดสภาวะของเครื่องวัด ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer; RVA) ในการทดสอบ โดยใช้ใบพัดกวนแป้งที่หมุนด้วยความเร็ว ดังนี้ วินาทีที่ 0-10 หมุนด้วยความเร็ว 960 รอบต่อนาที หลังจากนั้นหมุนด้วยความเร็ว 160 รอบต่อนาที จนเสร็จสิ้นเวลาทดสอบ และกำหนดอุณหภูมิ ในการทดสอบดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น 50°C คงที่นาน 1 นาที

อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 50-95°C ในเวลา 3.8 นาที

อุณหภูมิที่ 95°C นาน 2.4 นาที

อุณหภูมิลดลงจาก 95-50°C ในเวลา 3.8 นาที

อุณหภูมิตสุดท้ายที่ 50°C คงที่นาน 2 นาที

รวมระยะเวลา 13 นาที

เปรียบเทียบกราฟคุณสมบัติของ TS และ ATS

### คุณสมบัติด้านการพองตัว

ศึกษาคุณสมบัติด้านการพองตัว (swelling capacity) ของแป้งในสารละลายตัวกลาง 3 ชนิด คือ น้ำกลั่น (DW) กรดไฮโดรคลอริก (0.1 โมลาร์) (0.1 M HCl) และฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.8 (pH 6.8 PB) โดยชั่งตัวอย่างแป้ง 2 กรัม ใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร อ่านค่าปริมาตรเริ่มต้น ( $V_0$ ) เติมสารละลาย ตัวกลางปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อ่านค่าปริมาตรที่แป้งพองตัว (V) เปรียบเทียบ คุณสมบัติด้านการพองตัวของ TS และ ATS จำนวน ตัวอย่าง  $n = 3$  คำนวณความสามารถในการพองตัว จากสูตร

$$\text{Swelling capacity} = V / V_0$$

### ความสามารถในการละลาย

ศึกษาคุณสมบัติด้านการละลาย (solubility) ของ แป้งในสารละลายตัวกลาง 3 ชนิด คือ DW, 0.1 M HCl, และ pH 6.8 PB โดยเตรียมสารละลายแป้งความเข้มข้น 1 %w/w จำนวน 25 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารละลายความเร็ว 130 รอบต่อนาที นาน 30 นาที และนำไปปั่นแยกตะกอนด้วย

เครื่อง centrifuge ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที นำส่วนใส่น้ำหนักแห้ง 10 กรัม ใส่ลงใน petri-dish plate นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งรอบ ได้ค่าน้ำหนักแป้งที่ละลายได้ (W) เปรียบเทียบคุณสมบัติ ด้านการละลายของ TS และ ATS จำนวนตัวอย่าง  $n = 3$  คำนวณความสามารถในการละลายของแป้งคิดเป็น เปอร์เซ็นต์จากสูตร

$$\% \text{solubility} = 10 \times W \times 100$$

### ความหนืดของสารละลายแป้ง

ศึกษาคุณสมบัติความหนืดของแป้งในสารละลาย ตัวกลาง 3 ชนิด คือ DW, 0.1 M HCl และ pH 6.8 PB โดยเตรียมสารละลายแป้งความเข้มข้น 5 %w/w แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Brookfield® Rheometer โดยวัด ความหนืดที่อัตราการเฉือน (shear rate) คงที่ ที่ อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบความหนืดของ TS และ ATS จำนวนตัวอย่าง  $n = 3$

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) หา ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

