สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบที่สังเคราะห์ได้เป็นซิลิกาชนิดอสัณฐาน ที่มีรูพรุนสูงและพื้นที่ผิวต่ำ คือมีพื้นที่ผิวเท่ากับ 90 m^2/g รูปร่างของอนุภาคค่อนข้างกลมและซีเอ็มซีจากชานอ้อยที่สังเคราะห์ด้วยวิธี Solvent process มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลืองอ่อน ทำให้สารละลายของซีเอ็มซีที่ร้อยละ 2 มีสีเหลืองและมีซีเอ็มซีส่วนที่ไม่ละลายอยู่เล็กน้อย อย่างไรก็ตามสามารถนำมาใช้เตรียมเป็นสารเคลือบผิวกระดาษพิมพ์อิงก์เจ็ตได้โดยไม่มีผลต่อสีของสารเคลือบ คือ ความขาวของกระดาษอิงก์เจ็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบสูตรที่ไม่มีซีเอ็มซีอยู่ในช่วง 95.7-100.4 สำหรับสารเคลือบสูตรที่มีซีเอ็มซีจากชานอ้อยมีความขาวอยู่ในช่วง 97.0-98.5 และเมื่อทดสอบความสามารถในการละลายของซีเอ็มซีทางการค้าพบว่ามีตะกอนเหลืออยู่เล็กน้อยเช่นเดียวกันแต่สารละลายที่ได้ไม่มีสี

การเตรียมสารเคลือบด้วยซิลิกาและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในสัดส่วนต่างกันพบว่าการเพิ่มร้อยละของแข็ง และ/หรือ เพิ่มสัดส่วนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ มีผลให้ค่าความหนืดของสารเคลือบมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีลักษณะการไหลแบบนอนนิวโตเนียน (non-Newtonian) และพบว่าความหนืดของสารเคลือบที่เหมาะสมกับการเคลือบด้วยแท่งขดลวดเคลือบผิวอยู่ระหว่าง 100-700 mPa.s (เมื่อวัดด้วย Brookfield: DV III เข็มเบอร์ 31 ความเร็ว 20 RPM อุณหภูมิ 25±1°C) สำหรับขั้นตอนการเตรียมสารเคลือบด้วยซิลิกา พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และซีเอ็มซีเมื่อเปรียบเทียบที่สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีที่เท่ากัน พบว่าสารเคลือบที่ใช้ซีเอ็มซีจากชานอ้อยมีค่าความหนืดสูงกว่าสารเคลือบที่ใช้ซีเอ็มซีทางการค้าเพราะสารละลายซีเอ็มซีจากชานอ้อยมีความหนืดมากกว่าซีเอ็มซีทางการค้า ข้อดีของซีเอ็มซีก็คือช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของสารเคลือบ ทำให้พิกเม้นท์ในสารเคลือบยึดติดบนพื้นผิวของกระดาษได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่ายังเกิดปัญหาเรื่องฝุ่นและการยึดติดของสารเคลือบอยู่เมื่อใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่ำกว่า 40 ส่วนโดยน้ำหนัก

สมบัติพื้นฐานของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้ คือ น้ำหนักสารเคลือบ ความเรียบ ความขาวสว่าง ความขาว ความมันวาวของกระดาษและความพรุน สามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักสารเคลือบมีค่าเพิ่มขึ้นคือจาก 11 g/m^2 ถึง 16 g/m^2 เมื่อเพิ่มร้อยละของแข็งเป็น 13 ถึง19 ความเรียบของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ยคือ 32 วินาที มีค่าความขาวสว่างเฉลี่ย 85.8 ความขาว 98.5 ความมันวาวของกระดาษมีค่าต่ำกว่า 10 หน่วย (เมื่อวัดที่มุม 75°) นั่นแสดงว่ากระดาษที่ผลิต

ได้เป็นกระดาษอิงก์เจ็ตชนิดด้าน จากการวิเคราะห์สมบัติความขาวสว่างและความมันวาว พบว่าสมบัติความขาวสว่างของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้ใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าทั้ง 3 ชนิด แต่สมบัติความขาวต่ำกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้ามาก สำหรับสมบัติความพรุนของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อลดปริมาณสัดส่วนของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จาก 50 ส่วนลงถึง 30 ส่วนโดยน้ำหนัก และพบว่าความพรุนของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด B และ C แต่ต่ำกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด A ซึ่งเห็นได้ชัดจากภาพ SEM ที่แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของกระดาษชนิดนี้มีพิกเม้นท์ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ทำให้การอัดตัวของอนุภาคแน่น สำหรับสมบัติความเรียบพบว่ากระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีความเรียบใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า A และ C และมีความเรียบมากกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด B

การวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์ คือ ความดำหมึกพิมพ์ ความมันวาวหมึกพิมพ์ คุณภาพของเส้น คุณภาพตัวอักษร ค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 การล้นเลอะระหว่างสีดำกับสีเหลือง ความกลมของเม็ดสกรีนสีดำและขอบเขตสี โดยงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์จาก QEA test target ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ 2 ชนิดคือ Epson stylus photo 2100 และ Canon i9100 พบว่ามีคุณภาพงานพิมพ์ต่างกัน ดังนี้

