

บทที่ 4

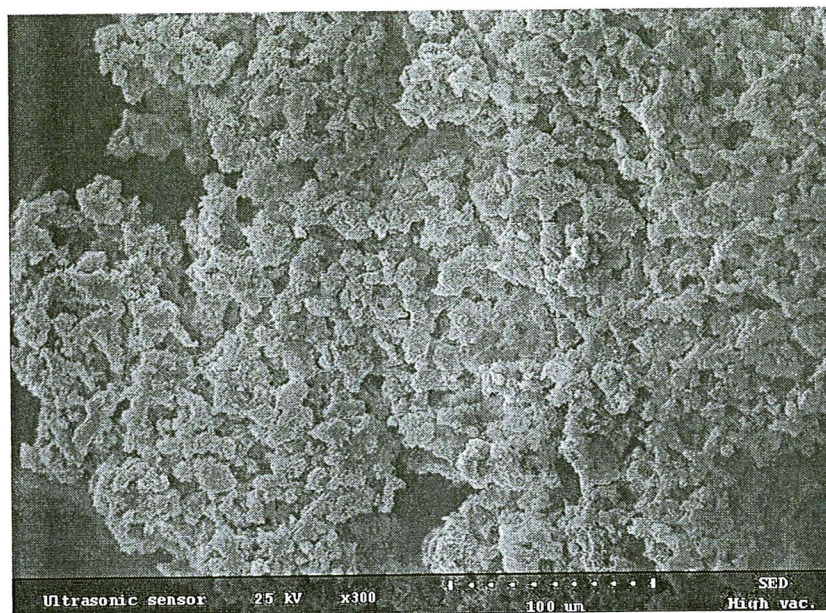
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้นในการเตรียมเส้นใยนาโนโดยวิธีอิเล็กโตรสปินนิง

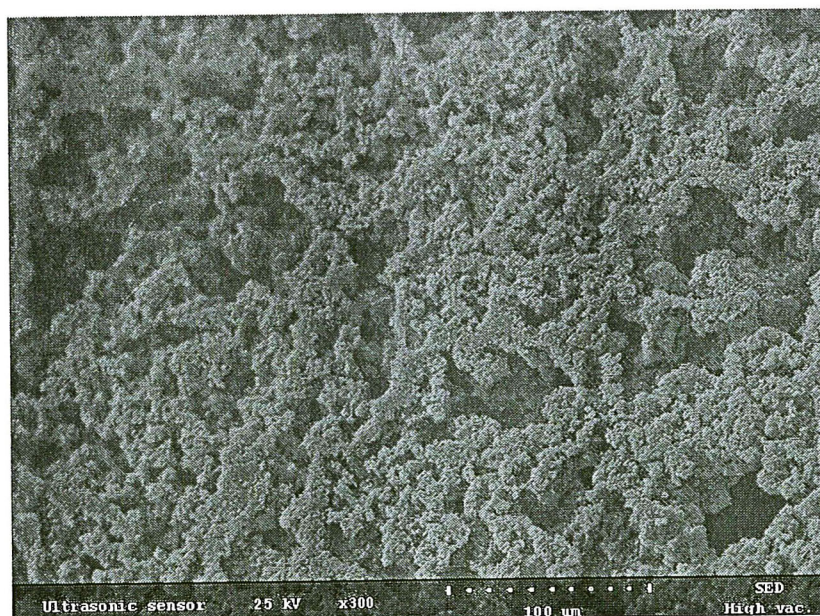
4.1.1 ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด

จากการศึกษาในเบื้องต้นเพื่อเตรียมให้ได้เส้นใยจากพอลิเมอร์โดยเน้นแบงมันสำปะหลังเป็นหลัก หรือทดลองผสมกับพอลิเมอร์ที่นิยมใช้ในทางเภสัชกรรมเช่น ไคโตซานและพอลิเอทิลีนออกไซด์ผสมรวมด้วย โดยเริ่มต้นจากการเตรียมเป็นแบงเปียกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, และ 20 โดยน้ำหนัก และเตรียมที่อุณหภูมิ 60, 70, 80, และ 90 °C ตามลำดับ ใช้เวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงที่มีอุปกรณ์ตามปกติที่ยังไม่มีการดัดแปรเพิ่มเติมนั้น พบว่าจากการเตรียมแบงเปียกที่อุณหภูมิ 60 °C และ 70 °C ขณะที่แบงเปียกยังร้อนอยู่จะมีลักษณะใสแต่เมื่อเย็นตัวลงพบว่ามีอาการจับตัวกันเกิดขึ้น ส่วนแบงเปียกที่อุณหภูมิ 80 °C และ 90 °C ในขณะที่ยังร้อนอยู่ก็มีลักษณะค่อนข้างใสเช่นเดียวกันแต่เมื่ออุณหภูมิลดลงพบว่าจะเปลี่ยนเป็นลักษณะทึบสีขาว หลังจากที่ได้มีการเตรียมตัวอย่างต่างๆ โดยใช้ด้วยเทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง พบว่า แบงเปียกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 ไม่สามารถที่จะทำการเตรียมเส้นใยได้เนื่องจากสารละลายไม่แห้ง ส่วนแบงเปียกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ก็ไม่สามารถทำการเตรียมเส้นใยได้เช่นกันเนื่องจากมีความเข้มข้นมากเกินไปทำให้เกิดการอุดตันที่บริเวณเข็มจึงไม่สามารถทำให้ไหลออกมาได้ ส่วนที่มีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 15 สามารถที่จะเตรียมตัวอย่างได้ แต่จากการศึกษาลักษณะของโครงสร้างทางจุลภาคพบว่าไม่สามารถขึ้นรูปเป็นเส้นใยได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 - 4.2

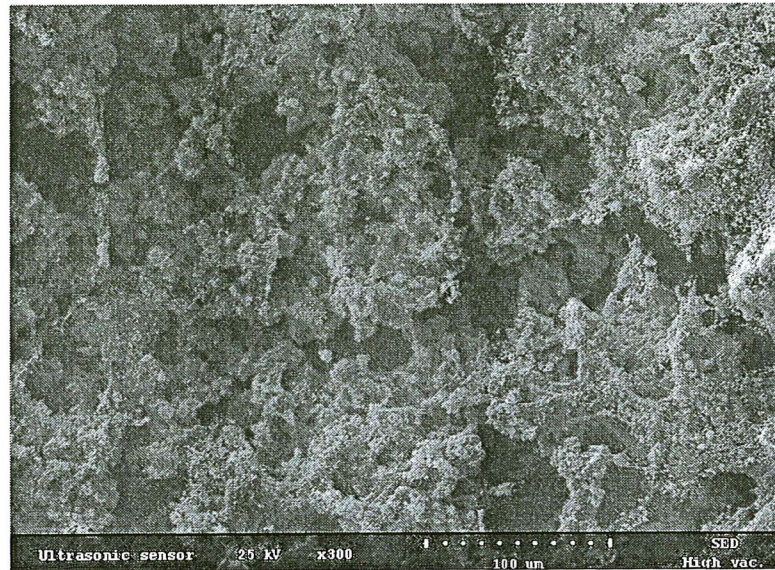
ในรูปที่ 4.3-4.5 แสดงลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของสารตัวอย่างที่ได้จากการฉีดสารละลายแบงที่ผสมกับสารละลายไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงเพื่อให้ได้เส้นใย ซึ่งจากลักษณะของโครงสร้างทางจุลภาคพบว่าในสารละลายที่มีปริมาณของแบงน้อยจะมีเส้นใยที่คาดว่าจะเส้นใยของไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ ปนอยู่กับอนุภาคของแบงดังแสดงในรูปที่ 4.3 แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณของแบงขึ้นจะพบว่าไม่มีเส้นใยเกิดขึ้นเลย ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และ 4.5



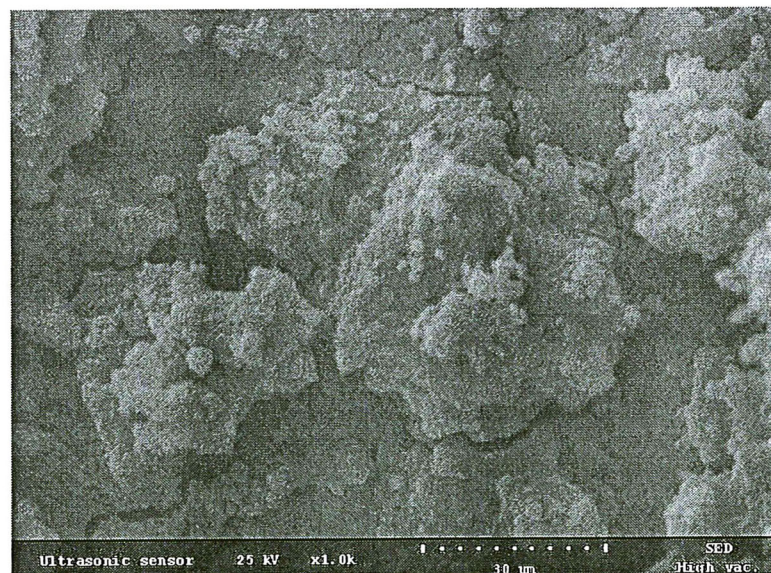
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของแป้งที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 และเตรียมที่ 80°C



