บทที่ 4 ผลการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์เรื่อง "การศึกษาหมึกพิมพ์ที่เหมาะสมต่อฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ" ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการทดสอบพิมพ์ ของหมึกที่ได้จากวาร์นิชจากธรรมชาติ และวาร์นิชจากปิโตรเลียมบนฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

4.1.1 สมบัติของหมึกพิมพ์ทดสอบ

ข้อมูลของหมึกพิมพ์ได้จากบริษัทผู้ผลิต และได้ทำการวัดค่าความหนืดด้วยถ้วยซาห์น เบอร์ 3 ก่อนทำการพิมพ์บนฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลและค่าความหนืดของหมึกจากปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส

ชนิดของหมึกพิมพ์	ปริมาณผงสี (Pigment) %	ปริมาณวาร์นิชในหมึกพิมพ์ %	ค่าความหนืดของหมึกพิมพ์ (วินาที # 3)
Petroleum Ink	12 – 15	22 - 25	17.84
Soy Ink	12 - 15	20 - 25	14.67
Nitrocellulose Ink	50 – 60	25 – 30	18.29

จากตารางที่ 4.1 เห็นได้ว่า หมึกไนโตรเซลลูโลสมีความหนืดสูงสุด เนื่องจากมีปริมาณวาร์นิชในหมึกพิมพ์มากที่สุดและมีปริมาณผงสีมาก เนื่องจากเป็นหมึกนำเข้า คุณภาพสูง ให้งานพิมพ์ที่มีสีสันสดใส

4.1.2 ผลการทดสอบสภาพการพิมพ์ติด

การทดสอบสภาพพิมพ์ติดของหมึกจากปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และ หมึกจากไนโตรเซลลูโลส โดยทำการพิมพ์ด้วยเครื่องทดสอบการพิมพ์หมึกเหลว (RK Printing Proofer) ที่ความเร็วระดับต่างๆ และเลือกระดับความเร็วที่เหมาะสม พบว่าความเร็วระดับ 5 ทำให้หมึกหมึกทั้ง 3 ประเภทสามารถพิมพ์ลงบนพลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพได้เต็มพื้นที่ โดยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง สามารถ

ถ่ายทอดลงได้ดีที่สุด โดยสังเกตจากพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลืองนั้นสามารถถ่ายทอดลงบนพลาสติกได้ทั่วทั้งแผ่น และไม่มีงานพิมพ์เสียเกิดขึ้น สำหรับหมึกจากไนโตรเซลลูโลส สามารถถ่ายทอดได้ดีน้อยกว่า เพราะมีความหนืดมากกว่าหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากมีปริมาณวาร์นิชมากกว่า ส่วนหมึกจากปิโตรเลียม มีการถ่ายทอดลงบนพลาสติกได้ไม่ดีมากนัก เพราะมีงานพิมพ์เสียเกิดขึ้นมากที่สุด

4.1.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์

4.1.3.1 ค่าความดำและความสม่ำเสมอของชั้นหมึกพิมพ์บนพลาสติก

การทดสอบนี้เป็นการวัดค่าความดำของชั้นหมึกหมึกบนพลาสติกตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพในการรับหมึกพิมพ์ และความสม่ำเสมอของชั้นหมึกพิมพ์จากน้ำมันปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส ที่พิมพ์บนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความดำเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นหมึกพิมพ์บนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

Sample	Density ($\bar{X}$)	SD
BF/PI	1.53	0.05
BF/SI	1.48	0.02
BF/NI	2.04	0.05

จากตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่าหมึกจากไนโตรเซลลูโลสมีค่าความดำสูงที่สุด เนื่องจาก มีปริมาณของผงสี (Pigments) สูงกว่าหมึกอีก 2 ชนิด (50 - 60% ขององค์ประกอบหมึกพิมพ์ทั้งหมด) ส่วนหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง มีค่าความดำใกล้เคียงกับหมึกจากปิโตรเลียม เนื่องจาก มีปริมาณของผงสี (Pigments) ใกล้เคียงกัน คือ 12 – 15% แต่เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) พบว่า หมึกจากน้ำมันถั่วเหลืองมีความสม่ำเสมอของชั้นหมึกพิมพ์ดีที่สุด เพราะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด เนื่องจากหมึกมีค่าความหนืดน้อยที่สุด ทำให้สามารถถ่ายทอดลงบนวัสดุพิมพ์ได้ดีกว่า หมึกพิมพ์จากไนโตรเซลลูโลส และ หมึกพิมพ์จากปิโตรเลียม

4.1.3.2 ค่าความมันเงาของหมึกพิมพ์บนพลาสติก

ค่าความมันเงาของชั้นหมึกพิมพ์บนพลาสติก เมื่อวัดด้วย Gloss meter ที่มุม 60° แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า ชั้นหมึกพิมพ์ที่ใช้วาร์นิชน้ำมันถั่วเหลือง มีค่าความมันเงามากที่สุด รองลงมาคือ หมึกจากไนโตรเซลลูโลส และหมึกจากปิโตรเลียม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ชนิดของเรซินหรือ วาร์นิชที่ใช้เป็นส่วนประกอบของหมึกพิมพ์นั้น มีผลต่อค่าความมันเงาของหมึกพิมพ์ โดยเรซินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน หมึกจากน้ำมันถั่วเหลืองนั้นมีรอซินหรือชันสนเป็นเรซิน ซึ่งมีคุณสมบัติเหนียวข้น มีความใส และความเงาสูง ชั้นหมึกพิมพ์จึงมีค่าความมันเงาสูง ส่วนหมึกที่ใช้วาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส มีความมันเงาน้อยกว่า เพราะฟิล์มของเรซินชนิดนี้มีข้อเสียที่ไม่มันวาว แต่ก็ยังให้ค่าความมันเงาได้สูงกว่าหมึกพิมพ์จากปิโตรเลียมที่มีส่วนประกอบของอะคริลิกเรซิน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความมันเงาของหมึกจากปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส บนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

Sample	ค่าความมันเงา (G.U.) ที่ 60°
BF/PI	4.4
BF/SI	8.7
BF/NI	4.7

4.1.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติของชั้นหมึกพิมพ์บนฟิล์มพลาสติก

4.1.4.1 สมบัติการยึดติดของชั้นหมึกพิมพ์บนฟิล์ม (Tape Test)

การทดสอบสมบัติการยึดติดของหมึกพิมพ์บนพลาสติกตัวอย่างหลังจากการผ่านขั้นตอนการพิมพ์โดยใช้เครื่อง RK Printing proofer พลาสติกตัวอย่างที่พิมพ์ได้ถูกนำไปทดสอบค่าการยึดติดของหมึกพิมพ์บนพลาสติกตัวอย่าง โดยใช้สก๊อตเทป 3 M เบอร์ 500 (Tape Test) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของหมึกที่ติดขึ้นมาบนสก๊อตเทป แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการยึดติดของหมึกจากปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส บนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

Sample	ระดับการให้คะแนน
BF/PI	5
BF/SI	5
BF/NI	5

จากตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่า หมึกจากปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส มีการยึดติดบนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้ดีมากเท่าเทียมกัน โดยไม่มีหมึกพิมพ์ลอกติดสก๊อตเทปออกมา แสดงว่าหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส สามารถยึดติดกับพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้ดีเช่นเดียวกันกับหมึกจากปิโตรเลียม

4.1.4.2 ผลการทดสอบความทนทานต่อการขัดถูของชั้นหมึกพิมพ์บนฟิล์ม

การทดสอบความทนทานต่อการขัดถูของชั้นหมึกพิมพ์บนฟิล์มหลังจากการผ่านขั้นตอนการพิมพ์ด้วยใช้เครื่อง RK Printing Proofer ถูกนำไปทดสอบค่าความทนทานต่อการขัดถู (Rub Test) โดยตุ้มเหล็กขนาดเล็ก (2 ปอนด์) และทำการขัดถูจำนวน 100 รอบ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของหมึกที่ติดขึ้นมาบนกระดาษ แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความทนทานต่อการขัดถูของชั้นหมึกจากน้ำมันปิโตรเลียม หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส บนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

Sample	ระดับการให้คะแนน
BF/PI	5
BF/SI	5
BF/NI	5

จากตารางที่ 4.5 เห็นได้ว่า หมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลสบนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีความทนทานต่อการขัดถูได้ดีมาก ไม่มีสีหลุดลอกออกมาติดบนแผ่นกระดาษเช่นเดียวกับหมึกจากปิโตรเลียม

4.2 ผลการย่อยสลายของฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกและวาร์นิชชนิดต่างกัน

4.2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

ได้ทำการตรวจสอบคุณสมบัติของดินคือค่า pH และค่าความชื้นในดิน (% Moisture content) ก่อนและหลังการฝังพลาสติกลงในดิน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงไปของดินเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ตามที่กำหนดในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM 5988 [4] ส่วน %Moisture content ก่อนการฝังมีค่าน้อย จึงมีการใส่บีกเกอร์บรรจุน้ำวางไว้เหนือดินเพื่อเพิ่มระดับความชื้นสัมพัทธ์ จึงส่งผลให้ความชื้นในดิน (Moisture content) เพิ่มขึ้น อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน D5338 [15] แต่ทั้งนี้ดินที่ใช้ในการทดสอบ เป็นดินธรรมชาติจากสวน ที่ไม่ได้ทำการปรับสมบัติก่อนทดสอบ เมื่อผ่านการทดสอบฝังพลาสติกในดินเป็นเวลา 90 วัน พบว่า ค่า pH ในดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และในดินมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้น