5.1.1 คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Epson รุ่น stylus photo 2100

พบว่าสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30 ให้ค่าความดำหมึกพิมพ์สูงกว่าสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 เมื่อมีสัดส่วนซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:35 100:40 100:45 และ 100:50 เมื่อทำการเพิ่มสารยึดร่วมที่เป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อยและซีเอ็มซีทางการค้าเข้าไป 2 ส่วนโดยน้ำหนัก พบว่าความสามารถในการรับหมึกลดลงและเมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด A

สมบัติความความมันวาวหมึกพิมพ์นั้นพบว่า หมึกพิมพ์ที่ได้จากกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีความมันวาวต่ำเช่นเดียวกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า

ผลของคุณภาพของเส้น แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีจากชานอ้อยเป็น 100:30:2 สามารถผลิตเส้นได้ละเอียดถึง 1/8 พอยท์ ทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง เส้นที่ได้มีความคมชัดกว่าสารเคลือบที่ไม่ใส่ซีเอ็มซี มีคุณภาพเทียบเท่ากับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด A สำหรับสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีทางการค้าที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15-17 และมี

สัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซี 100:30:2 ให้คุณภาพของเส้นที่ 1/8 พอยท์ แต่เส้นสีเหลืองตามแนวดิ่งยังไม่คมชัด เมื่อเทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าพบว่าให้คุณภาพเทียบได้กับชนิด B และ C

ในด้านของคุณภาพตัวอักษรพบว่ากระดาษที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบที่ผลิตได้ทุกสูตรสามารถผลิตตัวอักษรที่มีขนาดเล็ก 6 พอยท์ ได้เช่นเดียวกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า

ค่าร้อยละเม็ดสรีนบวมที่ 50 ที่วัดได้จากการพิมพ์แผ่นทดสอบบนกระดาษที่มีสารเคลือบผิวที่ไม่มีซีเอ็มซีเป็นส่วนประกอบพบว่ามีค่าไม่ต่างกัน ยกเว้นสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีที่ให้ค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ต่ำทำให้คุณภาพของเส้นดีขึ้น เมื่อเทียบกับกระดาษทางการค้าพบว่าค่าเม็ดสกรีนบวมของกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด C มากที่สุด และมีค่ามากกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตชนิด A และ B

ผลของการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนสีเหลืองพบว่าต่างกันแต่ไม่มากพอที่จะสามารถมองเห็นได้ด้วยตา จากการวัดพบว่าร้อยละการล้นเลอะระหว่างสีของสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบ 15 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีจากชานอ้อยหรือซีเอ็มซีทางการค้าเป็น 100:30:2 มีค่า 5.3 ซึ่งน้อยกว่าสารเคลือบสูตรอื่นและเท่ากันกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด C

สำหรับค่าความกลมของเม็ดสกรีนสีดำจะพิจารณาที่ขนาดเม็ดสกรีน 0.6 mm เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด โดยกระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15-17 ที่มีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30 100:35 100:45 และ 100:50 ให้ค่าใกล้ 1 มากกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าทั้ง 3 ชนิด และกระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีจากทางการค้าและจากชานอ้อยให้ค่าความกลมของเม็ดสกรีนต่ำกว่าสารเคลือบที่ไม่ใส่ซีเอ็มซีและกระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่ให้ค่าความกลมของเม็ดสกรีนดีที่สุด คือ กระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีจากชานอ้อยที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 17 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 และสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีทางการค้าที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 18 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 ซึ่งเมื่อเทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าแล้วให้ความกลมของเม็ดสกรีนดีกว่า

ขอบเขตสีกระดาษอิงก์เจ็ตที่มีร้อยละของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30 ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ยี่ห้อ Epson รุ่น Stylus photo 2100 ให้ขอบเขตสีกว้างกว่ากระดาษชนิดอื่น ๆ สำหรับกระดาษอิงก์เจ็ตที่ใส่ซีเอ็มซีทั้งจากทางการค้าและชานอ้อยให้ขอบเขตสีใกล้เคียงกัน สำหรับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าพบว่าขอบเขตสีของกระดาษอิงก์เจ็ต B มากที่สุด รองลงมาคือ C และ A ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่ใส่ซีเอ็มซีมีขอบเขตสีใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด C

5.1.2 คุณภาพงานพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ Canon รุ่น i9100

การทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ จะทำการทดสอบโดยใช้กระดาษที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15 เมื่อมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็น 100:30 และสารเคลือบที่มีร้อยละของแข็งเท่ากับ 15 เมื่อมีซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยใช้ทั้งซีเอ็มซีจากชานอ้อยและจากทางการค้ามาเปรียบเทียบรวมเป็น 3 สูตร จากการศึกษาคุณภาพงานพิมพ์ของกระดาษเหล่านี้สามารถสรุปได้ว่าค่าความดำหมึกพิมพ์ที่ได้จากเครื่องพิมพ์ Canon นี้แตกต่างกับค่าที่ได้จากเครื่องพิมพ์ Epson มาก คือกระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มีค่าความดำหมึกพิมพ์ต่ำกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าทั้ง 3 เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของเส้นแล้วพบว่ามีคุณภาพของเส้นเท่ากันกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า A คุณภาพตัวอักษรที่ได้สามารถผลิตตัวอักษรได้เล็กถึง 6 พอยท์ เช่นเดียวกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าชนิด A และ C ขณะที่ค่าร้อยละเม็ดสกรีนบวมที่ 50 ของกระดาษที่ผลิตได้และกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้ามีค่าไม่ต่างกัน คือต่างกันไม่เกินร้อยละ ± 5 สำหรับการล้นเลอะระหว่างสีพบว่าสารเคลือบที่ผลิตได้มีค่าการล้นเลอะระหว่างเส้นสีดำบนพื้นสีเหลืองมีค่าประมาณร้อยละ 13.5 ซึ่งใกล้เคียงกับกระดาษอิงก์เจ็ต A ที่มีค่าร้อยละ 11.8 แต่เมื่อเทียบกับกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้า B และ C พบว่ามีร้อยละการล้นเลอะระหว่างสีน้อยกว่ามาก ดังนั้นจะสรุปได้ว่ากระดาษที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ Canon ให้ร้อยละการล้นเลอะระหว่างสีมากกว่ากระดาษที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ Epson อยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 ส่วนค่าความกลมของเม็ดสกรีนพบว่าไม่มีกระดาษชนิดใดเลยที่สามารถผลิตเม็ดสกรีนให้กลมได้ สำหรับขอบเขตสีของภาพพิมพ์บนกระดาษอิงก์เจ็ตทางการค้าทั้ง 3 ชนิด มีขอบเขตสีกว้างกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้มาก คือ 0.1 ถึง 0.6 จึงมีขอบเขตสีกว้างกว่ากระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้

จากผลทั้งหมดสามารถสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1. ซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบและซีเอ็มซีจากชานอ้อยสามารถนำมาใช้เป็นองค์ประกอบในสารเคลือบผิวกระดาษอิงก์เจ็ตได้ โดยใช้สูตรสารเคลือบที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 15 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2 โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบที่ใช้ซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบและซีเอ็มซีทางการค้าควรใช้สูตร สารเคลือบที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งในสารเคลือบเท่ากับ 18 และมีสัดส่วนของซิลิกาต่อพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อซีเอ็มซีเป็น 100:30:2
2. กระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้กับเครื่องพิมพ์ Epson รุ่น Stylus Photo 2100 ได้คุณภาพดีเทียบเท่ากับกระดาษอิงก์เจ็ตชนิด C
3. กระดาษอิงก์เจ็ตที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้กับเครื่องพิมพ์ Canon รุ่น i9100 ได้แต่ให้คุณภาพงานพิมพ์ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องพิมพ์ Epson รุ่น Stylus photo 2100

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงสมบัติของสารเคลือบที่มีซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบเป็นพิกเม้นท์ และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อยเป็นสารยึดร่วมนั้นนั้น ควรมีการใส่สารเติมแต่ง เช่น OBA สีย้อม ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงแสง เป็นต้น หากสารเคลือบที่เตรียมได้มีฟองอยู่ภายในควรเติมสารลดฟอง หรือนำไปไล่ฟองออกด้วยเครื่องอัลตราโซนิกบาท จนหมดเพื่อป้องกันปัญหาการพิมพ์

สำหรับงานวิจัยต่อไปนั้น อาจใช้พิกเม้นท์ชนิดอื่นใส่ลงไปควบคู่กับซิลิกาที่ได้จากขี้เถ้าแกลบโดยเฉพาะพิกเม้ท์ที่มีอนุภาคแบนและมีขนาดใหญ่ โดยพิกเม้นท์นั้นต้องไม่มีรูพรุนภายในและมีพื้นผิวเรียบเพื่อป้องกันการซึมของหมึกมากเกินไป เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือไทเทเนียมไดออกไซด์ จะทำให้เกิดโครงสร้างรูพรุนมากขึ้น นอกจากนี้แคลเซียมคาร์บอเนตโดยเฉพาะชนิดพรีซิพิเทตแคลเซียมคาร์บอเนตยังช่วยเพิ่มการดูดซึมหมึกและเวลาในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ การใช้ซิลิกาอสัณฐานและซิลิกาซิลิเกตจำนวนเล็กน้อยก็สามารถทำให้การดูดซึมหมึกดีขึ้นมาก ดังนั้นการเลือกพิกเม้นท์และสารยึดที่เหมาะสมก็สามารถผลิตสารเคลือบที่เหมาะสำหรับการพิมพ์ทุกระบบได้