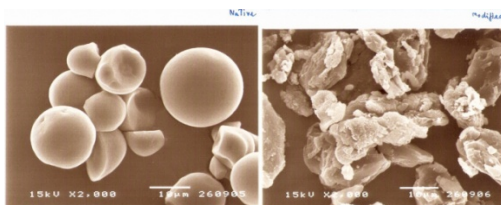
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เทคนิควิธีการดัดแปรแป้งด้วยด่างในสภาวะ ที่มีแอลกอฮอล์ เป็นเทคนิคที่ทำให้แป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยใช้ด่างและแอลกอฮอล์ ทำหน้าที่ดัดแปรแป้ง และปรับสภาพความเป็นกรดด่าง ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ปัจจัยในด้านปริมาณ แอลกอฮอล์และด่าง รวมทั้งกรดที่ใช้จำเป็นต้องมีการศึกษา เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่จะเตรียม แป้งดัดแปรให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ และสภาวะที่เหมาะสมที่ศึกษาวิจัยครั้งนี้คือการใช้ แอลกอฮอล์ (40 %v/v) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (3 โมลาร์) และไฮโดรคลอริก (3 โมลาร์) ได้ผลิตภัณฑ์แป้งที่สามารถละลาย

น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นของเหลวที่มีความหนืด และมีคุณสมบัติอื่นๆที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆทางเภสัชกรรม

### ลักษณะภายนอกของแป้ง

จากการศึกษาลักษณะภายนอกของแป้งด้วยกล้อง SEM พบว่า TS มีลักษณะรูปร่างเป็นเม็ดกลมมีรอยบุ๋ม (รูปที่ 1) ขนาดประมาณ 7-20 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Loksuan, (2007) ที่พบว่า TS มีขนาดประมาณ 2-18 ไมครอน แต่ ATS ไม่พบลักษณะของเม็ดแป้ง เนื่องจากกระบวนการตัดแปรแป้งทำให้เกิดการทำลายความเป็นผลึกของเม็ดแป้ง และโมเลกุลภายในเม็ดแป้งเกิดการผลึกกัน เม็ดแป้งจึงแตกตัวออก (Chen and Jane, 1994b) โดยคล้ายคลึงกับผลการศึกษาของพิสิฐพันธุ์ (2554); ชี-ราวุธ (2553) และ Chen and Jane (1994a) ซึ่งไม่พบลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อทำการตัดแปรแป้งด้วยเทคนิคนี้



ก

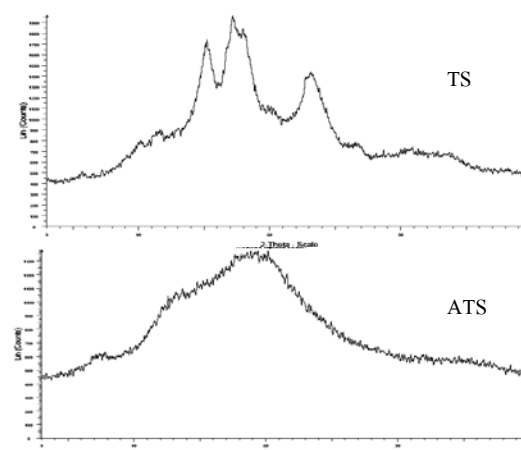
ข

รูปที่ 1 ลักษณะ TS (ก) และ ATS (ข) กำลังขยาย 2000 เท่า โดยเทคนิค SEM

### โครงสร้างผลึกของแป้ง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความเป็นผลึกภายในของแป้งด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) (รูปที่ 2) พบว่า โครงสร้างความเป็นผลึก (crystallinity) ของ TS มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แบบ A โดยมีพีคเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง 15.1 องศา 2θ และ 23.1 องศา 2θ และมีลักษณะของพีคซ้อนกันที่ตำแหน่ง 17.18 องศา 2θ และ 17.96 องศา 2θ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีของแป้งข้าว แป้งข้าวเหนียว และแป้งถั่วเขียว ของ Iturriaga et al. (2004); ชีราวุธ (2553) และพิสิฐพันธุ์ (2554)

ตามลำดับ แต่ ATS มีลักษณะเป็นอสัณฐานโดยมีรูปแบบเลี้ยวเบนรังสีแบบ V ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ waxy maize starch ที่ผ่านการตัดแปรด้วยเทคนิคเดียวกัน (Chen and Jane: 1994a,1994b)