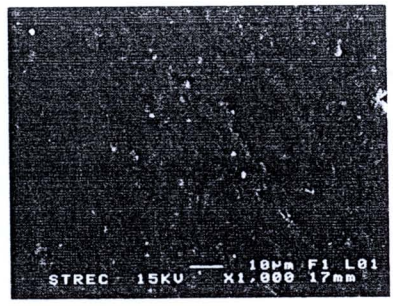
ตารางที่ 4.6 แสดงคุณสมบัติของดินในการทดลอง

คุณสมบัติ	ค่าที่ได้ ก่อนฝัง	ค่าที่ได้ หลังฝัง
pH (อัตราส่วนดิน:น้ำ = 1:5)	6.04	6.10
ค่าความชื้นในดิน (% Moisture content)	48.75	53.07

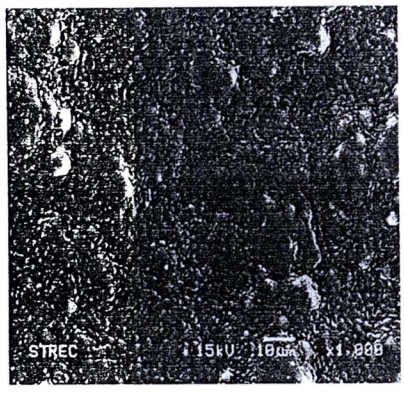
4.2.2 ผลการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของพลาสติกก่อนและหลังฝังในดิน

จากการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพและพลาสติก HDPE ที่ไม่ผ่านการพิมพ์ และเปรียบเทียบระหว่างการฝังและที่ไม่ได้ฝัง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของพลาสติกหลังจากถูกฝังในดิน แสดงดังรูปที่ 4.1

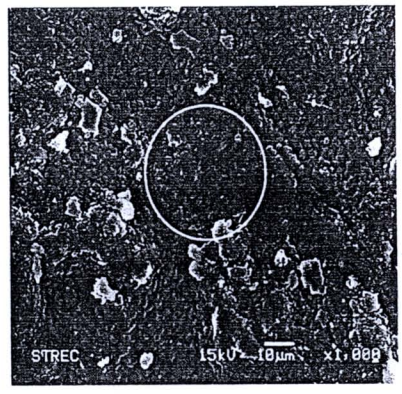
HDPE ไม่ฝังดิน



HDPE ฝังดิน



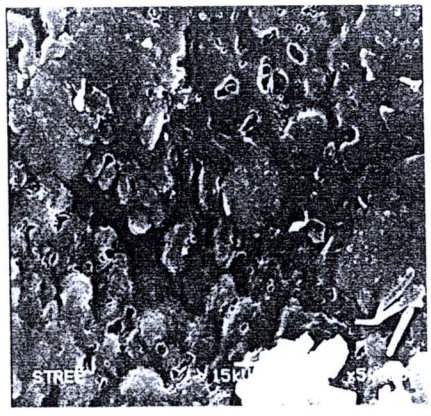
BF ไม่ฝังดิน



BF ฝังดิน

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะผิวหน้าของพลาสติก HDPE และแสดงลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (BF) ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน เป็นระยะเวลา 90 วัน กำลังขยาย 1000 เท่า

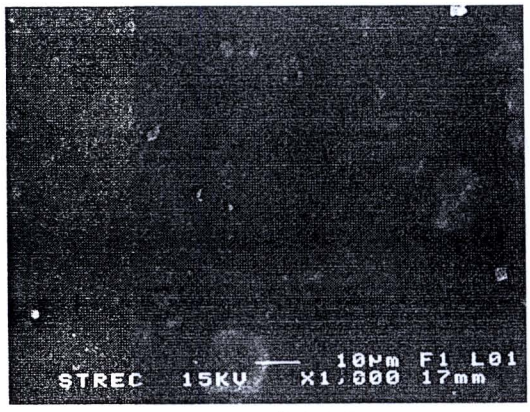
จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าลักษณะผิวหน้าที่ปรากฏของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยสังเกตเห็นรูขาด (ภายในวงกลม) บนผิวพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (BF) ส่วนลักษณะพื้นผิวของพลาสติก HDPE ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงเพิ่มกำลังขยายที่ 5000 เท่าของภาพ (BF) ฝังดิน ดังรูปที่ 4.2



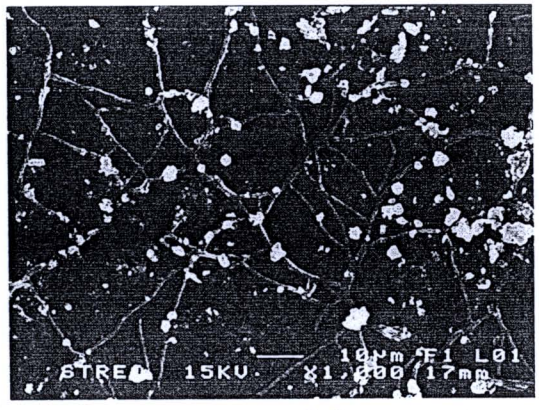
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (BF) ที่ฝังดิน เป็นระยะเวลา 90 วัน กำลังขยาย 5000 เท่า

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าลักษณะผิวหน้าที่ปรากฏของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีการเกิดรูขาดอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อนำไปฝังดินมีแนวโน้มที่จะเกิดการย่อยสลายได้

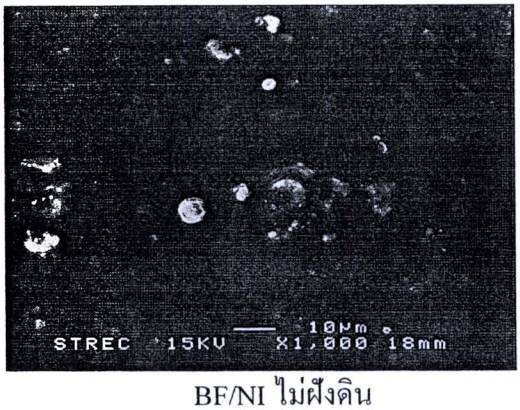
จากนั้นทำการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ที่พิมพ์ด้วยหมึกต่างชนิดกัน และเปรียบเทียบระหว่างการฝังและไม่ได้ฝัง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวของพลาสติกหลังจากถูกฝังในดิน แสดงดังรูปที่ 4.3



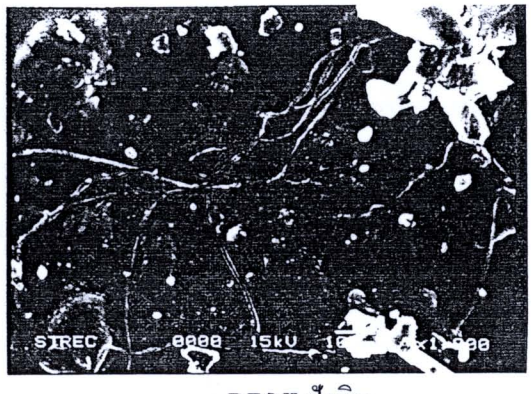
BF/SI ไม่ฝังดิน



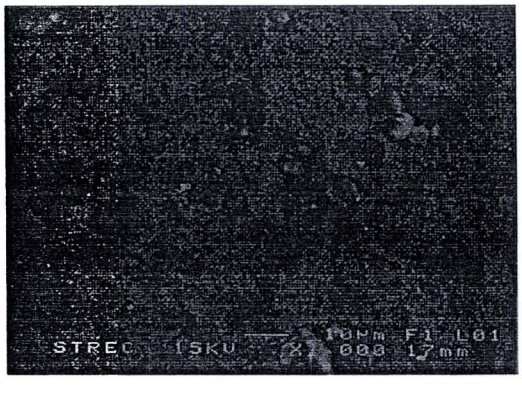
BF/SI ฝังดิน



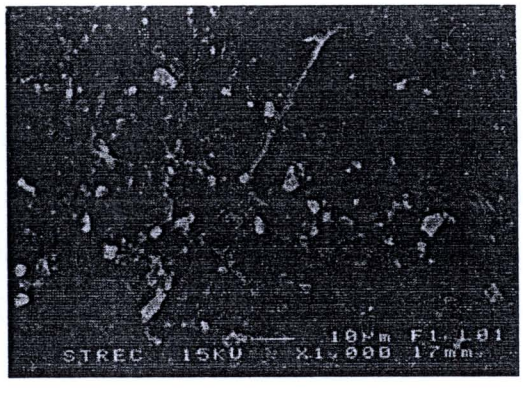
BF/NI ไม่ฝังดิน



BF/NI ฝังดิน



BF/PI ไม่ฝังดิน



BF/PI ฝังดิน

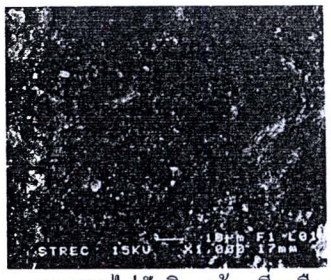
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SI) หมึกไนโตรเซลลูโลส (BF/NI) และหมึกปิโตรเลียม (BF/PI) ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน เป็นระยะเวลา 90 วัน กำลังขยาย 1000 เท่า