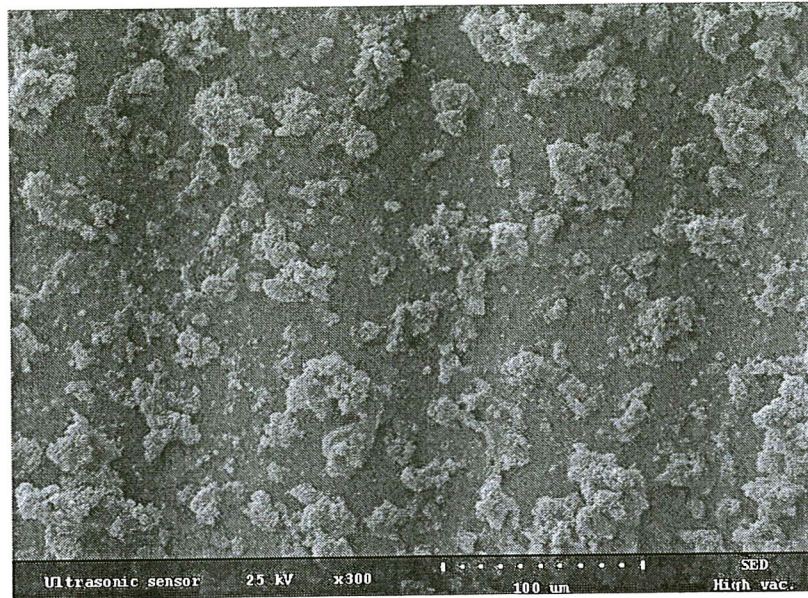
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของแป้งที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 และเตรียมที่ 90°C



รูปที่ 4.3 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากสารละลาย
 แป้งผสมกับสารละลายไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ที่อัตราส่วน 2:1



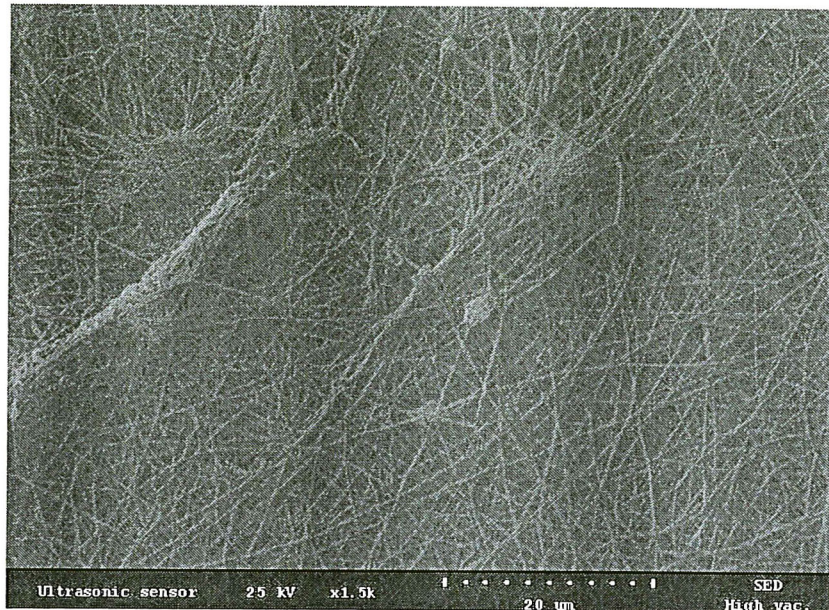
รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากสารละลาย
 แป้งผสมกับสารละลายไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ที่อัตราส่วน 3:1



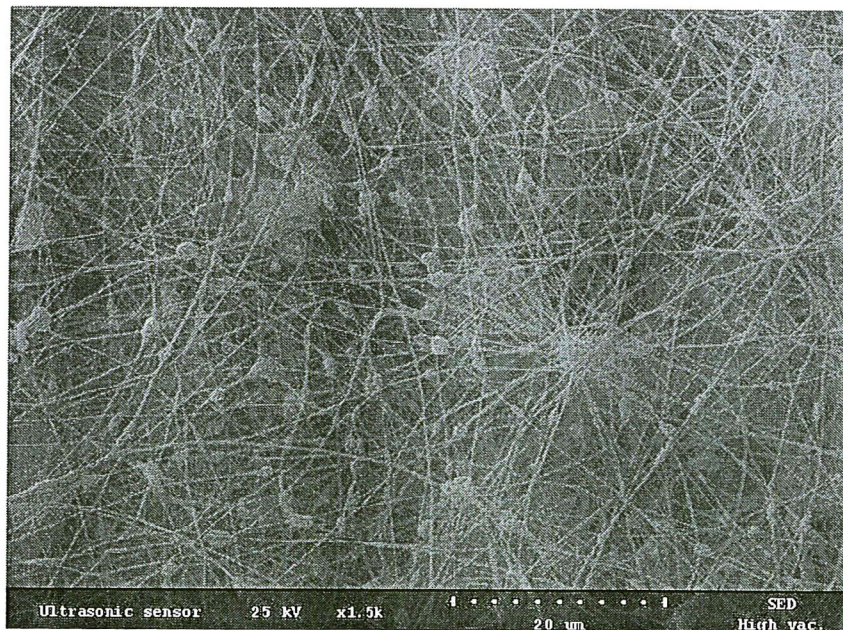
รูปที่ 4.5 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจากสารละลาย
 แป้งผสมกับสารละลายไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ที่อัตราส่วน 4:1

สำหรับผลของการเตรียมตัวอย่างจากสารละลายที่มีแป้งผสมอยู่กับ PVA จะพบว่าอนุภาคของแป้งจับกันเป็นก้อนอยู่บนเส้นใยของ PVA และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณของแป้งมากขึ้นจำนวนของอนุภาคบนเส้นใยก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้เกิดเป็นเส้นใยของแป้งที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกับ PVA ได้ ส่วนสารละลายที่ใส่แป้ง 2.0 กรัมไม่สามารถเตรียมตัวอย่างได้เนื่องจากเกิดการอุดตันของเข็ม

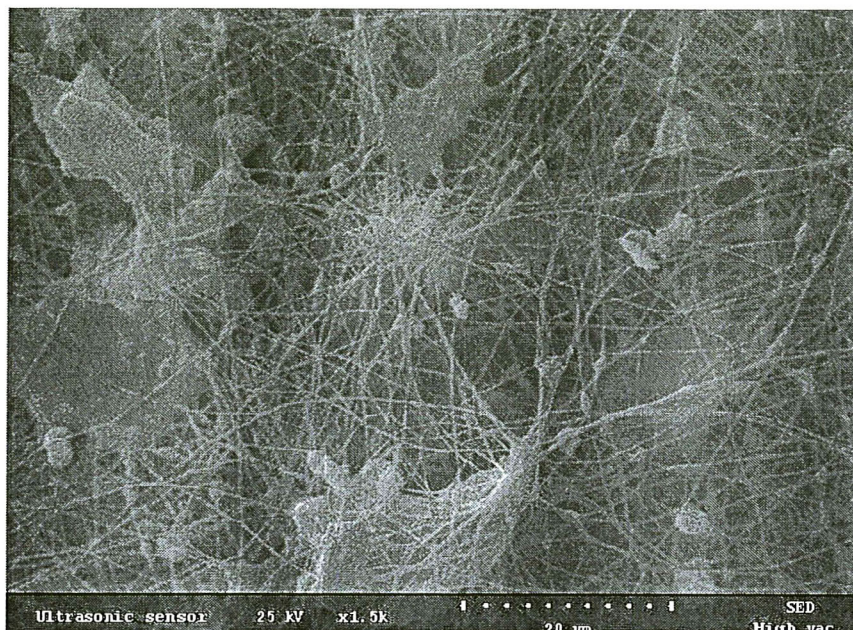
โดยสรุปจากผลการทดลองในเบื้องต้นพบว่าในการเตรียมเส้นใยจากแป้งเปียกเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะขึ้นรูปให้เป็นเส้นใยได้โดยใช้เทคนิคของอิเล็กโตรสปินนิงที่ใช้กันทั่วไป ตัวอย่างหลังการฉีดจะเป็นเม็ดของอนุภาคแป้งเกาะกันเป็นกลุ่มๆ จึงได้ทดลองผสมกับพอลิเมอร์อื่นๆ ที่มีการใช้กันทางเภสัชกรรม โดยเมื่อนำแป้งเปียกมาผสมกับสารละลายไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ พบว่าแป้งก็ไม่สามารถเกิดเป็นเส้นใยได้ สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณแป้งน้อย จะเกิดเส้นใยของไคโตซาน-พอลิเอทิลีนออกไซด์ ปนอยู่กับอนุภาคของแป้งที่เกาะกลุ่มกันกระจายอยู่ตามเส้นใย เมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งขึ้นพบว่าไม่มีเส้นใยเกิดขึ้น จากนั้นจึงได้ทดลองโดยการนำแป้งมาผสมกับ PVA แล้วทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อให้ได้เส้นใยพบว่าแป้งแยกตัวเป็นเม็ดอนุภาคเกาะอยู่บนเส้นใยของ PVA ดังแสดงในรูปที่ 4.6 - 4.8



รูปที่ 4.6 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเส้นใย PVA ผสมแป้งที่ 0.5 กรัม



รูปที่ 4.7 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเส้นใย PVA ผสมแป้งที่ 1.0 กรัม