รูปที่ 2 รูปแบบเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ TS และ ATS

### ด้านโครงสร้างของแป้ง

จากการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของ ATS และ TS โดยเทคนิค FT-IR ผลการศึกษาแสดงเป็นสเปกตรัมดังรูปที่ 3 พบว่าแป้งทั้ง 2 ชนิดนี้ มีพีคหมู่ OH ที่ตำแหน่ง  $3396.09\text{ cm}^{-1}$  และ  $3421.75\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งอยู่ในช่วง  $3700-2500\text{ cm}^{-1}$  และ พีคหมู่ CH stretching ที่ตำแหน่ง  $2931.84\text{ cm}^{-1}$  และ  $2928.54\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างทั่วไปของกลูโคสที่มีสูตรโครงสร้างเป็น  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$  และพบพีคที่ตำแหน่ง  $1456.92$  และ  $1421.81$  ของ TS ซึ่งแสดงหมู่ C-C แต่ไม่พบใน ATS อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการยึดหรือหักงอของโครงสร้างภายในเม็ดแป้งไป

### คุณสมบัติด้านประจุที่ผิวของแป้ง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านประจุของแป้ง พบว่าการตัดแปรแป้งทั้งสองชนิดทำให้คุณสมบัติด้านประจุเปลี่ยนแปลงไป โดย TS และ ATS มีความเป็นประจุลบ เท่ากับ  $-56.60 \pm 1.97\text{ mV}$  และ  $-4.87 \pm 0.23\text{ mV}$  ตามลำดับ เนื่องจากโครงสร้างภายในของแป้งถูก

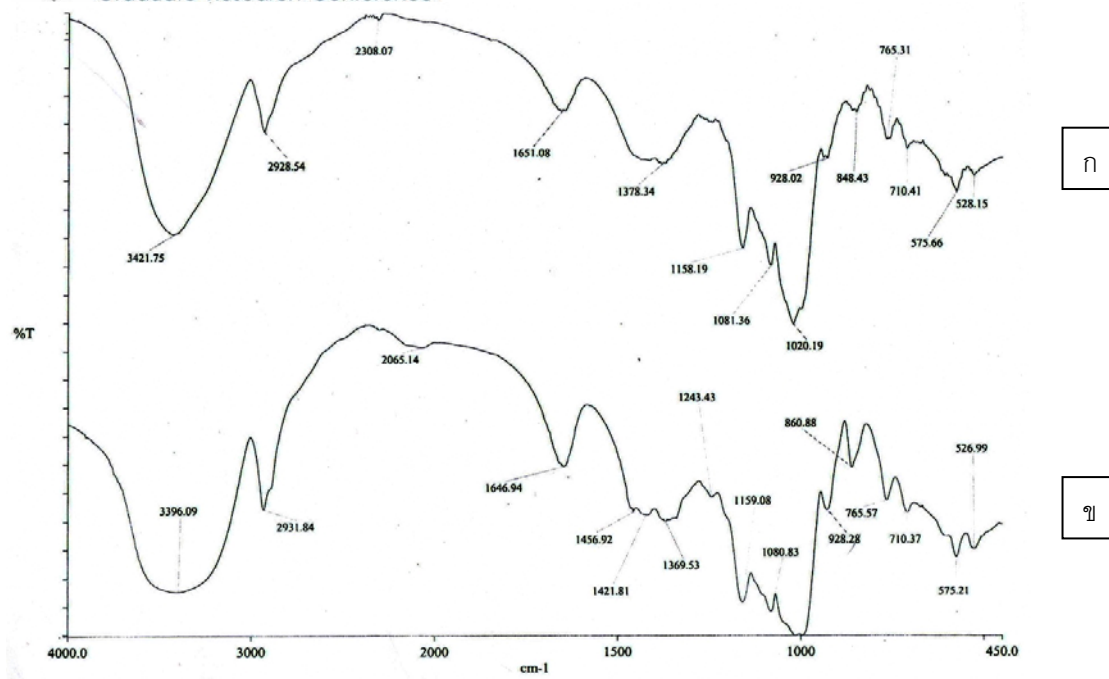
ทำลาย จึงทำให้ประจุที่ผิวเป็นลบน้อยลง ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของชิราวุธ (2553)