จากรูปที่ 4.3 เทียบกับรูปที่ 4.1 เห็นได้ว่า พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกแล้ว ผิวหน้ามีความเรียบมากขึ้น หลังจากการฝังดินเป็นเวลา 90 วัน ลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลืองและหมึกไนโตรเซลลูโลส เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะเป็นเส้นร่างแหเกิดขึ้น ส่วนผิวหน้าของพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกปิโตรเลียมมีลักษณะเป็นร่างแหเกิดขึ้นจำนวนน้อยกว่ามาก

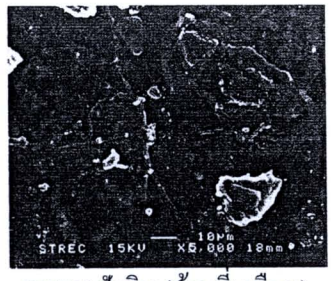
จากผลในรูปที่ 4.1 – 4.3 พบว่า พลาสติกที่ไม่ผ่านการพิมพ์ ลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏมีการเปลี่ยนแปลงไป คือเกิดรูขาด แต่ไม่สังเกตเห็นรูขาดบนพลาสติกที่ผ่านการพิมพ์ ซึ่งเห็นเพียงลักษณะเป็นเส้นร่างแหเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของหมึกอาจมีผลต่อการย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ส่วนพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง มีการเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกไนโตรเซลลูโลส และพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันปิโตรเลียมตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาผลของการย่อยสลายของฟิล์มพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อเคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน

จากนั้นจึงทำการตรวจสอบลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน เพื่อศึกษาผลของผงสีซึ่งอาจมีผลต่อแนวโน้มการย่อยสลาย โดยตรวจสอบทั้งด้านที่เคลือบและไม่เคลือบ เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของชั้นของวาร์นิชบนพลาสติก และผิวหน้าพลาสติกที่ไม่มีวาร์นิชเคลือบอยู่ แสดงดังรูปที่ 4.4

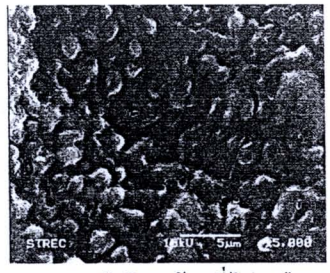
เมื่อฝังดินแล้ว พบว่า ลักษณะผิวหน้าของพลาสติกด้านที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SV) วาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส (BF/NV) และวาร์นิชจากปิโตรเลียม (BF/PV) มีลักษณะเป็นเส้นร่างแหเกิดขึ้น แต่ผิวหน้าของพลาสติกด้านที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SV) และวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส (BF/NV) เกิดรอยแตกร้าวบนชั้นฟิล์มของวาร์นิชอย่างเห็นได้ชัด และผิวหน้าของพลาสติกด้านหลังที่ไม่เคลือบด้วยวาร์นิช มีการเปลี่ยนแปลงไป คือ มีลักษณะแตกขาดเป็นรอยยาวเล็กๆ กระจายทั่วทั้งผิวหน้าเป็นจำนวนมาก ส่วนผิวหน้าของพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันปิโตรเลียม เฉพาะด้านหลังที่ไม่เคลือบ เกิดรูขาดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกที่ไม่ผ่านการพิมพ์หรือการเคลือบ (รูปที่ 4.2) เห็นได้ว่า หมึกพิมพ์หรือวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาตินั้น เป็นอุปสรรคต่อการย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แต่มีแนวโน้มในการขัดขวางการย่อยสลายได้ น้อยกว่าหมึกพิมพ์หรือวาร์นิชที่ผลิตจากปิโตรเลียม



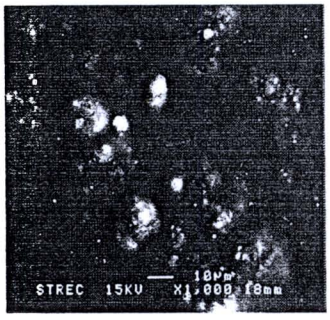
BF/PV ไม่ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)



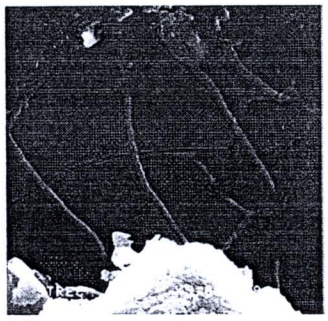
BF/PV ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)



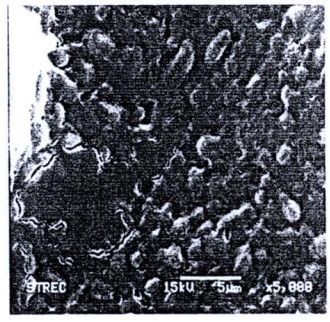
BF/PV ฝังดิน (ด้านที่ไม่เคลือบ)



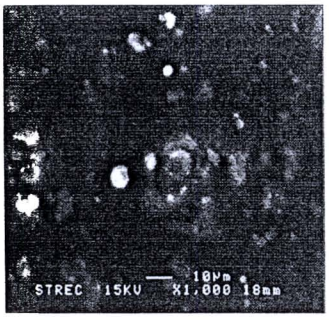
BF/SV ไม่ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)



BF/SV ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)

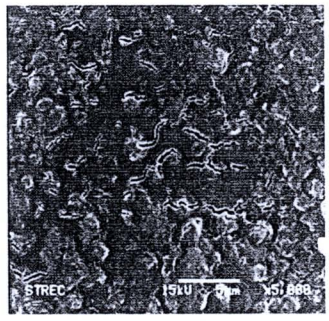


BF/SV ฝังดิน (ด้านที่ไม่เคลือบ)



BF/NV ไม่ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)

BF/NV ฝังดิน (ด้านที่เคลือบ)



BF/NV ฝังดิน (ด้านที่ไม่เคลือบ)

รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (BF) เปรียบเทียบกับผิวหน้าของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SV) วาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส (BF/NV) และ วาร์นิชจากปิโตรเลียม (BF/PV) ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน

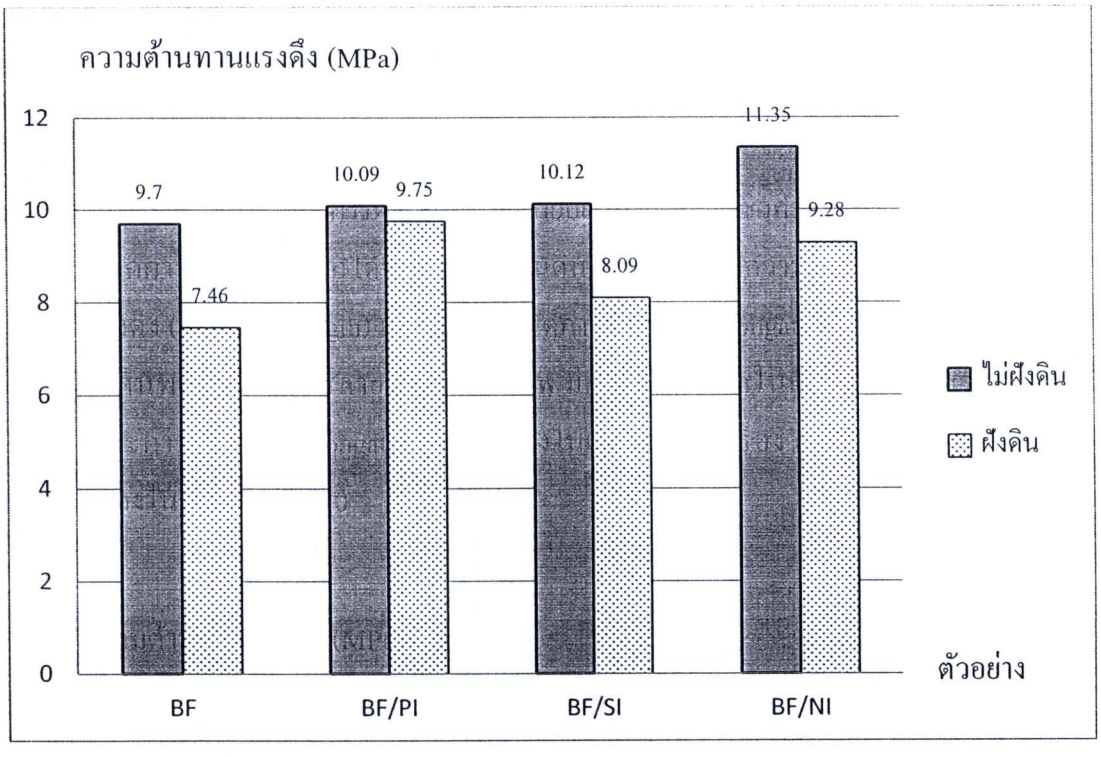
4.2.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

ทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ได้ฝังและฝังดิน เพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกัน สังเกตคุณสมบัติของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อผ่านการฝังดินแล้ว พลาสติกควรมีค่าความต้านทานแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัว น้อยกว่าพลาสติกที่ไม่ได้ฝังดิน โดยทำการทดสอบในแนวขนานเครื่อง (MD) และแนวขวางเครื่อง (CD)

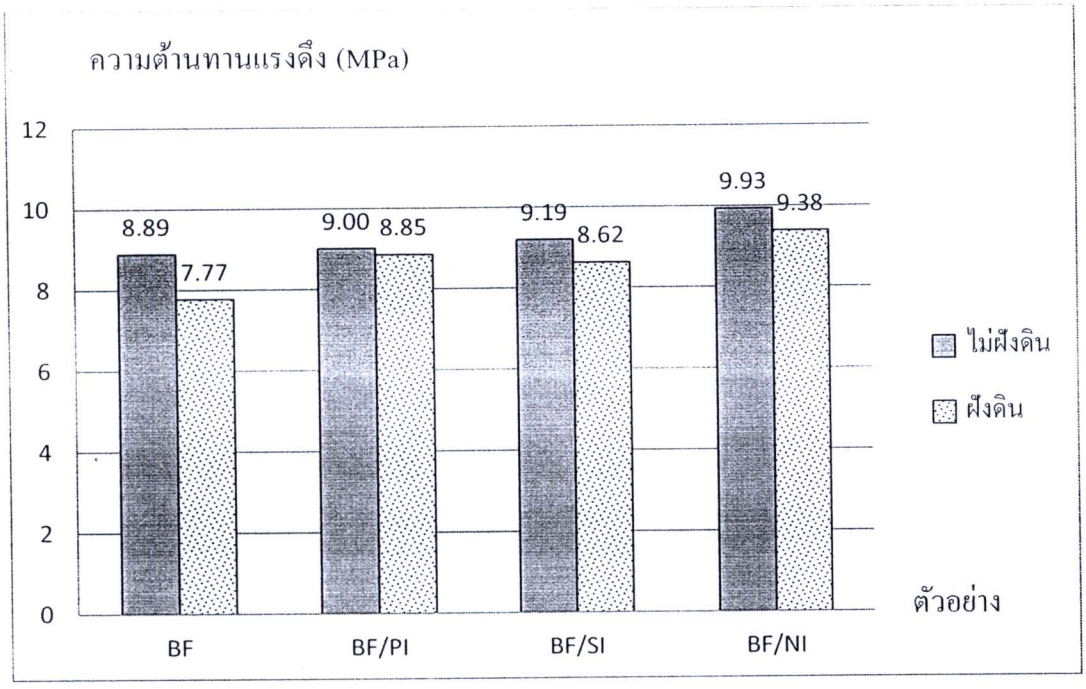
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความหนาของพลาสติกชีวภาพที่ไม่ฝังดินและฝังดิน

Sample	ไม่ฝังดิน (mm)	ฝังดิน (mm)	ผลต่าง	% การเพิ่มขึ้น
BF	0.060	0.083	0.023	38.333
BF/PI	0.063	0.070	0.007	11.111
BF/SI	0.077	0.093	0.016	20.779
BF/NI	0.070	0.083	0.013	18.571

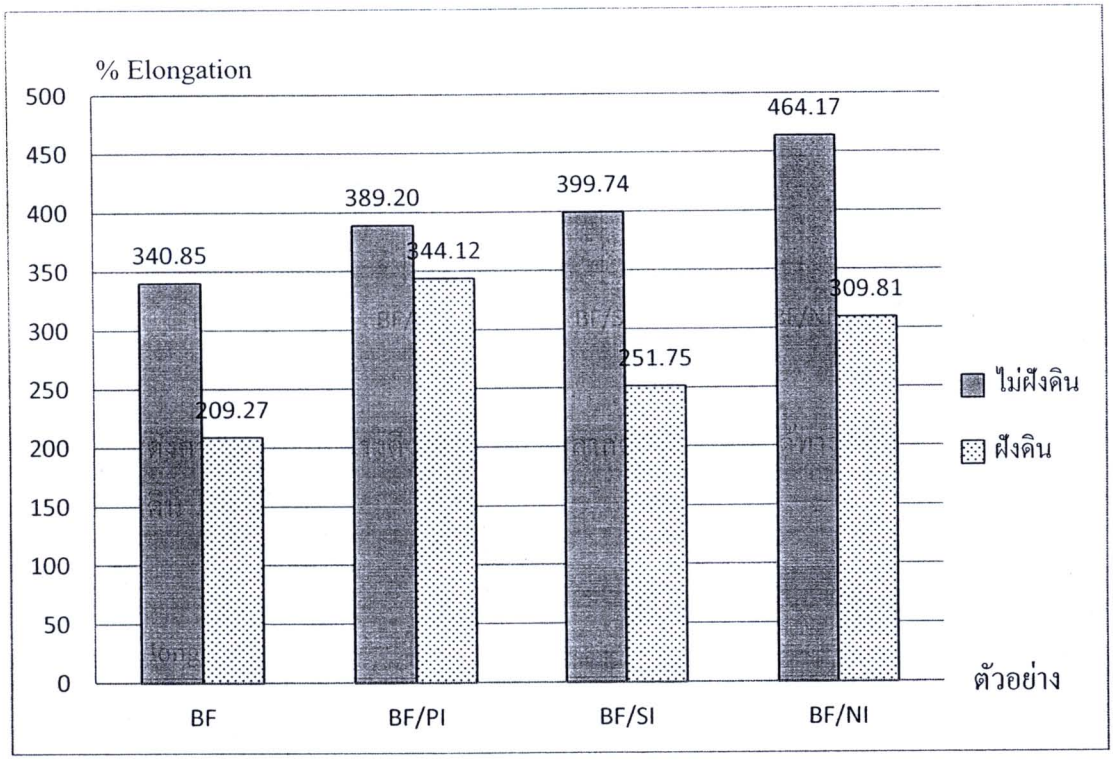
จากตารางที่ 4.7 เห็นได้ว่า หลังการฝังดิน พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีค่าความหนาเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะเกิดการบวมเนื่องจากได้รับความชื้นในดิน จากนั้นใช้ค่าความหนาในการคำนวณค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) ต่อไป นอกจากนี้ พบว่าหลังการฝังดินพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีความสามารถในการต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และการยืดตัว (%Elongation) ลดลง ทั้งในแนวขนานเครื่อง (MD) และแนวขวางเครื่อง (CD) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 - 4.10



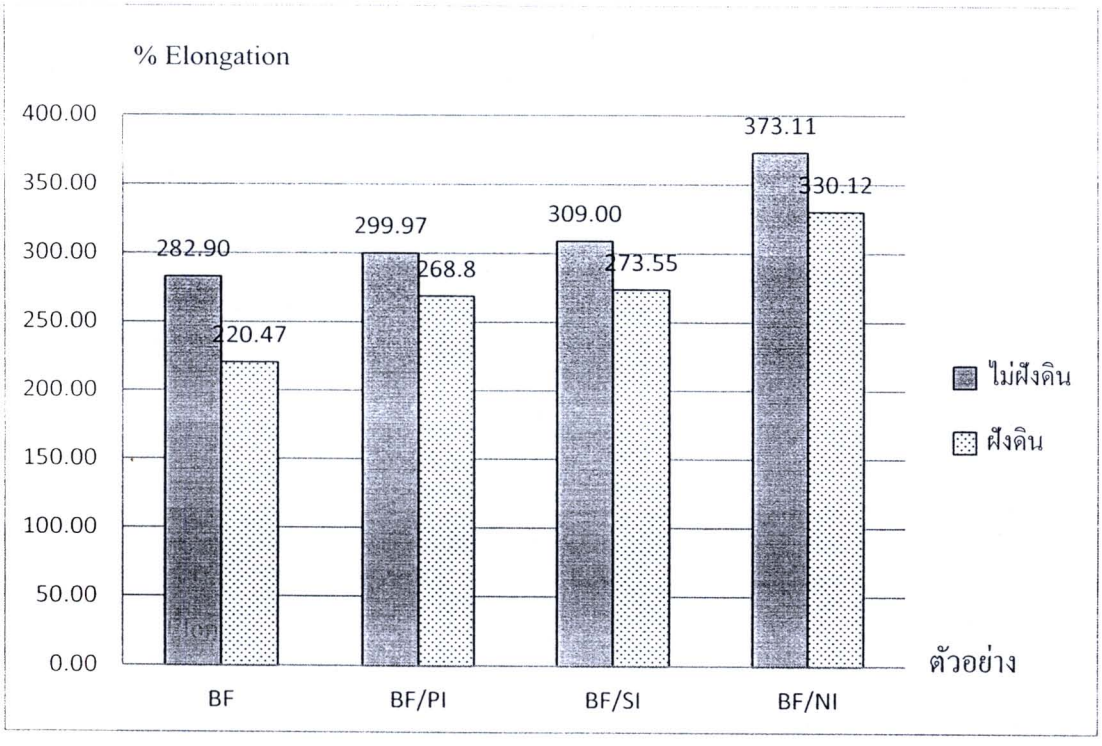
รูปที่ 4.5 แสดงความต้านทานแรงดึง (MPa) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว MD



รูปที่ 4.6 แสดงความต้านทานแรงดึง (MPa) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว CD



รูปที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว MD



รูปที่ 4.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ฝังดินและฝังดินในแนว CD