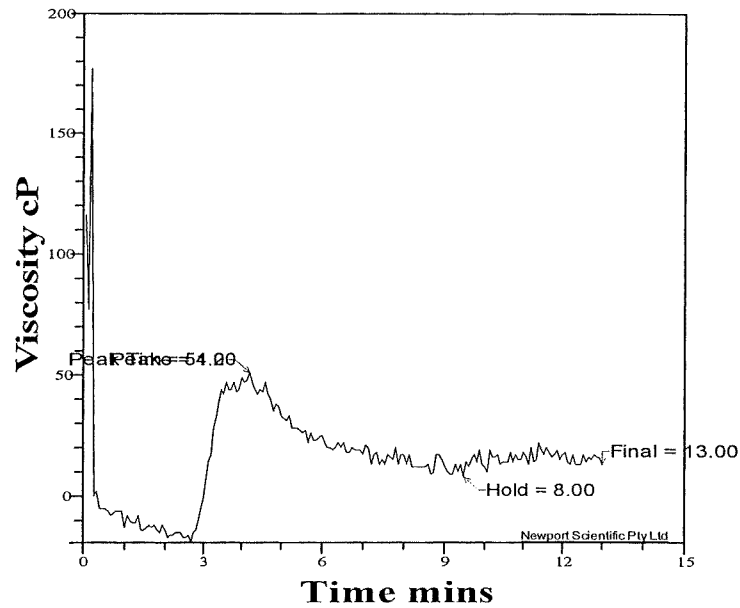
รูปที่ 4.8 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเส้นใย PVA ผสมแป้งที่ 1.5 กรัม

ดังนั้นจากผลการศึกษาในเบื้องต้นที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการเตรียมตัวอย่างจากตัวอย่างแป้งเปียกที่มีความเข้มข้นสูงหรือเตรียมร่วมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น รวมทั้งวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อที่จะเตรียมเส้นใยโดยถ้าเป็นไปได้ให้เตรียมให้ได้จากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว จึงได้มีการปรับลดความเข้มข้นของแป้งเปียกลงโดยใช้ในความเข้มข้นร้อยละ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 โดยน้ำหนัก และมีการปรับเสริมอุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบของอิเล็กโตรสปินนิงโดยมีการเพิ่มอ่างบรรจุแอลกอฮอล์ที่บรรจุแอลกอฮอล์อุณหภูมิ -20°C เพื่อช่วยให้เส้นใยที่ถูกปั่นเหวี่ยงออกมาแห้งตัวได้เร็วขึ้น และนำตัวอย่างไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ต่อไป

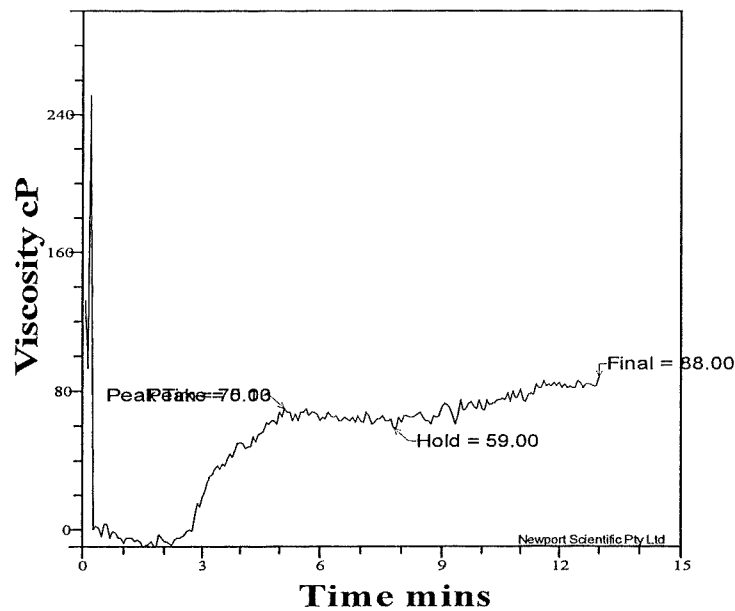
4.2 คุณสมบัติความหนืดของแป้งเปียก (Pasting properties)

จากการศึกษาเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติการเป็นแป้งเปียกโดยอาศัยเครื่อง rapid visco-analyser (RVA) เพื่อดูการตอบสนองของแป้งมันสำปะหลังที่แขวนตัวในน้ำ (Tapioca starch suspension) รวมทั้งแป้งเส้นใยมันสำปะหลังที่แขวนตัวในน้ำ (Tapioca starch fibers) ต่อย่างจการให้ความร้อนที่ให้แก่การปล่อยให้เย็นด้วยการวัดความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไป ผลที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.9 – 4.13 ซึ่งเป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความหนืดของแป้งเปียกเมื่อเวลาผ่านไปตามโปรแกรมวงจรความร้อน

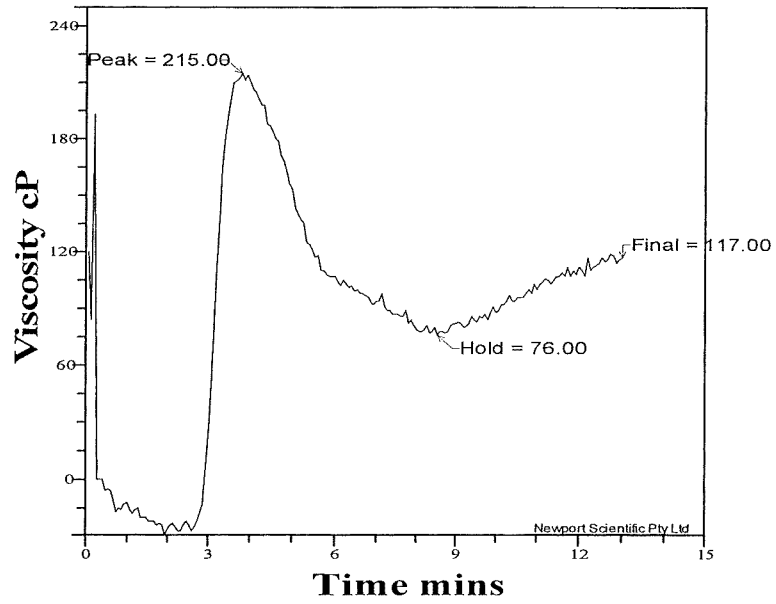
ของเครื่องวัดที่ให้ต่อตัวอย่างที่ใช้วัด ซึ่งจากข้อมูลทำให้ทราบและสามารถเปรียบเทียบถึงพฤติกรรมของตัวอย่างแป้งและแป้งเส้นใยที่แขวนตัวในน้ำที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันในความเข้มข้นร้อยละ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 และ 5 โดยน้ำหนัก โดยสรุปเป็นข้อมูลรวมของตัวอย่างทุกตัวอย่างในตารางที่ 4.1



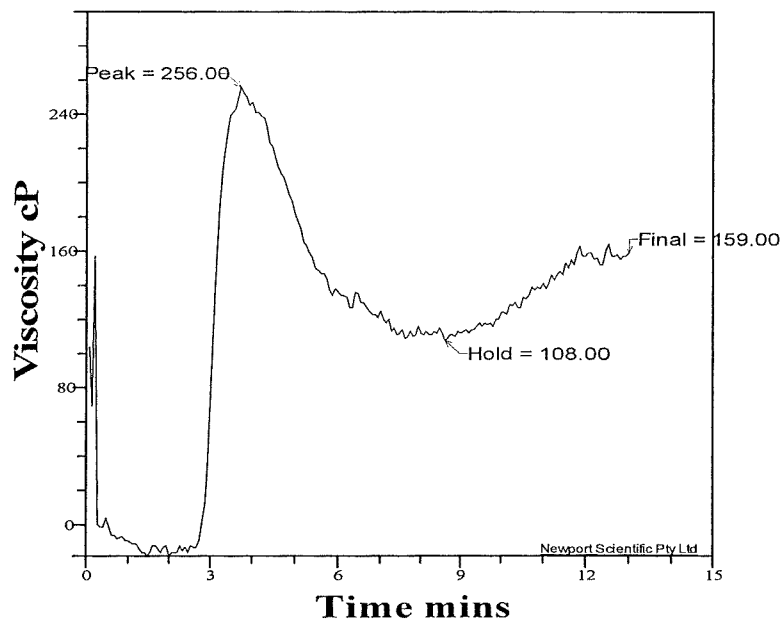
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนัก



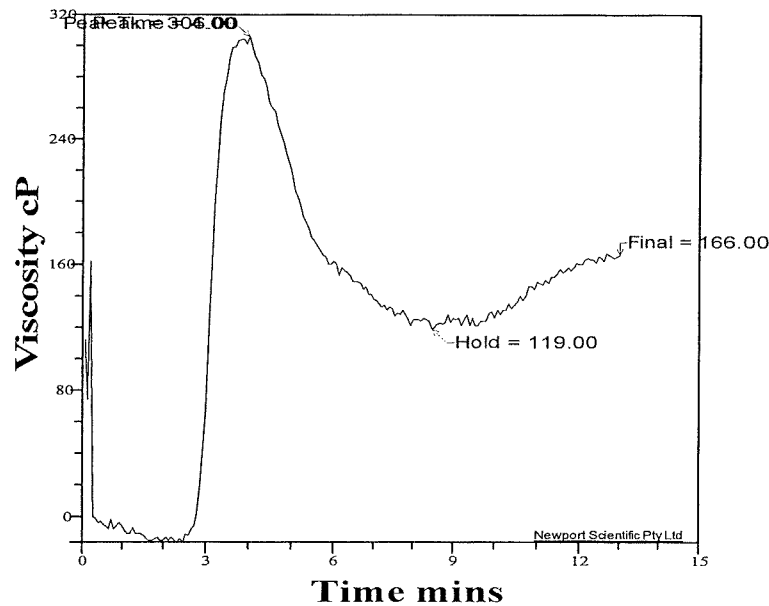
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 4.5 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5.0 โดย น้ำหนัก