### คุณสมบัติความหนืดของแป้งมันสำปะหลังตัดแปรที่อุณหภูมิต่างๆ

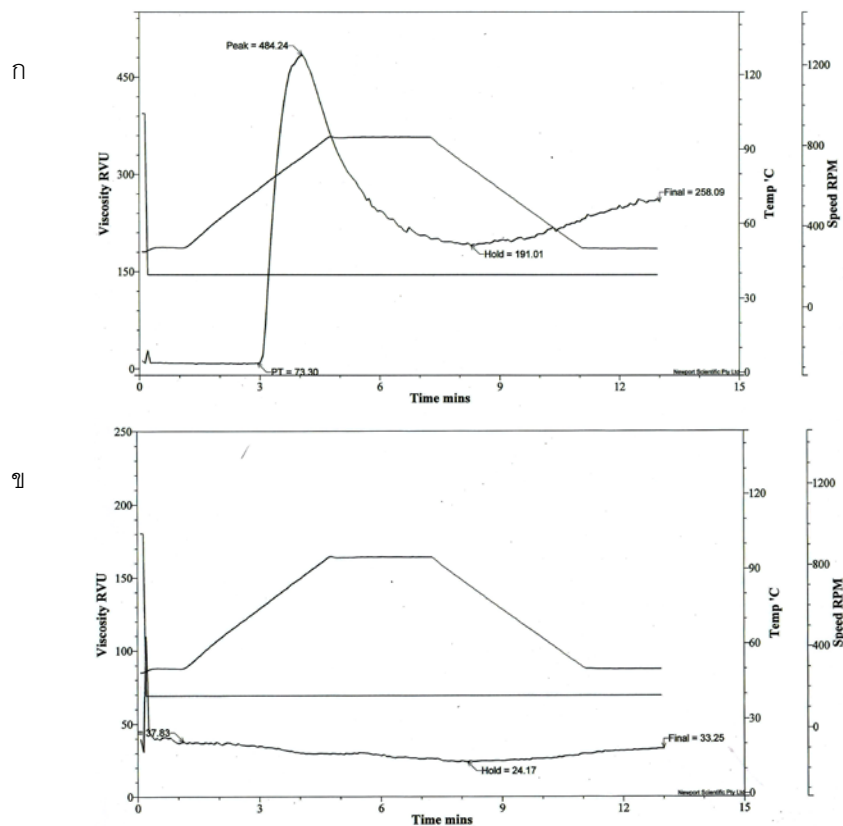
จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดของสารละลายแป้งที่อุณหภูมิต่างๆ (รูปที่ 4) พบว่า TS มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่เกิดความหนืด (pasting temperature) เท่ากับ 73.30 องศาเซลเซียส ความหนืดสูงสุดเท่ากับ 484.24 RVU และมีความหนืดสุดท้ายเท่ากับ 258.09 RVU โดยเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นแป้งมีการพองตัว และมีความหนืดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่พองตัวและมีความหนืดมากที่สุด สำหรับ ATS พบว่าแป้งมีการพองตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ในทันที จึงไม่สามารถหาค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆได้ จากคุณสมบัตินี้ทำให้ ATS สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรมได้โดยไม่ต้องมีกระบวนการเตรียมที่ยุ่งยาก

### คุณสมบัติด้านการพองตัวของแป้ง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านการพองตัวของแป้งพบว่า TS ไม่ละลายน้ำและไม่เกิดการพองตัว (ความสามารถในการพองตัวเท่ากับศูนย์) สำหรับ ATS มีการพองตัวที่อุณหภูมิต่ำได้ในทันที ได้เป็นของเหลวที่มีลักษณะใสและไม่สามารถหาค่าการพองตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลด้านคุณสมบัติความหนืดของ ATS ที่อุณหภูมิต่างๆ (RVA) ที่กล่าวมาแล้ว จากลักษณะของเหลวใสที่ได้นี้มีความคล้ายคลึงกับลักษณะของ hydroxypropyl methylcellulose ที่ใช้เป็นสารก่อฟิล์มในการเคลือบเม็ดยา และคล้ายคลึงกับลักษณะของ polyvinyl pyrrolidone ที่ใช้เป็นสารยึดเกาะในการเตรียมยาเม็ดโดยวิธีแกรนูลเปียก ดังนั้น ATS จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม



รูปที่ 3 สเปกตรัม FT-IR ของเป้งมันสำปะหลังดัดแปร (ก) เปรียบเทียบกับเป้งมันสำปะหลังก่อนดัดแปร (ข)



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลคุณสมบัติความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆของเป้งมันสำปะหลังก่อนการดัดแปร (ก) และหลังดัดแปร (ข)

### คุณสมบัติด้านการละลายของแป้ง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านการละลายของแป้ง (ตารางที่ 1) พบว่า TS มีการละลายน้ำน้อยมากจึงไม่สามารถประเมินได้ ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ พิสิฐพันธุ์ (2554) และชิราวุธ (2553) ที่ศึกษาความสามารถในการละลายของแป้งถั่วเขียวและแป้งข้าวเหนียว ตามลำดับ และ ATS มีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ขึ้นอยู่กับการจับและสร้างพันธะของตัวทำละลายกับโมเลกุลแป้ง

ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายและความหนืดของ TS และ ATS

| ชนิดของแป้ง | ชนิดของตัวกลาง | การละลาย (%) | ค่าความหนืด (cps) |
|-------------|----------------|--------------|-------------------|
| ATS         | น้ำ            | 35.0±1.0     | 247±5.7016        |
|             | 0.1 M HCl      | 24.0±2.7     | 66.96±6.0884      |
|             | pH 6.8 PB      | 33.3±1.2     | 206.31±21.078     |
| TS          | น้ำ            | N/A          | N/A               |
|             | 0.1 M HCl      | N/A          | N/A               |
|             | pH 6.8 PB      | N/A          | N/A               |

N/A : not applicable

### ความหนืดของสารละลายแป้ง

จากการศึกษาความหนืดของแป้ง (ตารางที่ 1) พบว่า TS มีการละลายน้ำน้อยมากจึงไม่สามารถประเมินความหนืดได้ ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ พิสิฐพันธุ์ (2554) และชิราวุธ (2553) ที่ศึกษาคุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งถั่วเขียวและแป้งข้าวเหนียว ตามลำดับ สำหรับ ATS มีความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กัชนิดของตัวทำละลาย เพราะการละลายของแป้งในตัวทำละลายแต่ละชนิดมีการจับและเรียงตัวระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์กับตัวทำละลายแตกต่างกันจึงมีผลให้ความหนืดต่างกัน นอกจากนี้สารละลายของ ATS ในน้ำมีความหนืดใกล้เคียงกับสารละลาย

แป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้ในการเคลือบกระดาษ (พิสิฐพันธุ์, 2554) จากคุณสมบัตินี้ทำให้ ATS มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อใช้เป็นสารก่อฟิล์มสำหรับเคลือบเม็ดยา

จากการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำสารละลายของ ATS ในน้ำมาเทใส่ถาดขึ้นรูปและนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ แต่แผ่นฟิล์มที่ได้มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมจาก hydroxypropyl methylcellulose ซึ่งใช้เป็นสารก่อฟิล์มในการเคลือบเม็ดยา แต่อย่างไรก็ตามน่าจะมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อใช้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

### สรุปผลการวิจัย

TS เป็นพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เมื่อนำมาดัดแปรด้วยด่างในสภาวะที่มีแอลกอฮอล์แล้ว ทำให้คุณสมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงไป โดย ATS สามารถพองตัวและละลายใน DW, 0.1 M HCl และ pH 6.8 PB ที่อุณหภูมิห้อง และสารละลายแป้งมีลักษณะใสและมีความหนืด ซึ่งความสามารถละลายและความหนืดของสารละลายขึ้นอยู่กัชนิดของตัวทำละลาย นอกจากนี้สารละลายของ ATS ในน้ำมีความหนืดใกล้เคียงกับสารละลายแป้งถั่วเขียวดัดแปรที่ใช้เป็นสารก่อฟิล์ม จึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติด้านอื่นๆ ของ ATS เพื่อนำมาประกอบการพัฒนาเป็นสารช่วยทางเภสัชกรรม ซึ่งจะได้ทำการวิจัยต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ในโครงการทุนวิจัยสำหรับคณาจารย์บัณฑิตศึกษาเพื่อให้นักศึกษาที่มีความสามารถและศักยภาพสูงเข้าศึกษาในหลักสูตรและทำวิจัยในสาขาที่อาจารย์มีความเชี่ยวชาญประจำปีการศึกษา 2554 ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำ  
วิทยานิพนธ์

### เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. การ  
สังเคราะห์และองค์ประกอบของแป้ง. ใน  
กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอม  
ขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 4  
กรุงเทพ 2550.

จิราวุธ ปทุมชนทรัพย์. ผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นผิว  
ต่อฟิล์มแป้งข้าวเหนียวดัดแปรด้วยด่างใน  
แอลกอฮอล์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิต สาขาเภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์  
ธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น: 2553

นภาพร อธิโชคอุดมชัย. การผลิต การศึกษาคุณสมบัติ  
และการใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลังดัด  
แปรด้วยกรด (บทคัดย่อ). ในวิทยานิพนธ์  
สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยมหิดล:  
2002.

พิสิฐพันธุ์ กาญจนเดชะ. ผลของสารเพิ่มความ  
ยืดหยุ่นต่อฟิล์มจากแป้งถั่วเขียวดัดแปรด้วย  
ด่างในแอลกอฮอล์. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชา  
วิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ บัณฑิต  
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น: 2554

วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์. การดัดแปรแป้งมัน  
สำปะหลังโดยใช้เอนไซม์พอลูลูนาเนสเพื่อใช้  
ในการทำแผ่นฟิล์ม. วิทยานิพนธ์ หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา  
เทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์: 2543.

เสาวนิตย์ ดาวรัตน์ชัย,อรรณ จันท. การพัฒนา  
ตำรับไวตามินซีจากสมุนไพร (บทคัดย่อ).  
ในวิทยานิพนธ์การพัฒนารับไวตามินซี  
จากสมุนไพร, มหาวิทยาลัยมหิดล: 2544)

สุภารัตน์ จีระชัยมงคล และคณะ. การดัดแปรสตาร์ชมัน  
สำปะหลังด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและ  
สมบัติของฟิล์มเอสเทอร์จากสตาร์ชมัน  
สำปะหลัง. ใน: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ  
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44  
สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขา  
เศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; สำนักงาน  
คณะกรรมการอุดมศึกษา;  
กระทรวงศึกษาธิการ; กระทรวงเกษตรและ  
สหกรณ์; กระทรวงวิทยาศาสตร์และ  
เทคโนโลยี; กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ  
สิ่งแวดล้อม; กระทรวงเทคโนโลยี  
สารสนเทศและการสื่อสาร; สำนักงาน  
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; สำนักงาน  
กองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2549. หน้า 19-  
25.

Builders PF, Ogwuche P, Isimi Y and Kunle OO.  
Some critical effects of starch gel on the  
granule and tablet properties of a potent  
herbal extract AM-1. **Afr. J. Pharm.  
Pharmacol** 2011; 5(13): 1603-1611

Chen J, Jane J. Preparation of granular cold-water-  
soluble starches by alcoholic-alkaline  
treatments. **Cereal Chem** 1994a; 71 (6):  
618-622.

Chen J, Jane J. Properties of granular cold-water-  
soluble starches prepared by alcoholic-  
alkaline treatments. **Cereal Chem** 1994b;  
71 (6): 623-626.

- Iturriaga, et al. Thermal and physicochemical characterization of seven argentine rice flours and starches. **Food Res. Int.** **2004**; 37: 439–447.
- Loksuwan J. Characteristics of microencapsulated  $\beta$ -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. **Food Hydrocolloid** 2007; 21: 928-935.
- Nur A and Purwiyatno H. Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification. **Int. Food Res. J.** 2010; 17: 961-968.
- Wurzburg OB. Introduction. In Wurzburg OB, editor, *Modified starches: Properties and Uses*. CRC Press. Florida; 1986: 3-16.