จากผลในรูปที่ 4.5 - 4.8 เห็นได้ชัดว่า พลาสติกในแนวขนานเครื่อง (MD) มีคุณสมบัติทางกลดังกล่าวด้อยลงมากกว่าในแนวขวางเครื่อง (CD) โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่พิมพ์มีค่าความหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าพลาสติกที่พิมพ์ เมื่อฝังดิน จึงมีความสามารถในการต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) ด้อยลงมากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และหมึกจากไนโตรเซลลูโลส ส่วนพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากปิโตรเลียมมีความหนาที่เพิ่มขึ้นน้อย มีความต้านทานแรงดึง และการยืดตัวลดลงน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า การฝังดินทำให้ค่าความหนาของพลาสติกเพิ่มขึ้น และมีผลต่อคุณสมบัติทางกล คือ พลาสติกที่มีความหนาเพิ่มขึ้นหลังการฝังดิน ทำให้คุณสมบัติทางกลลดลง

นอกจากนี้ เห็นว่าหมึกพิมพ์ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของพลาสติก คือพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากไนโตรเซลลูโลส มีความสามารถในการต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) สูงที่สุด รองลงมาคือพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากปิโตรเลียม ตามลำดับ อาจเป็นเพราะ หมึกจากไนโตรเซลลูโลสมีปริมาณวาร์นิชมาก และเรซินให้ชั้นฟิล์มที่แข็งมาก

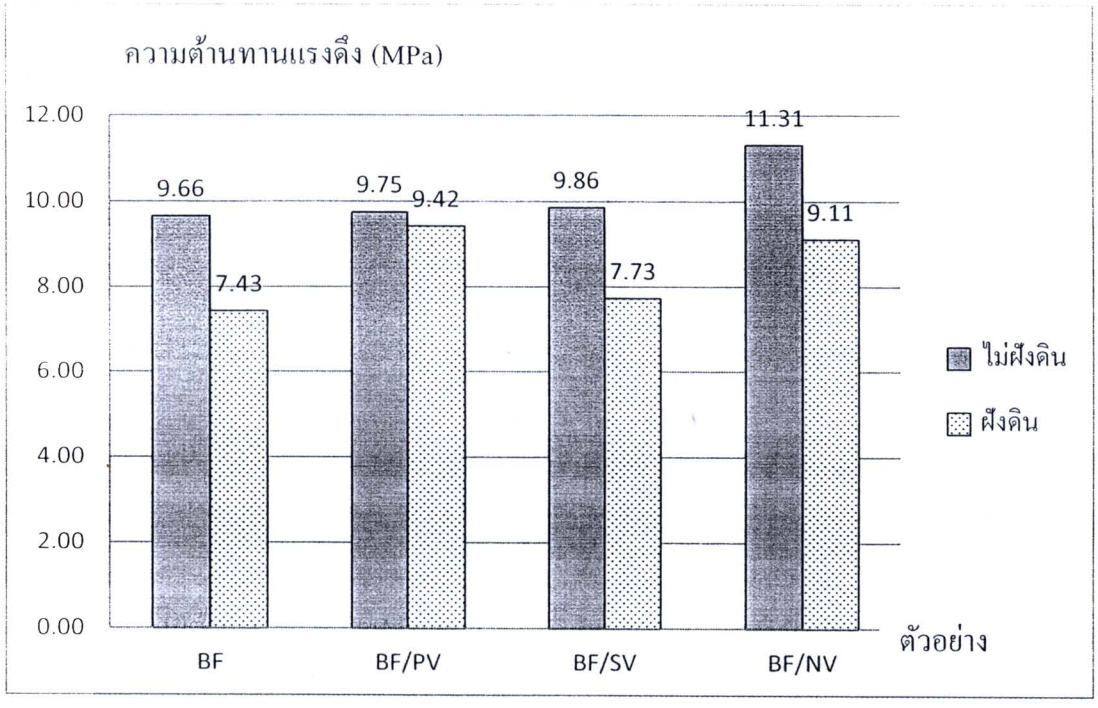
จากการลดลงของสมบัติทางกลหลังฝังดิน แสดงให้เห็นว่า การฝังดินนั้นทำให้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผ่านการพิมพ์ มีแนวโน้มที่จะย่อยสลายได้ อีกทั้งชนิดของหมึกพิมพ์ ก็ส่งผลต่อการย่อยสลายได้ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยหมึกพิมพ์ที่มีวาร์นิชจากธรรมชาตินั้นมีแนวโน้มการขัดขวางการย่อยสลายได้ของพลาสติกน้อยกว่าหมึกพิมพ์ที่มีวาร์นิชปิโตรเลียม

จากนั้น จึงทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน โดยทดสอบพลาสติกที่ไม่ได้ฝังและฝังดินเพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกัน สังเกตคุณสมบัติของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อผ่านการฝังดินแล้วพลาสติกควรมีค่าความต้านทานแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว น้อยกว่าพลาสติกที่ไม่ได้ฝังดิน โดยทำการทดสอบในแนวขนานเครื่อง (MD) และแนวขวางเครื่อง (CD) แสดงดังตารางที่ 4.8

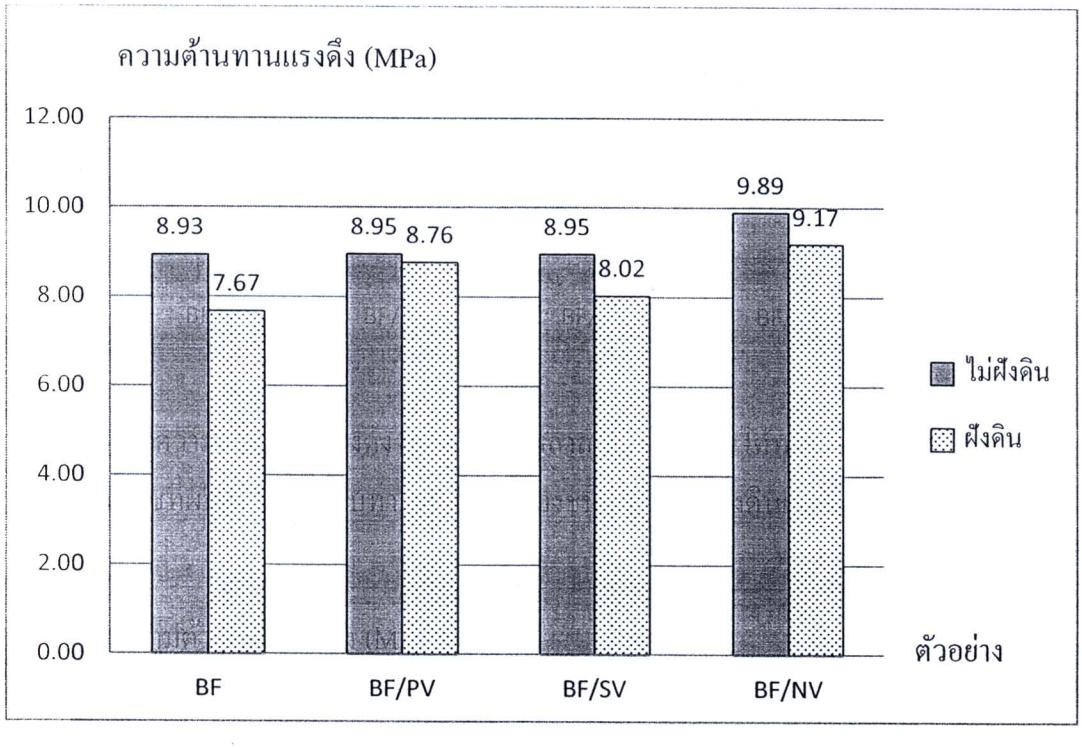
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความหนาของพลาสติกชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน

Sample	ไม่ฝังดิน (mm)	ฝังดิน (mm)	ผลต่าง	% การเพิ่มขึ้น
BF	0.060	0.087	0.027	45.0
BF/PV	0.063	0.073	0.010	16.1
BF/SV	0.073	0.097	0.024	32.9
BF/NV	0.070	0.087	0.017	24.3