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิในการทำให้เกิดเป็นเจลแป้งเปียกจะอยู่ประมาณที่อุณหภูมิ 72°C ซึ่งไม่แตกต่างกันในตัวอย่างแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 – 5 สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นที่น้อยกว่านี้จะไม่ปรากฏข้อมูลของอุณหภูมิการเกิดเจล ซึ่งสอดคล้องกับความหนืดที่เพิ่มขึ้น ณ อุณหภูมิที่จุดนี้ ซึ่งความหนืดจะมีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นของแป้งที่ใช้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้มข้นของตัวอย่างที่ต่ำหรือการที่มีปริมาณเนื้อแป้งที่น้อยเกินไป ทางด้าน parameter ตัวอื่นๆ ที่ได้จากการทดลองก็มีความสอดคล้องไปในทางเดียวกันไม่ว่า peak viscosity, trough, breakdown, final viscosity, setback, peak time และ pasting temperature ดังนั้นในการเตรียมตัวอย่างแป้งโดยใช้อุณหภูมิที่ 80°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของการเกิดเป็นเจลทำให้มั่นใจได้และยืนยันได้ว่าแกรนูลแป้งเกิดการแตกตัวออกได้หมดรวมทั้งการใช้เวลานานในการเตรียมก็เป็นการเสริมให้แกรนูลแป้งมีการแตกออกได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้นไป ซึ่งสามารถที่จะทำให้สายพอลิเมอร์ของทั้งอะมิโลสและอะมิโลเพคตินแยกตัวออกมาได้อย่างอิสระ ความหนืดสูงสุดพบได้ภายในเวลาไม่เกิน 5 นาทีในทุกตัวอย่างที่ทำการทดสอบ แป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 – 5 หลังจากที่มีการปล่อยให้เย็นลงในระบบที่มีการศึกษาการเพิ่มขึ้นของความหนืดใน scale ที่ใกล้เคียงกัน

ในระดับประมาณ 50 centipoise สำหรับในช่วงที่คงไว้ของอุณหภูมิความหนืดของตัวอย่าง (trough) มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับตามความเข้มข้นของตัวอย่างที่สูงขึ้น

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติการเป็นแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลัง

ตัวอย่างแป้ง/parameters	3.0 %	3.5 %	4.0 %	4.5 %	5.0%
Peak viscosity (centipoise)	51	70	215	256	306
Trough (centipoise)	8	59	76	108	119
Breakdown (centipoise)	43	11	139	148	187
Final viscosity (centipoise)	13	88	117	159	166
Set back (centipoise)	5	29	41	51	47
Peak time (minute)	4.2	5.13	3.8	3.73	4
Pasting temperature (° C)	-	-	72.6	72.7	71.9

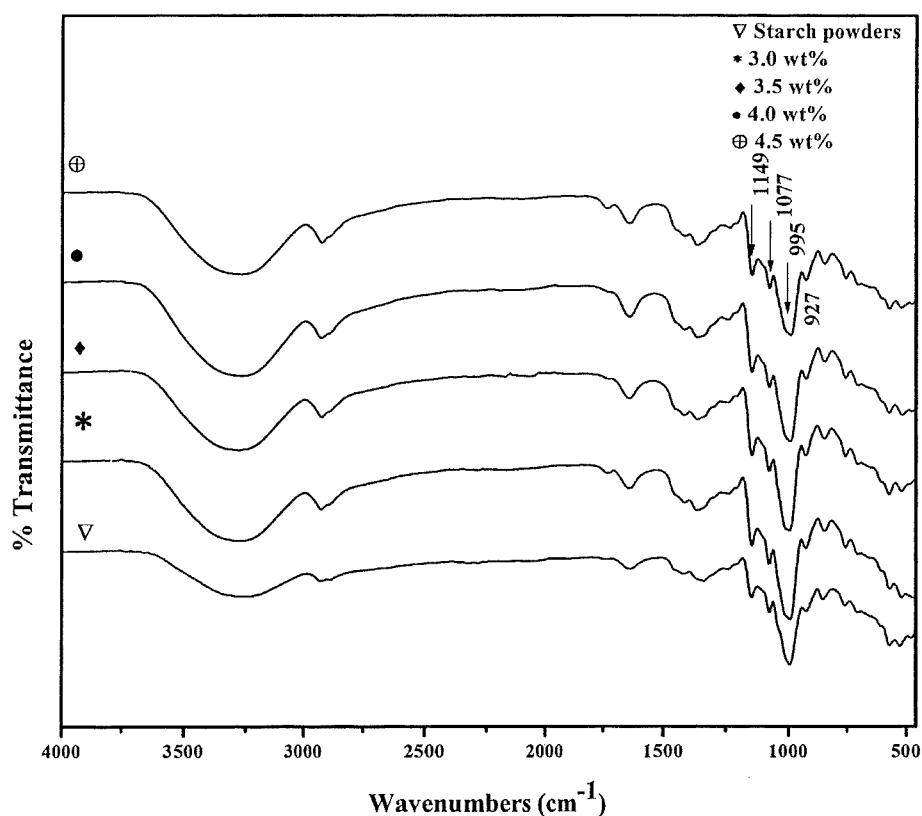
4.3 โครงสร้างและลักษณะของเส้นใย

4.3.1 FT-IR analysis

รูปที่ 4.14 แสดงถึง FT-IR สเปกตรัมของแป้งเส้นใยมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการ อิเล็กโตรสปินนิง และของแป้งมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจะเห็นได้ว่า FT-IR สเปกตรัมของแป้งมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจะมี peak ที่เด่นชัดของ transmittance สูงสุดอยู่ที่ 3 แห่งคือที่ 1149, 1077 and 995 cm^{-1} โดย peak ที่ 1149 cm^{-1} และที่ 1077 cm^{-1} จะบ่งบอกและเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของแป้งที่มีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ขณะที่ peak ที่ 995 cm^{-1} บ่งชี้ถึงความเป็นอสัณฐานในโครงสร้างของแป้ง^[49] สำหรับ peak ที่เด่นชัดที่ 1210 cm^{-1} และ 1720 cm^{-1} เป็นผลเนื่องมาจากการเกิด bending และ stretching vibration ของ C-O bond ส่วน peak ที่ 3423 cm^{-1} ที่มีลักษณะค่อนข้างกว้างนั้นเป็นผลมาจาก stretching vibration ของ O-H bond^[47] และเป็นที่น่าสังเกตว่า intensity ของ peak ที่ 955 cm^{-1} ที่เป็นของแป้งเส้นใยมันสำปะหลังจากกระบวนการ

อิเล็กโตรสปีนนิ่งมีค่าลดลงเมื่อเป็นเส้นใยที่ได้จากการเตรียมด้วยสารละลายที่เตรียมจากแป้งในความเข้มข้นที่สูงขึ้น สิ่งนี้บ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นของความเป็นผลึกของเส้นใยที่มีความเข้มข้นที่สูงของแป้งมันสำปะหลัง ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างที่เป็นระเบียบของแป้งมันสำปะหลังที่มีอยู่ก่อนนั้นถูกทำลายลง ในระหว่างการเตรียมเพื่อให้ได้สารละลายแป้งด้วยความร้อนเมื่อให้อุณหภูมิสูงถึง 75°C ทำให้แป้งเกิดการละลาย ไปทำลายโครงสร้างที่เป็นระเบียบและส่งผลทำให้ได้เส้นใยที่ได้จากการเตรียมโดยเทคนิคอิเล็กโตรสปีนนิ่งมีความเป็นอสัณฐานที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกับแป้งธรรมดา

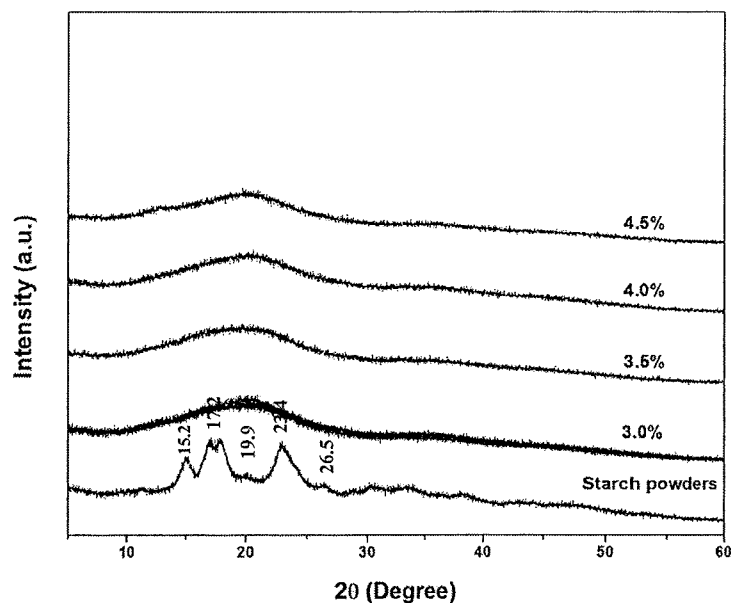
ยังมีอีกจุดหนึ่งที่น่าสนใจคือในแป้งธรรมดามี peak ที่เด่นชัดที่ 927 cm^{-1} ซึ่งเป็นจุดที่แสดงให้เห็นถึงสมบัติการชอบน้ำ (hydrophilicity) ที่สูงของแป้ง^[50] และเมื่อเปรียบเทียบกับ FT-IR สเปกตรัมของแป้งเส้นใยที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปีนนิ่งจะมี intensity ที่สูงมากกว่าแป้งธรรมดาซึ่งสามารถที่จะชี้ได้ว่าแป้งเส้นใยมันสำปะหลังที่เตรียมขึ้นมีคุณสมบัติในการชอบน้ำที่มากขึ้นซึ่งคาดว่าจะป็นผลมาจากการที่เส้นใยมีความเป็นอสัณฐานมากขึ้นและมีความเป็นผลึกที่น้อยลง^[51]