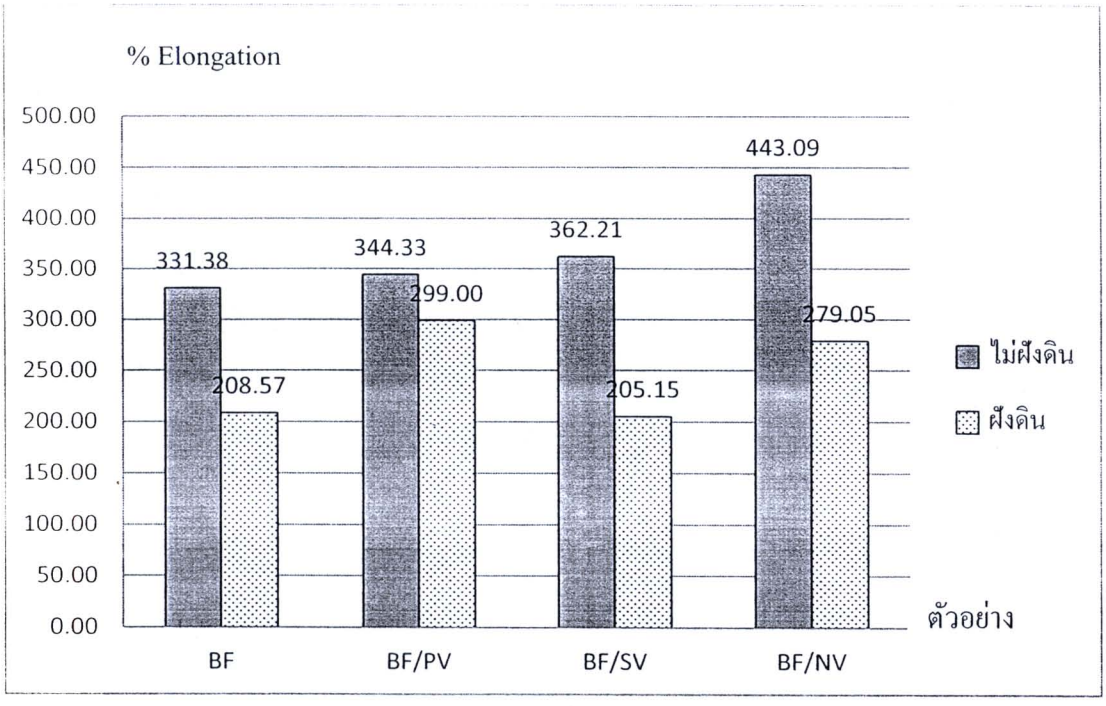
จากตารางที่ 4.8 ค่าความหนาจะถูกนำไปคำนวณค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) ได้ผลเช่นเดียวกันกับ ตารางที่ 4.7



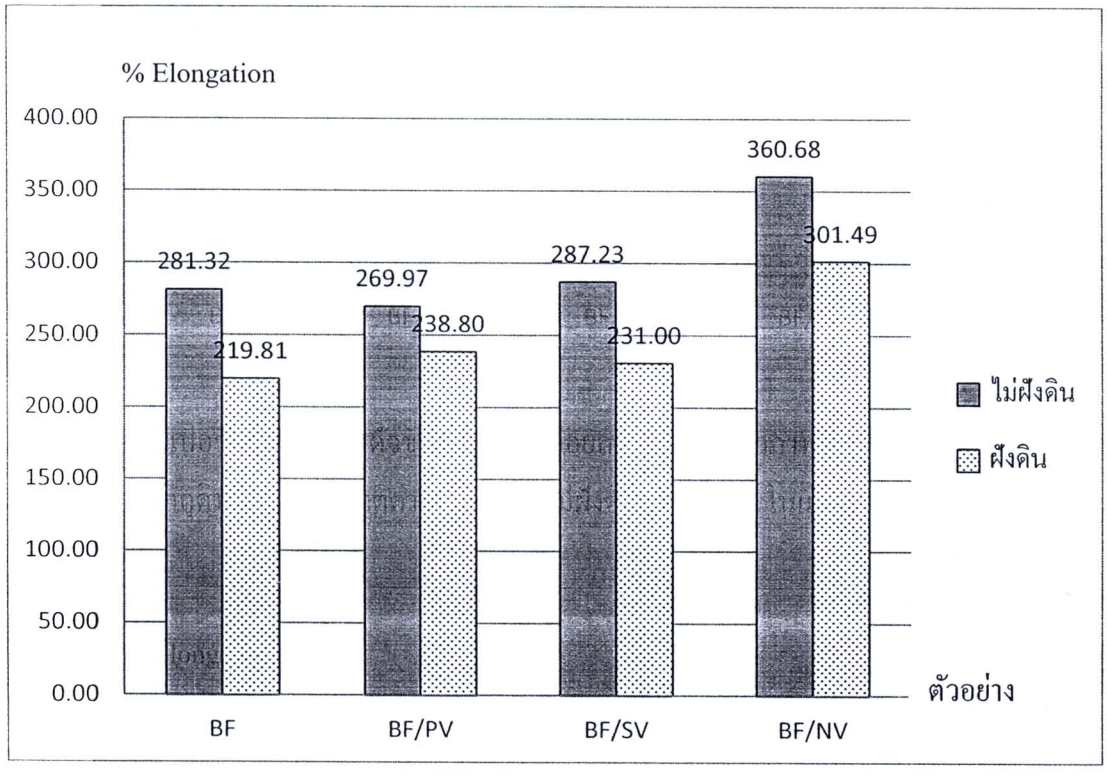
รูปที่ 4.9 แสดงความต้านทานแรงดึง (MPa) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกัน ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว MD



รูปที่ 4.10 แสดงความต้านทานแรงดึง (MPa) ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกัน ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว CD



รูปที่ 4.11 แสดงเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกันที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว MD



รูปที่ 4.12 แสดงเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกันที่ไม่ฝังดินและฝังดิน ในแนว CD

จากผลในรูปที่ 4.9 - 4.12 เห็นได้ชัดว่า พลาสติกในแนวขนานเครื่อง (MD) มีคุณสมบัติทางกลดังกล่าวด้อยลงมากกว่าในแนวขวางเครื่อง (CD) โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่เคลือบมีค่าความหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าพลาสติกที่เคลือบ เมื่อฝังดิน จึงมีความสามารถในการต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) ด้อยลงมากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง และวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส ส่วนพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากปิโตรเลียมมีความหนาที่เพิ่มขึ้นน้อย มีความต้านทานแรงดึง และการยืดตัวลดลงน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่า การฝังดินทำให้ค่าความหนาของพลาสติกเพิ่มขึ้น และมีผลต่อคุณสมบัติทางกล คือ พลาสติกที่มีความหนาเพิ่มขึ้นหลังการฝังดิน ทำให้คุณสมบัติทางกลลดลง

นอกจากนี้ เห็นว่าชนิดของวาร์นิช ก็มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของพลาสติกเช่นเดียวกันกับชนิดของหมึกพิมพ์ คือ พลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส มีความสามารถในการต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) สูงที่สุด รองลงมาคือพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง และพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากปิโตรเลียม ตามลำดับ

จากการลดลงของสมบัติทางกลหลังฝังดิน เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง พลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกและวาร์นิช เพื่อศึกษาผลของผงสีซึ่งอาจมีผลต่อแนวโน้มการย่อยสลาย พบว่า พลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิช มีสมบัติทางกลลดลง มากกว่า พลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึก ดังแสดงตารางที่ 4.9

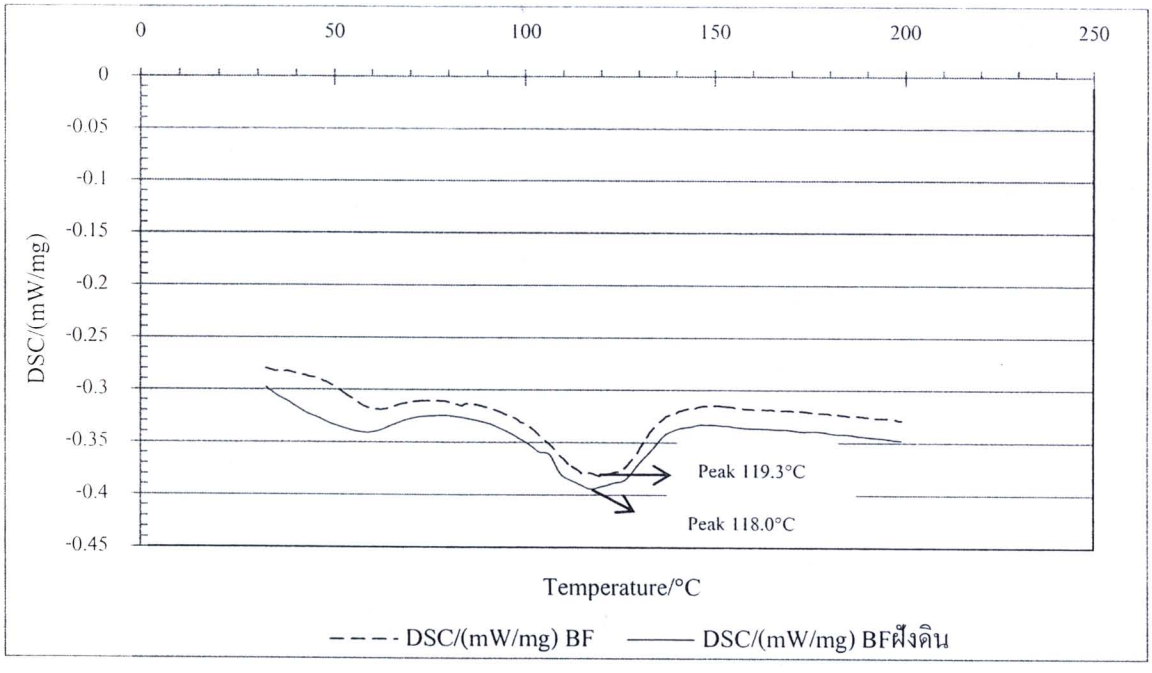
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลต่าง ของพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกและวาร์นิช หลังการฝังดิน

การลดลงของสมบัติทางกล	Ink			Varnish		
	Petroleum	Soy	Nitrocellulose	Petroleum	Soy	Nitrocellulose
Tensile strength						
แนว MD	1.03 เท่า	1.25 เท่า	1.22 เท่า	1.04 เท่า	1.28 เท่า	1.24 เท่า
แนว CD	1.02 เท่า	1.07 เท่า	1.06 เท่า	1.02 เท่า	1.12 เท่า	1.08 เท่า
% Elongation						
แนว MD	1.13 เท่า	1.59 เท่า	1.50 เท่า	1.15 เท่า	1.77 เท่า	1.59 เท่า
แนว CD	1.12 เท่า	1.13 เท่า	1.13 เท่า	1.13 เท่า	1.24 เท่า	1.20 เท่า

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า วาร์นิชมีแนวโน้มการขัดขวางการย่อยสลายได้ของพลาสติกน้อยกว่าหมึกพิมพ์ที่มีผงสีเป็นส่วนประกอบ และวาร์นิชจากธรรมชาติมีแนวโน้มย่อยสลายได้ดีกว่า วาร์นิชจากปิโตรเลียม

4.2.4 การเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของพลาสติกก่อนและหลังฝังดิน

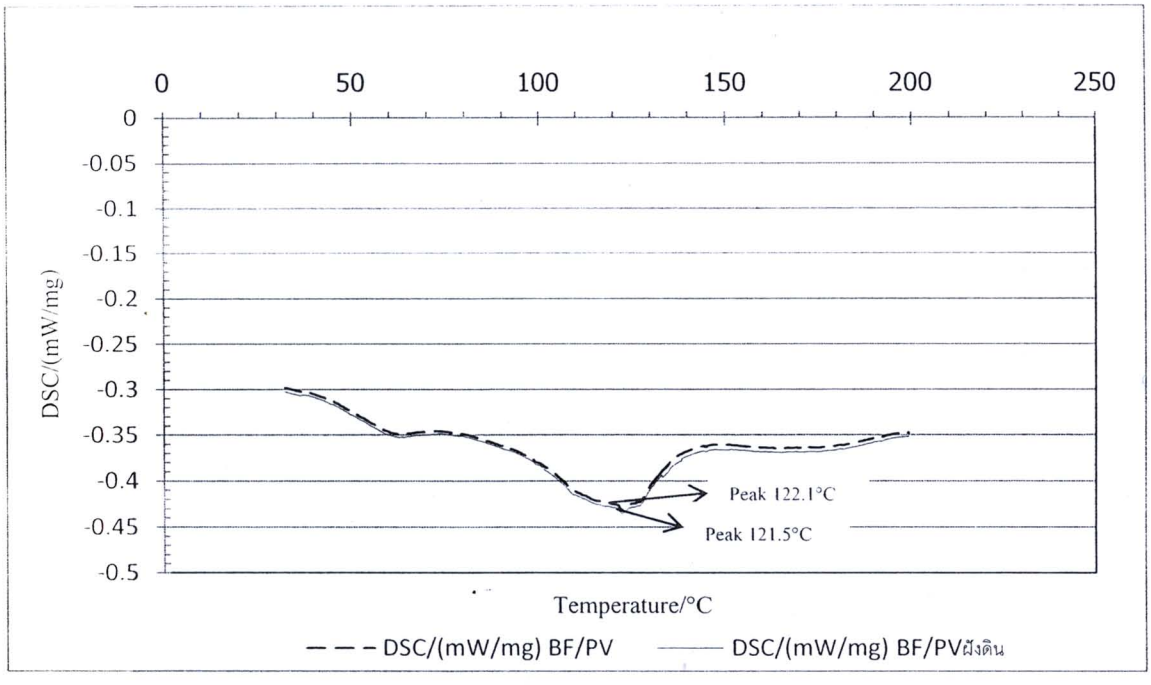
จุดหลอมเหลวของสารประเภทเดียวกันที่แตกต่างกัน สามารถบ่งบอกถึงโครงสร้างที่แตกต่างกันได้ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงไปหรือการลดลงของจุดหลอมเหลวของพลาสติก น่าจะบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงไปหรือการลดลงของโครงสร้างของพลาสติก จากการหาจุดหลอมเหลวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชต่างชนิดกัน และนำไปทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังในดินเป็นเวลา 90 วัน เปรียบเทียบกับพลาสติกชีวภาพที่ไม่ได้ฝัง พบว่าหลังการฝังพลาสติกมีจุดหลอมเหลวลดลง (สามารถดูข้อมูลได้จาก ภาคผนวก จ.) ดังแสดงในรูปที่ 4.13 – 4.16



รูปที่ 4.13 แสดงค่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (BF) เปรียบเทียบระหว่างพลาสติกที่ไม่ฝังกับฝังดิน

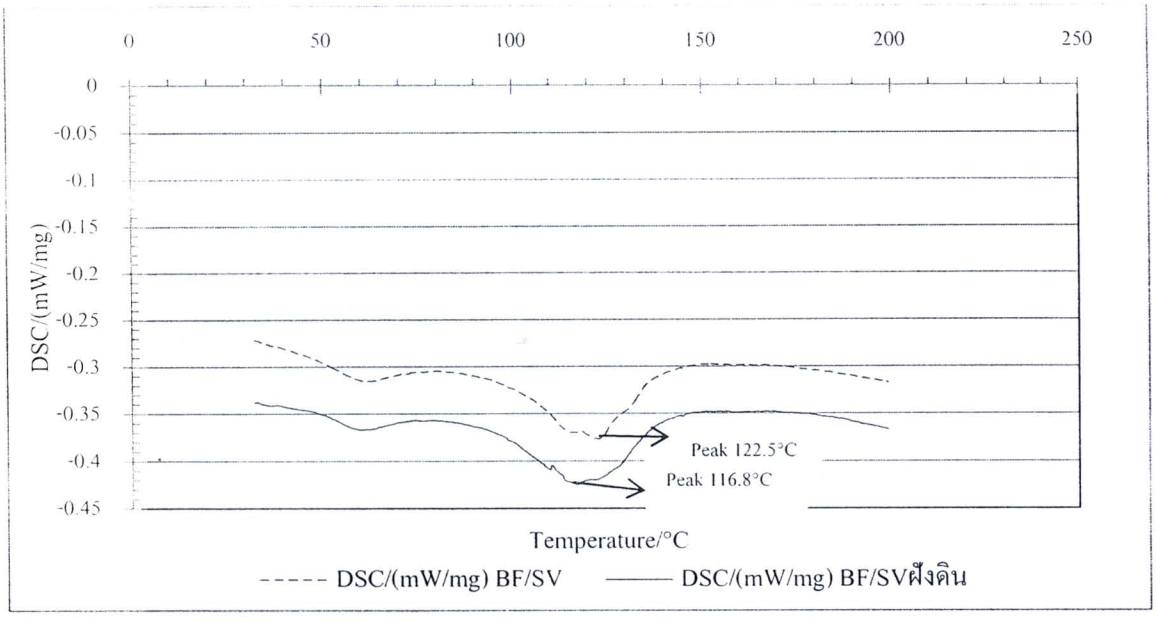
จากรูปที่ 4.13 เป็นการแสดงการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (Thermal Transition) ของพลาสติก โดยมีแกน X เป็นค่าของอุณหภูมิ และแกน Y เป็นค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนของ Furnace ทั้งสอง ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง ถูกวัดในหน่วยมิลลิวัตต์/มิลลิกรัม (mW/mg) จากกราฟ จุดหลอมเหลว คือจุดที่ค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อน ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง ที่มีค่าความแตกต่างมากที่สุด และเห็นได้ชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือ การหลอมเหลว เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบดูดพลังงาน (Endothermic) สำหรับพลาสติกที่ไม่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = - 0.38208 ที่อุณหภูมิ 119.3°C คือมีจุดหลอมเหลว ที่ 119.3°C ส่วนพลาสติกที่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด =

-0.39393 ที่อุณหภูมิ 118.0 °C คือมีจุดหลอมเหลว ที่ 118.0 °C และจุดหลอมเหลวของพลาสติกหลังฝังดินมีค่าลดลง = 119.3 - 118.0 = 1.3°C