รูปที่ 4.14 FT-IR สเปกตรัมของแป้งมันสำปะหลังและของแป้งเส้นใยมันสำปะหลัง

4.3.2 ผลการศึกษาความเป็นผลึก

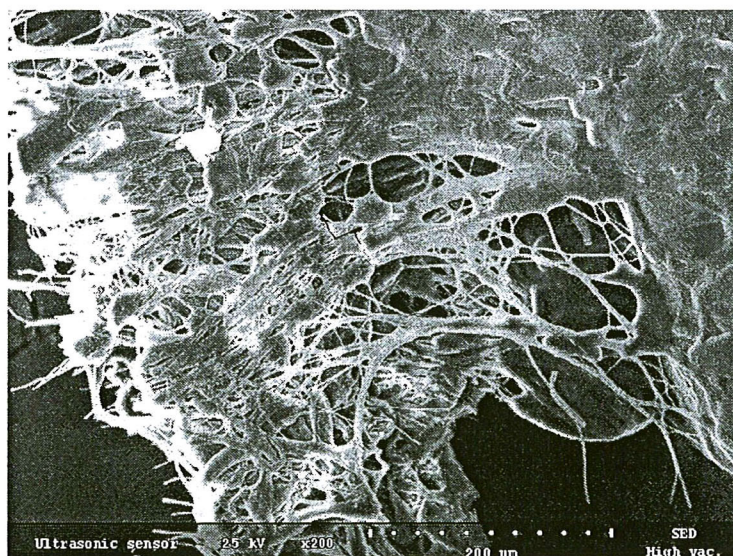
จากการศึกษาความเป็นผลึกของแป้งมันสำปะหลังและความเป็นผลึกของแป้งเส้นใยมันสำปะหลังโดยอาศัยกระบวนการทาง X-ray diffraction พบว่าได้รูปแบบของการตอบสนองดังแสดงในรูปที่ 4.15 สำหรับ peaks ที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังที่เด่นชัดจะปรากฏที่มุม 2θ ในตำแหน่ง 15.2, 17.2, 19.9, 23.3 และ 26.5 องศา ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลังที่มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบและจัดอยู่ในกลุ่ม A-type ที่ยังคงแสดงความเป็นผลึกบางส่วนที่มีอยู่ในโครงสร้างของแป้ง แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจสอบโดยอาศัย X-ray diffraction ในแป้งเส้นใยที่เตรียมขึ้นจากกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ peaks เหล่านี้ที่ปรากฏในแป้งกลับไม่ปรากฏในแป้งเส้นใยที่เตรียมขึ้น แต่จะได้เป็นลักษณะ halo pattern ซึ่งบ่งบอกถึงว่าในแป้งเส้นใยมีความเป็นอสัณฐาน (amorphous) สูงมากขึ้น โดยที่สังเกตได้จากเส้นกราฟที่มีลักษณะเรียบและกว้างรวมทั้งไม่ปรากฏ peak ที่เด่นชัดให้เห็น ยกเว้นในกรณีของแป้งเส้นใยที่เตรียมได้จากแป้งที่ใช้ความเข้มข้น 4.5 % โดยน้ำหนัก โดยยังพบว่ามี peak ปรากฏที่มุม 2θ ในตำแหน่ง 13 องศา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งเส้นใยยังคงมีความเป็นผลึกอยู่สอดคล้องกันกับผลที่ได้จากการศึกษาที่แสดงด้วย FT-IR สเปกตรัมของเส้นใยที่เตรียมได้จากแป้งที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น



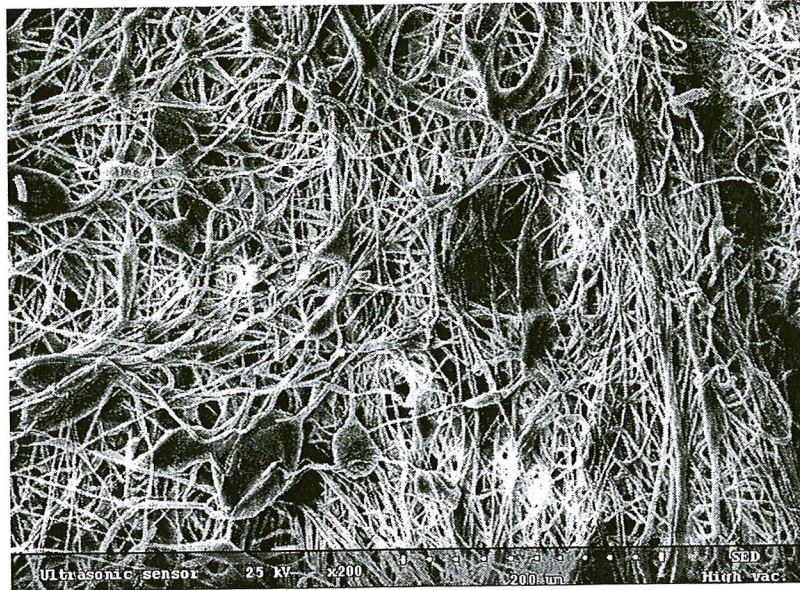
รูปที่ 4.15 รูปแบบของ X-ray diffraction ของแป้งมันสำปะหลังและของแป้งเส้นใยมันสำปะหลังที่เตรียมจากแป้งความเข้มข้นร้อยละ 3.0, 3.5, 4.0 และ 4.5 โดยน้ำหนัก

4.3.3 รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแป้งเส้นใย

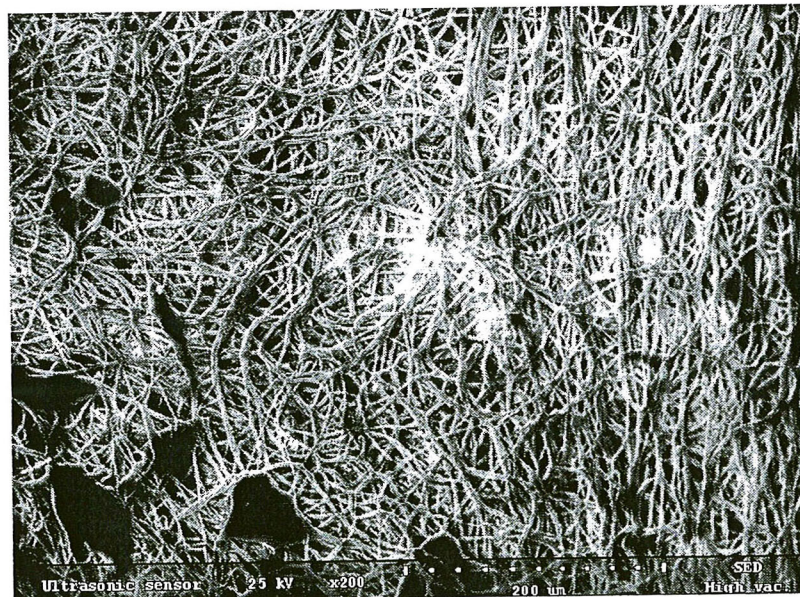
จากการตรวจตัวอย่างแป้งเส้นใยมันสำปะหลังที่เตรียมมาจากแป้งที่ความเข้มข้นต่างๆ กันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope) เพื่อดูรูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแป้งเส้นใย ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.16 – 4.19 โดยในรูปที่ 4.19 แสดงถึงตัวอย่างแป้งที่เตรียมได้จากแป้งที่ความเข้มข้น 4.5 % โดยน้ำหนักจากกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงจะเห็นเป็นแผ่นลักษณะคล้ายผืนเสื่อมีเส้นใยพันไปมาที่เห็นโดยชัดเจน โดยเส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 1.3-14.5 μm สำหรับเส้นใยที่เตรียมได้จากแป้งที่ความเข้มข้น 3.5 และ 4.0 % ก็สามารรถเห็นได้ว่าตัวอย่างมีลักษณะที่เป็นเส้นใยเช่นกันแต่ไม่ชัดเจนเท่ากับตัวอย่างที่เตรียมได้จากแป้งที่ความเข้มข้น 4.5% ในกรณีของตัวอย่างที่เตรียมจากแป้งที่มีความเข้มข้น 3 % โดยน้ำหนัก ซึ่งจะพบว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นเชื่อมกันโดยไม่เห็นเป็นเส้นใยมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ได้จากแป้งที่มีความเข้มข้นอื่นๆ ซึ่งได้ลักษณะเป็นแผ่นที่มีเส้นใยจำนวนมาก เป็นไปได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการ dehydration ที่ไม่สมบูรณ์ระหว่างการเตรียม ทำให้ยังมีน้ำเหลืออยู่ และกลับมาละลายเส้นใยที่เกิดขึ้นและทำให้เส้นใยมาเชื่อมต่อกันเป็นแผ่นติดกันในบริเวณกว้าง ในกรณีเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของแป้งในการเตรียมจะพบว่าแป้งเส้นใยที่ได้จากการปั่นจะมีความราบเรียบของผิวเส้นใยโดยแป้งที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดคือ 4.5 % โดยน้ำหนัก แต่เมื่อมีการนำตัวอย่างแป้งที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น 5 % โดยน้ำหนักมาเตรียมเส้นใยพบว่าไม่สามารถที่จะนำมาเตรียมได้เนื่องจากมีการอุดตันของเข็มที่ติดอยู่ปลายกระบอกฉีดยาทำให้ไม่สามารถเตรียมเส้นใยในกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงได้ซึ่งอันเป็นผลมาจากตัวอย่างแป้งที่นำมาฉีดมีความหนืดที่สูงมากเกินไป



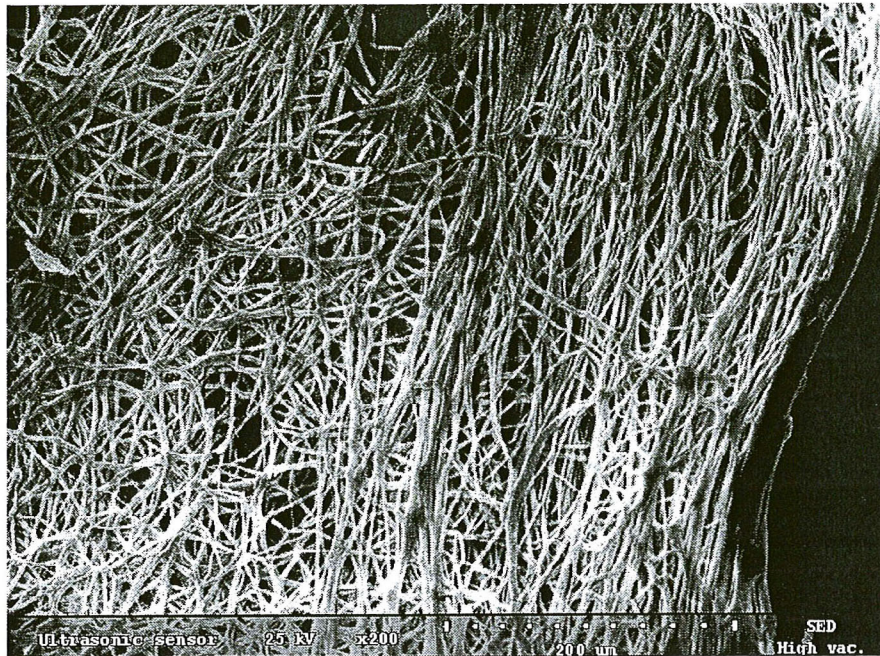
รูปที่ 4.16 รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแป้งเส้นใยที่ได้จากแป้งความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.17 รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแบ่งเส้นใยที่ได้จากแบ่งความเข้มข้นร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก



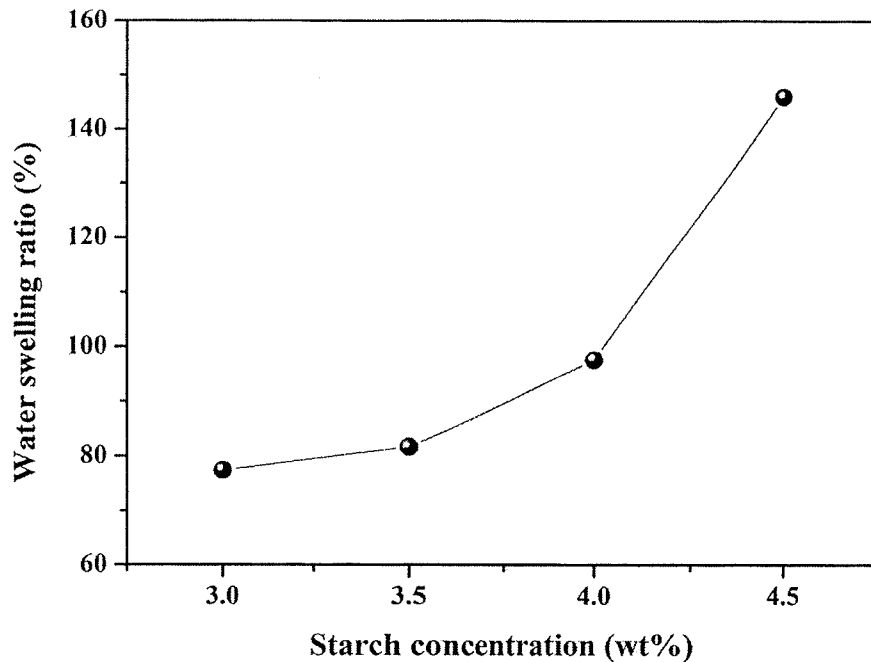
รูปที่ 4.18 รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแบ่งเส้นใยที่ได้จากแบ่งความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.19 รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และขนาดของแบ่งเส้นใยที่ได้จากแบ่งความเข้มข้นร้อยละ 4.5 โดย น้ำหนัก

4.4 Water swelling ratio

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านการพองตัวของเส้นใยที่ได้จากการเตรียมโดยวัดค่า water swelling ratio มีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีวัตถุประสงค์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการปลดปล่อยตัวยา รูปที่ 4.20 แสดงค่า water swelling ratio ของแบ่งเส้นใยที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงโดยแสดงถึงความสัมพันธ์กับ% ความเข้มข้นของตัวอย่างแบ่งที่นำมาเตรียม ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่า water swelling ratio สูงขึ้นเมื่อเส้นใยนั้นเตรียมได้มาจากตัวอย่างแบ่งที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ดังนั้นการใช้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของ แบ่งที่สูงขึ้นจนถึงค่าความเข้มข้น 4.5 % โดยน้ำหนัก มาเตรียมเส้นใยจะทำให้ได้เส้นใยที่มีลักษณะเส้นใยมี ผิวราบเรียบดังแสดงในรูปที่ 4.19 และมีค่า water swelling ratio ที่สูงกว่าดังแสดงในรูปที่ 4.20 ซึ่งเป็น ผลมาจากการที่เส้นใยมีพื้นที่ผิวที่สูงขึ้นอันนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่า water swelling ratio ผลที่ได้นี้ก็ยังมี ความสอดคล้องกันกับการเพิ่มขึ้นของคุณสมบัติการชอบน้ำของเส้นใยที่ได้จากการปั่นซึ่งสูงขึ้นเมื่อเตรียม ตัวอย่างจากตัวอย่างแบ่งที่มีความเข้มข้นของแบ่งที่สูงกว่า



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง water swelling ratio และ ความเข้มข้นของแป้ง

4.5 คุณสมบัติด้านต่างๆ ของยาเม็ด

จากการที่นำตัวอย่างเส้นใยที่เตรียมได้จากแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีลักษณะที่เป็นเส้นใยที่เห็นได้ชัดเจน ผสมในยาเม็ด และเปรียบเทียบกับแป้งที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิง เมื่อนำเม็ดยาไปหาคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

4.5.1 ความแข็ง

ผลของการผสมแป้งมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอิเล็กโตรสปินนิงลงไปในเม็ดยาในปริมาณต่างๆ กัน อันได้แก่ร้อยละ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 และตอกให้เป็นเม็ดด้วยแรงตอกที่ใกล้เคียงกัน ในช่วง 1800-2000 กิโลกรัม เมื่อวัดความแข็งของเม็ดยาที่ได้พบว่าเมื่อมีปริมาณของแป้งในเม็ดยาที่สูงขึ้น ความแข็งของเม็ดยาจะลดลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยเม็ดยาที่ไม่ได้ผสมกับแป้งมันสำปะหลังเลยจะมีความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 50 Newton การที่ยาเม็ดมีความแข็งที่ลดลงเมื่อมีปริมาณแป้งมากขึ้นนั้นเป็นผลมาจากคุณสมบัติของแป้งที่ว่าแป้งนั้นจะเกาะตัวกันได้ไม่ดีภายใต้แรงตอกอัดเนื่องจากมีคุณสมบัติทางด้านพลาสติกที่ไม่ดีแต่จะเด่นทางด้านอีลาสติกที่มากกว่าทำให้หลังจากแรงตอกอัดหมดไปก็จะคืนตัวกลับไปอยู่ในสภาพเดิมไม่เกาะตัวกันทำให้เม็ดยาไม่แข็ง และที่ไม่ได้มีการศึกษาการใช้แป้งใน

ปริมาณร้อยละ 1 ซึ่งไม่ปรากฏข้อมูลในตารางที่ 4.2 เนื่องจากการใช้ในปริมาณนี้มีผลต่อการแตกตัวที่นานขึ้นอย่างมาก

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณแป้งดิบในเม็ดยาต่อความแข็งของเม็ดยา

เม็ดยา	ความแข็ง (Newton)				
	แป้ง 1 %	แป้ง 2.5 %	แป้ง 5.0 %	แป้ง 7.5 %	แป้ง 10.0 %
1	-	65.8	58.9	56.1	43.6
2	-	59.3	56.1	59.2	42.4
3	-	61.3	60.5	52.5	40.4
4	-	59.7	60.9	58.4	32.7
5	-	56.5	60.1	52.1	46.0
ค่าเฉลี่ย	-	60.5	59.3	56.0	41.0
SD	-	3.4208	1.9391	3.2746	5.0700

เมื่อมีการใช้แป้งเส้นใยที่ผ่านกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิงที่เตรียมได้จากแป้งที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4.5 ซึ่งมีลักษณะที่เห็นเป็นเส้นใยที่ชัดเจนและเมื่อนำไปผสมลงไปในเม็ดยาในปริมาณต่างๆ กัน อันได้แก่ร้อยละ 1, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 โดยใช้ dicalcium phosphate dehydrate เป็นสารเพิ่มปริมาณและตอกให้เป็นเม็ดด้วยแรงตอกที่ใกล้เคียงกันที่อยู่ในช่วง 1800-2000 กิโลกรัม เช่นเดียวกันกับเม็ดยาที่มีการใช้แป้งที่ไม่ผ่านกระบวนการอิเล็กโทรสปินนิง เมื่อวัดความแข็งของเม็ดยาที่ได้พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเส้นใยในเม็ดยามีปริมาณที่สูงขึ้นความแข็งของเม็ดยาจะเพิ่มสูงตามขึ้นไปด้วย จนกระทั่งเม็ดยาที่มีปริมาณของเส้นใยสูงประมาณร้อยละ 10 จึงมีแนวโน้มที่ความแข็งจะลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยเม็ดยาที่ไม่ได้ผสมกับแป้งมันสำปะหลังเลยจะมีความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 50 Newton ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเม็ดยาที่มีส่วนผสมของแป้งที่ผ่านกระบวนการของอิเล็กโทรสปินนิงโดยเฉพาะที่ความเข้มข้นที่สูงร้อยละ 7.5 และ 10.0 จะมีความแข็งที่สูงกว่าเม็ดยาที่ใช้แป้งดิบธรรมดา แต่อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นต่ำที่ร้อยละ 2.5 และ 5.0 จะไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน การที่มีความแข็งที่สูงกว่าคาดว่าเป็นผลจากการที่เส้นใยที่ได้มีคุณสมบัติภายใต้แรงตอกอัดที่ตอบสนองต่อแรงตอกอัดได้ดีกว่าแป้งที่ไม่ผ่านกระบวนการ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้แป้งเส้นใยในปริมาณที่สูงขึ้นจนถึงปริมาณร้อยละ 10 กลับมีแนวโน้มว่าความแข็งของเม็ดยาจะไม่เพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เส้นใยในปริมาณที่น้อยกว่าซึ่งต้องมีการศึกษาสาเหตุต่อไป และหาก

เป็นเช่นนี้ในการที่จะนำแบ่งเส้นใยที่ได้ไปใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณโดยเฉพาะในปริมาณที่มากในเม็ดยาก็อาจทำให้มีปัญหาทางด้านความแข็งของเม็ดยาได้จึงไม่เหมาะสมในการใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณ

ตารางที่ 4.3 ผลของความเข้มข้นของแบ่งเส้นใยในเม็ดยาต่อความแข็งของเม็ดยา

เม็ดยา	ความแข็ง (newton)				
	เส้นใย 1 %	เส้นใย 2.5 %	เส้นใย 5.0 %	เส้นใย 7.5 %	เส้นใย 10.0 %
1	54.6	63.0	68.6	75.5	62.6
2	55.6	66.6	67.8	70.2	72.2
3	54.1	60.1	66.2	72.2	65.8
4	56.1	64.2	58.9	71.4	64.6
5	58.2	62.6	65.4	72.5	68.6
ค่าเฉลี่ย	56.0	63.3	65.4	72.0	66.8
SD	1.5959	2.3728	3.8369	1.9680	3.7400

หลังจากที่ได้มีการศึกษาการใช้แบ่งธรรมดา หรือแบ่งที่ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ป็นนึ่งในสัดส่วนต่างๆ ในเม็ดยาเพื่อศึกษาว่าส่งผลต่อความแข็งของเม็ดยาเป็นประการใด ซึ่งได้พบว่าหากมีการใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นในเม็ดยาของแบ่งทั้งสองชนิดจะพบว่าค่าความแข็งจะไม่ผันแปรตามปริมาณที่ใช้ แต่มีแนวโน้มของค่าความแข็งที่ลดลงเมื่อใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น จึงได้มีการศึกษาโดยนำแบ่งธรรมดาและแบ่งที่ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ป็นนึ่งมาใช้ผสมร่วมกันในปริมาณที่ไม่สูงโดยใช้ในปริมาณอย่างละในร้อยละ 2.5 เท่ากัน หรือ 5.0 เท่ากัน โดยมีปริมาณรวมกันในเม็ดยาเป็นร้อยละ 5 หรือ 10 เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการที่แบ่งทั้งสองชนิดส่งเสริมซึ่งกันหรือไม่ถึงแม้จะใช้ในปริมาณไม่มาก โดยความแข็งของเม็ดยาที่มีส่วนผสมของแบ่งดิบธรรมดาและแบ่งเส้นใยในปริมาณที่เท่ากันคือร้อยละ 2.5 หรือ 5.0 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าแบ่งเส้นใยในปริมาณร้อยละ 2.5 หรือ 5.0 ที่ผสมเพิ่มเข้าไปกับแบ่งดิบธรรมดาในปริมาณที่เท่ากันไม่ได้ช่วยส่งเสริมความแข็งของเม็ดยาที่ได้

ตารางที่ 4.4 ผลของการมีแป้งและแป้งเส้นใยในเม็ดยาต่อความแข็งของเม็ดยา

เม็ดยา	ความแข็ง (Newton)	
	แป้ง 2.5 % + เส้นใย 2.5 %	แป้ง 5.0 % + เส้นใย 5.0 %
1	49.6	65.0
2	54.1	64.2
3	50.4	66.2
4	55.3	68.6
5	53.3	60.5
ค่าเฉลี่ย	52.54	64.90
SD	2.4419	2.9682

หลังจากที่ได้มีการทดสอบถึงความสามารถของแป้งเส้นใยที่นำไปผสมในเม็ดยาและศึกษาถึงว่าจะช่วยให้เม็ดยามีความแข็งเป็นอย่างไร ซึ่งในการศึกษาเป็นการผสมแห้งกับสารเพิ่มปริมาณ dicalcium phosphate dehydrate และนำไปตอกโดยตรงโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการผสมเปียก ดังนั้นเพื่อศึกษาการนำแป้งเส้นใยมาใช้เป็นสารยึดเกาะในรูปแบบของสารละลายแทนที่จะใช้ในรูปแบบผงแห้ง โดยการนำสารละลายแป้งเส้นใยไปผสมกับสารเพิ่มปริมาณที่นิยมใช้สำหรับการเตรียมยาเม็ดโดยวิธี wet granulation ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แลคโตสเป็นสารเพิ่มปริมาณแทนสารเพิ่มปริมาณ dicalcium phosphate dehydrate ซึ่งเป็นสารตอกโดยตรง และใช้สารละลายช่วยยึดเกาะที่เตรียมจากแป้งเส้นใยเพื่อเตรียมให้ได้เป็นแกรนูล และหลังจากอบแห้งก็นำไปขึ้นรูปเป็นเม็ดยา และทำการวัดความแข็งของเม็ดยาที่ตอกได้ ซึ่งเมื่อนำเม็ดยาไปวัดความแข็งจะได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.5 ทั้งนี้โดยทำการเปรียบเทียบกับเม็ดยาที่เตรียมโดยใช้แป้งเปียกธรรมดาในความเข้มข้นที่เท่ากันคือร้อยละ 10 โดยเม็ดยาที่เตรียมได้จากแกรนูลที่ใช้แป้งเปียกธรรมดามีความแข็งโดยเฉลี่ย 87.9 Newton และได้ความแข็ง 86.9 Newton สำหรับเม็ดยาที่เตรียมจากแกรนูลจากสารละลายแป้งเส้นใย จากผลการศึกษาพบว่าความแข็งของเม็ดยาที่เตรียมจากแกรนูลที่เตรียมจากการใช้สารช่วยยึดเกาะระหว่างแป้งธรรมดาและแป้งเส้นใยไม่ได้มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.5 ความแข็งของเม็ดยาแลคโตสที่ใช้สารละลายแป้งและแป้งเส้นใยเป็นสารละลายช่วยยึดเกาะ

No	Hardness levels (N)	
	Tapioca starch	Tapioca Nanofibers
1	79.9	84.3
2	98.5	87.6
3	91.2	80.7
4	92.0	92.8
5	81.5	88.0
6	84.3	88.0
x	87.9	86.9
SD	7.1830	4.0723

4.5.2 เวลาการแตกตัวของเม็ดยา

ผลของการผสมแป้งมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ป็นนึ่งลงไปในเม็ดยาในปริมาณต่างๆ กัน อันได้แก่ ร้อยละ 1, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 และตอกให้เป็นเม็ดด้วยแรงตอกที่ใกล้เคียงกันในช่วง 1800-2000 กิโลกรัม เมื่อนำไปทดสอบหาระยะเวลาที่เม็ดยาใช้ในการแตกตัว พบว่าเม็ดยาที่มีแป้งในปริมาณร้อยละ 1, 2.5 และ 5.0 จะไม่ผ่านการทดสอบการแตกตัวเนื่องจากใช้เวลาการแตกตัวที่นานกว่า 15 นาที ส่วนเม็ดยาที่มีแป้งอยู่ในปริมาณร้อยละ 7.5 และ 10 จะใช้เวลาในการแตกตัวประมาณ 55 และ 80 วินาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และในกรณีที่ไม่มีสารช่วยในการแตกตัวอยู่เลยเมื่อเวลาที่ใช้ในการทดสอบผ่านไปแล้ว 15 นาที พบว่าเม็ดยายังไม่มีการแตกตัวแต่อย่างใด ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการใช้แป้งธรรมชาติเป็นสารช่วยในการแตกตัวจะต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 5 โดยเฉพาะที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 7.5 เม็ดยาสามารถแตกตัวได้ภายใน 1 นาที และจากข้อมูลที่ได้เมื่อใช้แป้งธรรมชาติในปริมาณที่สูงขึ้นเป็นร้อยละ 10 ระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตัวจะสูงขึ้นเล็กน้อยต่างไปจากเม็ดยาที่ใช้แป้งในความเข้มข้นร้อยละ 7.5 แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแปรปรวนของการทดลองจะพบว่ามีค่าความแปรปรวนที่สูงซึ่งควรที่จะต้องมีการทดลองเพื่อศึกษาซ้ำ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาอาจแตกต่างกันออกไปได้ ถ้าหากมีการใช้สารเพิ่มปริมาณชนิดที่แตกต่างออกไปจากที่ได้มีการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งใช้ dicalcium phosphate dehydrate เป็นสารเพิ่มปริมาณ

ตารางที่ 4.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตัวของเม็ดยาที่มีแป้งที่ยังไม่ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์เป็นสารช่วยในการแตกตัวที่ความเข้มข้นต่างๆ

เม็ดยา	ระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตัว (วินาที)				
	แป้ง 1 %	แป้ง 2.5 %	แป้ง 5.0 %	แป้ง 7.5 %	แป้ง 10.0 %
1	> 900	> 900	> 900	67	80
2	> 900	> 900	> 900	55	69
3	> 900	> 900	> 900	46	111
4	> 900	> 900	> 900	39	90
5	> 900	> 900	527	63	76
6	> 900	> 900	698	59	51
ค่าเฉลี่ย	-	-	-	54.83	79.50
SD	-	-	-	10.5909	20.1866

เมื่อนำแป้งเส้นใยที่ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์และเตรียมได้จากแป้งที่มีความเข้มข้น 4.5 % ซึ่งมีลักษณะที่เห็นเป็นเส้นใยที่ชัดเจนและเมื่อนำไปผสมลงไปในเม็ดยาในปริมาณต่างๆ กัน อันได้แก่ 1, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 % โดยมี dicalcium phosphate dihydrate เป็นสารเพิ่มปริมาณ และตอกให้เป็นเม็ดด้วยแรงตอกที่ใกล้เคียงกันในช่วง 1800-2000 กิโลกรัม เมื่อนำไปทดสอบหาระยะเวลาการแตกตัวของเม็ดยาที่ใช้แป้งเส้นใยเป็นสารช่วยแตกตัวในปริมาณร้อยละ 1, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 สามารถแตกตัวได้ภายในระยะเวลา 284.00, 241.33, 223.50, 234.00 และ 462.83 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้แป้งเส้นใยในปริมาณที่สูงขึ้นเม็ดยาจะแตกตัวได้เร็วขึ้นในช่วงแรก จนกระทั่งเม็ดยาที่มีปริมาณของเส้นใยสูงถึงระดับ 10 % เม็ดยาจะแตกตัวได้ช้าลง ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากที่แป้งเส้นใยมีคุณสมบัติในการพองตัวที่ดีจึงทำให้แป้งเส้นใยโดยเฉพาะที่อยู่บริเวณด้านนอกเกิดการพองตัวได้อย่างรวดเร็วและมีผลทำให้แป้งเส้นใยที่อยู่ด้านในของเม็ดยามีโอกาสสัมผัสน้ำได้ช้าลงเนื่องจากถูกปิดกั้นจากเส้นใยที่พองตัวจึงทำให้น้ำแทรกตัวเข้าไปในเม็ดยาได้ช้าลงและส่งผลกระทบต่อเวลาการแตกตัวที่ช้าลง

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเป็นสารช่วยแตกตัวของเส้นใยกับแป้งธรรมดาแล้วพบว่าแป้งธรรมดามีการแตกตัวเร็วกว่าการใช้แป้งธรรมดาเป็นสารช่วยแตกตัว โดยเฉพาะเมื่อใช้ในความเข้มข้นร้อยละ 7.5 และ 10.0 ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการที่แป้งเส้นใยมีคุณสมบัติในการพองตัวที่สูงกว่าโดยเฉพาะ

แบ่งเส้นใยที่อยู่ส่วนนอกในเม็ดยาดังเหตุผลที่กล่าวมา และไปทำให้น้ำแทรกเข้าไปในเม็ดยาได้ซาลง ดังข้อมูลเปรียบเทียบที่แสดงในตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตัวของเม็ดยาที่มีแบ่งเส้นใยที่ผ่านกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ป็นนึ่ง เพื่อใช้เป็นสารช่วยในการแตกตัวที่ความเข้มข้นต่างๆ

เม็ดยา	ระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตัว (วินาที)				
	เส้นใย 1 %	เส้นใย 2.5 %	เส้นใย 5.0 %	เส้นใย 7.5 %	เส้นใย 10.0 %
1	276	251	217	213	490
2	248	251	243	229	400
3	274	241	202	232	508
4	258	267	260	228	486
5	330	225	204	253	539
6	318	213	215	249	354
ค่าเฉลี่ย	284.00	241.33	223.50	234.00	462.83
SD	32.8877	19.5721	23.1063	14.7784	70.5816

เมื่อประมวลผลในภาพรวมพบว่า ระยะเวลาที่เม็ดยาที่มีส่วนประกอบของแบ่งเส้นใยมันสำปะหลัง ในปริมาณร้อยละ 1, 2.5 และ 5 จะใช้เวลาในการแตกตัวเป็นเวลา 284.00, 241.33 และ 223.50 วินาที ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แบ่งมันสำปะหลังในปริมาณที่เท่ากันเป็นสารช่วยในการแตกตัว เม็ดยาที่ใช้แบ่งมันสำปะหลังจะใช้เวลาในการแตกตัวที่นานกว่าโดยใช้เวลานานกว่า 10 นาที แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้แบ่งมันสำปะหลังในปริมาณที่สูงขึ้นเป็นร้อยละ 7.5 และ 10 พบว่าเม็ดยาจะแตกตัวได้เร็วกว่าโดยใช้เวลาในการแตกตัว 54.83 และ 79.50 วินาที ตามลำดับ ขณะที่เม็ดยาที่ใช้แบ่งเส้นใยจะแตกตัวโดยใช้เวลานานขึ้นเป็น 234.00 และ 462.83 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปได้ว่าเมื่อมีการใช้ปริมาณเส้นใยที่มากขึ้นในเม็ดยาจะส่งผลต่อการดูดน้ำจากผิวของเม็ดยาเข้าไปในเม็ดยาและเป็นผลให้มีการแตกตัวที่ซาลง โดยเป็นผลมาจากการพองตัวของเส้นใยและเมื่อเส้นใยมีปริมาณมากจึงนำไปสู่การที่น้ำจะแทรกหรือซึมเข้าไปในเม็ดยาได้ยากขึ้นและส่งผลทำให้ระยะเวลาในการแตกตัวที่นานขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้อาจสรุปได้ว่าการที่จะนำแบ่งเส้นใยมันสำปะหลังมาใช้เป็นสารช่วยในการแตกตัวของยาเม็ดควรที่จะใช้ใน

ปริมาณที่ไม่มาก สำหรับการใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากจะส่งผลต่อความแข็งของเม็ดยาที่ลดลง เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเองมีคุณสมบัติในการถูกตอกอัดที่ไม่ดีภายใต้แรงตอกอัดจึงทำให้ได้เม็ดยาที่ไม่แข็ง และตามผลการทดลองที่ได้ พบว่าจะมีความแข็งที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งเม็ดยาเมื่อไม่ได้ใช้ ปริมาณที่สูงในเม็ดยาที่อยู่หาค่าประมาณ 50 - 70 Newton ซึ่งจะส่งผลต่อความกร่อนของเม็ดยาที่สูงขึ้น โดยสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้มีผู้ศึกษาไว้ที่พบว่าเมื่อใช้แป้งในปริมาณที่สูงขึ้นจะเพิ่มความกร่อนและการเกิดปรากฏการณ์แยกฝา (capping) ของเม็ดยา

ตารางที่ 4.8 ผลของสารช่วยแตกตัวผสมระหว่างแป้งและแป้งเส้นใยในเม็ดยาต่อระยะเวลาในการแตกตัวของเม็ดยา

เม็ดยา	ระยะเวลาในการแตกตัว (วินาที)	
	แป้ง 2.5 % + เส้นใย 2.5 %	แป้ง 5.0 % + เส้นใย 5.0 %
1	85	95
2	90	88
3	96	82
4	94	86
5	100	80
6	106	75
ค่าเฉลี่ย	95.17	84.33
SD	7.3869	6.9474

จากผลที่เมื่อใช้แป้งธรรมชาติในปริมาณที่สูงเป็นสารช่วยในการแตกตัวจะส่งผลต่อความแข็งของเม็ดยาให้แข็งน้อยลงและการใช้แป้งเส้นใยในปริมาณที่สูงกลับทำให้การแตกตัวที่ช้าลง จึงได้มีการนำแป้งทั้งสองชนิดคือ แป้งธรรมชาติและแป้งเส้นใยมาใช้ร่วมกันเป็นสารช่วยในการแตกตัวในปริมาณที่ลดลงในแต่ละชนิดในปริมาณ 2.5 % หรือ 5.0 % ในตำรับยาเม็ด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.8 ชี้ชัดถึงการส่งเสริมซึ่งกันและกันอย่างเด่นชัดทางด้านการแตกตัวของเม็ดยาของแป้งธรรมชาติและแป้งเส้นใย โดยส่งผลทำให้เม็ดยามีการแตกตัวได้รวดเร็วขึ้นในเวลา 95.17 และ 84.33 วินาที ตามลำดับ ซึ่งทำให้เวลาการแตกตัวที่เร็วกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แป้งธรรมชาติหรือแป้งเส้นใยเพียงอย่างเดียว โดยในกรณีถ้าใช้แป้งธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเม็ดยาจะใช้เวลานานกว่า 15 นาทีและกรณีของแป้งเส้นใยจะใช้เวลา 241.33 และ

223.50 วินาทีสำหรับปริมาณที่ใช้ 2.5 และ 5.0 % ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ร่วมกันสามารถไปลดข้อเสียที่มีในแปรงธรรมดาและแปรงเส้นใยทางด้านการใช้เป็นสารช่วยแตกตัว ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าแปรงเส้นใยที่ผสมอยู่ในเม็ดยาที่ใช้เป็นสารช่วยแตกตัวนั้น ในระยะแรกแปรงเส้นใยจะช่วยดูดน้ำเข้าไปในยาเม็ดได้อย่างรวดเร็วและน้ำในส่วนนี้ก็จะไปทำให้แปรงธรรมดาที่อยู่กระจายภายในเม็ดยาจะเกิดการพองตัวหรือเปลี่ยนรูปได้รวดเร็วกว่าปกติ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้เม็ดยามีการแตกตัวได้เร็วขึ้น