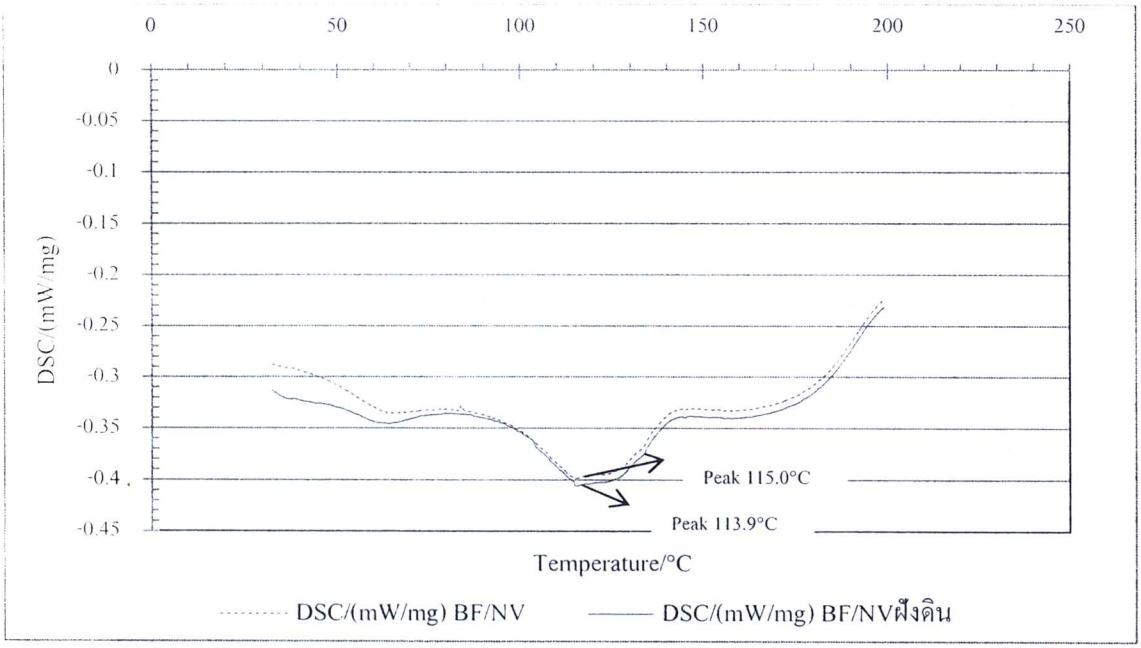
รูปที่ 4.14 แสดงค่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากปิโตรเลียม (BF/PV) เปรียบเทียบระหว่างพลาสติกที่ไม่ฝังกับฝังดิน

จากรูปที่ 4.14 เห็นได้ว่าพลาสติกที่ไม่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.43129 ที่อุณหภูมิ 122.1°C คือ มีจุดหลอมเหลว ที่ 122.1°C ส่วนพลาสติกที่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.4321 ที่อุณหภูมิ 121.5 °C คือ มีจุดหลอมเหลว ที่ 121.5 °C และจุดหลอมเหลวของพลาสติกหลังฝังดินมีค่าลดลง = 122.1- 121.5 = 0.6 °C



รูปที่ 4.15 แสดงค่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SV) เปรียบเทียบกับพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ฝังดิน (BF/SV ฝังดิน)

จากรูปที่ 4.15 เห็นได้ว่าพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง (BF/SV) ที่ไม่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.37673 ที่อุณหภูมิ 122.5°C คือมีจุดหลอมเหลวที่ 122.5 °C ส่วนพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ฝังดิน (BF/SV ฝังดิน) มีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.42483ที่อุณหภูมิ 116.8°C คือมีจุดหลอมเหลวที่ 116.8°C และจุดหลอมเหลวของพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลืองหลังฝังดินมีค่าลดลง = 122.5 - 116.8 = 5.7 °C



รูปที่ 4.16 แสดงค่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส (BF/NV) เปรียบเทียบกับพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลสที่ฝังดิน (BF/NVฝังดิน)

จากรูปที่ 4.16 เห็นได้ว่าพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส (BF/NV) ที่ไม่ฝังดินมีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.39852 ที่อุณหภูมิ 115.0°C คือมีจุดหลอมเหลว ที่ 115.0°C ส่วนพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลสที่ฝังดิน (BF/NV ฝังดิน) มีค่าของความแตกต่างของปริมาณความร้อนมากที่สุด = -0.40049 ที่อุณหภูมิ 113.9°C คือมีจุดหลอมเหลว ที่ 113.9°C และจุดหลอมเหลวของพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลืองหลังฝังดินมีค่าลดลง = 115.0 - 113.9 = 1.1 °C

จากผลในรูปที่ 4.13 – 4.16 สรุปได้ว่าพลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง มีค่าจุดหลอมเหลวลดลงมากที่สุด = 5.7 °C รองลงมาคือ พลาสติกที่ไม่เคลือบ = 1.3°C พลาสติกที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส = 1.1 °C ตามลำดับ ส่วนพลาสติกที่ด้วยวาร์นิชจากปิโตรเลียมนั้น มีการเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมเหลวของพลาสติกน้อยมาก = 0.6 °C

4.2.5 การวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล

น้ำหนักโมเลกุลของสารที่แตกต่างกัน สามารถบ่งบอกถึงโครงสร้างที่แตกต่างกันได้ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงไปหรือการลดลงของน้ำหนักโมเลกุล ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ฝังดิน

น่าได้บ่งชี้ถึงการการเปลี่ยนแปลงไปหรือการลดลงของโครงสร้างของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากการหาน้ำหนักโมเลกุลของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกัน และนำไปทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังเป็นเวลา 90 วัน เปรียบเทียบกับพลาสติกชีวภาพที่ไม่ได้ฝัง พบว่าหลังการฝังพลาสติกมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง (สามารถดูข้อมูลได้จาก ภาคผนวก จ.) ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงน้ำหนักโมเลกุลของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติต่างชนิดกัน ที่ไม่ฝังดินและฝังดิน

ตัวอย่าง	น้ำหนักโมเลกุล		
	ไม่ฝังดิน	ฝังดิน	ผลต่าง
BF	36,199	35,298	1.03 เท่า
BF/PV	37,954	37,810	1.00 เท่า
BF/SV	35,144	34,737	1.01 เท่า
BF/NV	30,949	30,502	1.01 เท่า

จากตารางที่ 4.10 แสดงว่า น้ำหนักโมเลกุลของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชต่างชนิดกัน ลดลงหลังการฝังในดิน โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่เคลือบด้วยวาร์นิชนั้นมีน้ำหนักโมเลกุลลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เคลือบด้วยวาร์นิชจากน้ำมันถั่วเหลือง วาร์นิชจากไนโตรเซลลูโลส และวาร์นิชจากปิโตรเลียม แสดงให้เห็นว่า ชนิดของวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาตินั้น มีผลต่อการย่อยสลายได้ของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยมีผลขัดขวางการย่อยสลายได้ของพลาสติกน้อยกว่าวาร์นิชจากปิโตรเลียม และวาร์นิชที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาตินั้น มีแนวโน้มที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยการฝังดิน

4.2.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่ใช้วาร์นิชต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่ใช้วาร์นิชต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่ใช้วาร์นิชต่างกัน

ประเภทของหมึกพิมพ์	การทดสอบพิมพ์		คุณสมบัติของชั้นหมึกพิมพ์		การย่อยสลาย	ต้นทุนการผลิต
	ค่าความดำ	ความมันเงา	การยึดติดของชั้นหมึกพิมพ์	ความทนทานต่อการขัดถู		
หมึกพิมพ์จากน้ำมันปิโตรเลียม	ปานกลาง	น้อย	ดี	ดี	น้อย	ปานกลาง (150 บาท / กิโลกรัม)
หมึกพิมพ์จากไนโตรเซลลูโลส	สูง	ปานกลาง	ดี	ดี	ปานกลาง	สูง (180 บาท / กิโลกรัม)
หมึกพิมพ์จากน้ำมันถั่วเหลือง	ยอมรับได้	สูง	ดี	ดี	มาก	สูงมาก*

หมายเหตุ หมึกพิมพ์จากน้ำมันถั่วเหลือง มีราคาต้นทุนสูงมาก* เนื่องจาก ทำการผลิตตามสั่ง ยังไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด

จากตารางที่ 4.11 เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหมึกพิมพ์ที่ใช้วาร์นิชชนิดต่างกัน พบว่า หมึกพิมพ์ที่ผลิตจากวาร์นิชทางธรรมชาติ มีค่าความดำ ความมันเงา และการย่อยสลาย ดีกว่าหมึกพิมพ์จากผลิตจากวาร์นิชจากปิโตรเลียม และมีคุณสมบัติของชั้นหมึกพิมพ์ ซึ่งประกอบไปด้วย การยึดติดของชั้นหมึกพิมพ์ และความทนทานต่อการขัดถู ดีพอกันกับหมึกพิมพ์จากผลิตจากวาร์นิชจากปิโตรเลียม ส่วนราคาต้นทุนทางการผลิต พบว่า ราคาของหมึกพิมพ์จากน้ำมันถั่วเหลือง ยังมีราคาค่อนข้างสูงเนื่องจาก ทำการผลิตตามสั่ง ยังไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด และราคาของหมึกพิมพ์จากไนโตรเซลลูโลสมีราคาสูงกว่าหมึกพิมพ์จากปิโตรเลียม แต่หมึกพิมพ์จากไนโตรเซลลูโลสนั้นมีส่วนประกอบของผงสี และวาร์นิชที่มากกว่า ทำให้หมึกพิมพ์ไนโตรเซลลูโลสมีความหนืดสูง จ่ายหมึกได้น้อยและให้ค่าความดำสูง มีความมันเงาดี สามารถพิมพ์งานได้ปริมาณเยอะกว่าหมึกพิมพ์จากปิโตรเลียม และมีสมบัติการยึดติดดี ทนทานต่อการขัดถูได้ดีพอกันกับหมึกพิมพ์จากน้ำมันปิโตรเลียม แสดงให้เห็นว่า หมึกจากไนโตรเซลลูโลสสามารถใช้แทนหมึกพิมพ์จากปิโตรเลียมได้ รวมทั้งเมื่อพิมพ์ลงบนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพแล้ว พลาสติกสามารถย่อยสลายได้ดีเท่ากับพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง และสามารถย่อยสลายได้ดีกว่าพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากปิโตรเลียม