สมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด

MECHANICAL PROPERTIES OF CORNCOB CARBON POWDER FILLED POLYPROPYLENE COMPOSITE FIBERS

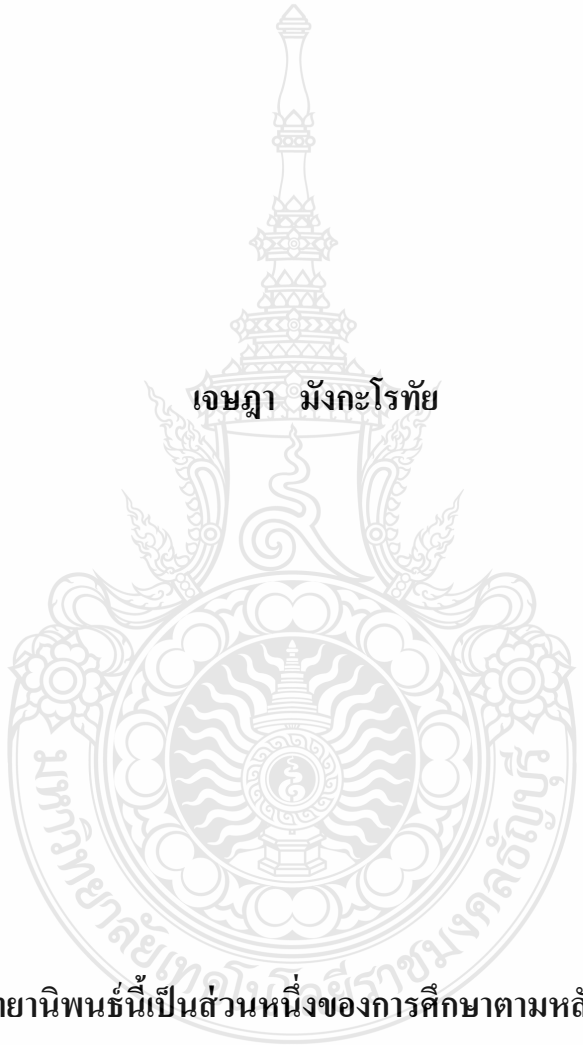
เจษฎา มังกะโรทัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด

เจษฎา มังกะโรทัย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด
ชื่อ – นามสกุล นายเจษฎา มังกะโรทัย
สาขาวิชา สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่มีต่อสมบัติเชิงกล

ในการศึกษา ด้วยการใช้ซังข้าวโพดมาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ถ่านแล้วบดเป็นผงให้ มีขนาดประมาณ 37 ไมโครเมตร นำผงถ่านที่ได้ไปผสมกับผงพอลิโพรพิลีนแล้วอัดรีดผ่านเครื่องรีดเส้นใยแบบปั่นหลอม ได้เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด และนำเส้นใยที่ได้ไปทดสอบหาสมบัติเชิงกลโดยเปรียบเทียบกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในการตรวจสัณฐานวิทยาของผงถ่านและการกระจายของผงถ่านในเส้นใย

การทดลองขึ้นรูปเส้นใย พบว่าการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนได้ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 1.5 สามารถขึ้นรูปเส้นใยและเก็บเข้าหลอดได้เนื่องจากมีสมบัติความยืดหยุ่นดี ส่วนที่อัตราส่วนผสมผงถ่านที่สูงกว่า สามารถขึ้นรูปได้แต่ไม่สามารถเก็บเข้าหลอดได้เนื่องจากเส้นใยเปราะและขาดง่าย ผลการทดสอบสมบัติทางเชิงกลพบว่า การกระจายตัวของผงถ่านในเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านทำให้เส้นใยมีผิวไม่เรียบและทึบแสง ความแข็งแรงต่อแรงดึงและอัตราการยืดตัวของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านเทียบกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน มีค่าลดลงเมื่อส่วนผสมของผงถ่านเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์การหดตัวและค่าดัชนีในการไหลมีค่าลดลงเมื่อส่วนผสมของผงถ่านเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : พอลิโพรพิลีน ผงถ่านจากซังข้าวโพด การผสมผงพอลิโพรพิลีนกับผงถ่าน การรีดเส้นใย

Thesis Title	Mechanical Properties of Corncob Carbon Powder Filled Polypropylene Composite Fibers
Name – Surname	Mr.Jessada Mangkarotai
Program	Textiles
Thesis Advisor	Associate Professor Tirapong Chaichalermvong
Academic Year	2011

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of corncob carbon powders of various content on the subsequent mechanical properties of the composite fibers.

Composite fibers of corncob carbon filled polypropylene were formulated with corncob carbon powder with a range of percent. The corncob carbon was prepared and ground into powders with size of 37 micrometers. The composites were made by compounding and then converted into fibers by melt spinning. Tensile test was used to characterize mechanical properties of various composite fibers. Scanning electron microscope was used to examine initial morphology of corncob carbon powders and corncob carbon powder dispersion in composite fibers.

It found that the composite fibers were only produced up to 1.5 percent of corncob carbon due to flexibility of the resulted fibers for winding. The dispersion of corncob carbon powder made fibers less smoothness and dull. The tensile strength and extension of the test composite fibers decreased with the increasing of corncob carbon powder content. The shrinkage values and flow indices of the composite fibers also decreased with the increasing of corncob carbon powder content.

Keywords : polypropylene, corncob carbon powder, compounding, melt spinning

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรกรรมทำให้เกิดประโยชน์ โดยการนำซังข้าวโพดมาทำเป็นผงถ่านแล้วนำไปผสมกับผงพอลิโพรพิลีนทะนำมาขึ้นรูปเส้นใย วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์จากหลายหน่วยงาน จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์ ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคอยให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เข็มชัย เหมะจันทร รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์ ดร.นที ศรีสวัสดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณราย รักษ์งาร ที่ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและเครื่องทดสอบในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์สุรพล เข้าฉ้อง ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) ที่ให้คำแนะนำเรื่องข้าวโพด รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยการผลิตถ่านจังหวัดสระบุรี สวนพฤกษศาสตร์ภาคกลาง(พุแค) และขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทรุ่น 4 รวมถึงพนักงานบริษัท โปรเทค เวิลด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด , บริษัท เคลฟเวอร์ อินเตอร์เท็กซ์ จำกัด และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ช่วยวิจัยตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยเป็นแรงบันดาลใจและเป็นกำลังใจที่ทำให้ผู้วิจัยมีความมุมานะในการศึกษาปริญญาโทครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เจษฎา มังกะโรทัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3

2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ข้าวโพด 4

2.2 ชนิดของเตาเผาถ่าน 21

2.3 การเผาถ่าน 21

2.4 พอลิโพรพิลีน (Polypropylene) 23

2.5 วิธีการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ 26

2.6 การผสม (Mixing) และการคอมปาวด์ (Compounding) 30

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 35

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 36

3.2 สถานที่ทำการทดลอง 37

3.3 การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน PP 100% 37

3.4 ขั้นตอนการเตรียมถ่านซังข้าวโพด 42

3.5 การขึ้นรูปเส้นใย 46

3.6 การทดสอบเส้นใย 53

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลอง	66
4.1 การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) 100%	66
4.2 การเตรียมซังข้าวโพด	66
4.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด	67
4.4 ผลการทดสอบเส้นใย	70
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปผลการทดลอง	83
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
รายการอ้างอิง	86
ภาคผนวก	88
ภาคผนวก ก กราฟแสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลลอรีเมทรี(Differential Scanning Calorimetry ; DSC)	89
ภาคผนวก ข กราฟแสดงผลการทดสอบ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Datacotor 650	96
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพิ่มเติม	108
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	116
ประวัติผู้เขียน	130

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้จริง (g) 45

4.1 ผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลของโพลิเมอร์ผสม (Melt Flow)เม็ดพอลิโพรพิลีน ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการ Compound 71

4.2 ผลการทดสอบทางความร้อนของเส้นใย เม็ด Chip 75

4.3 บันทึกผลการทดลองการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage) 80

4.4 ผลการทดสอบหาเบอร์ด้าย 81

5.1 ผลการทดสอบ 84

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ลักษณะของต้นข้าวโพด 5

2.2 ฝักข้าวโพด 5

2.3 ข้าวโพดคั่ว 6

2.4 ข้าวโพดฝักอ่อน 6

2.5 ฝักข้าวโพดที่พร้อมเก็บ 7

2.6 หญ้าทริพซาคัม มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์หลายประการ คล้ายคลึงข้าวโพดมาก 9

2.7 ม.จ.สิทธิพร กฤดากร "บิดาแห่งการเกษตรสมัยใหม่ของเมืองไทย 11

2.8 แผนที่แสดงการกระจายแหล่งผลิตข้าวโพดในประเทศไทย 12

2.9 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นข้าวโพด 12

2.10 การเจริญเติบโตของข้าวโพด 14

2.11 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ 16

2.12 ฝักข้าวโพดพันธุ์ป่า 16

2.13 รูปผ่าซีกของเมล็ดข้าวโพด 16

2.14 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ 17

2.15 การเก็บข้าวโพด 18

2.16 ข้าวโพดที่เก็บและปอกเปลือกแล้ว 18

2.17 เครื่องกะเทาะเมล็ดขนาดใหญ่ 19

2.18 ลานตากข้าวโพด 19

2.19 เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ (สวนพฤกษศาสตร์ภาคกลางพุแค) 21

2.20 หัวรีดสำหรับผลิตเส้นใย 26

2.21 แสดงกระบวนการ Melt Spinning 27

3.1 เส้นใยพอลิโพลิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด 35

3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีน 37

3.3 เครื่อง Single Screw Extruder 38

3.4 อ่างน้ำเย็น 38

3.5 เครื่องตัดเม็ด Chip 39

3.6 เส้น Compound ที่ผ่านเครื่องตัดแล้ว 39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.7 เครื่อง Single Screw Extruder 40

3.8 เส้นใยที่ถูกฉีดผ่านหัว Spinneret 40

3.9 เครื่อง Drawing ชุดที่ 1 41

3.10 เครื่อง Heater 41

3.11 เครื่อง Drawing ชุดที่ 2 41

3.12 เครื่อง Winder 42

3.13 ซังข้าวโพด 42

3.14 ถ่านซังข้าวโพด 43

3.15 ถ่านที่ผ่านการบด 43

3.16 ผงถ่านที่ผ่านการกรองขนาด 44

3.17 ชั่งผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพด 45

3.18 ถังผสม 46

3.19 เครื่องผสม 46

3.20 ขั้นตอนการนำผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดผ่านกระบวนการ Compound 47

3.21 เครื่อง Single Screw Extruder 48

3.22 ผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพด 48

3.23 อ่างน้ำเย็น 48

3.24 เส้น PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่าน Compound 49

3.25 เครื่องตัดเม็ด Chip 49

3.26 เส้น Compound ที่ถูกดึงผ่านใบตัด 50

3.27 เม็ด Chip 50

3.28 เครื่อง Single Screw Extruder 51

3.29 เส้นใยที่ถูกฉีดผ่านหัว Spinneret 51

3.30 เครื่อง Drawing ชุดที่1 52

3.31 เครื่อง Heater 52

3.32 เครื่อง Drawing ชุดที่ 2 52

3.33 เครื่อง Winder 53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.34 การเคลือบเส้นใยด้วยทอง 53
3.35 เครื่อง Scanning Electron Microscope 55
3.36 เครื่อง Scanning Electron Microscope 55
3.37 เครื่องทดสอบความสามารถในการไหล 56
3.38 ตัวอย่างพอลิเมอร์เหลว 57
3.39 กล้องจุลทรรศน์ 58
3.40 ตัวอย่างเส้นใย 58
3.41 ตำแหน่งวางแผ่นสไลด์ 58
3.42 ภาพเส้นใยที่ผ่านกล้องขยาย 10 เท่า 59
3.43 เครื่องอัด Pan 60
3.44 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน 60
3.45 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง 61
3.46 ตัดเส้นใยให้ได้ขนาด 12 เซนติเมตร 62
3.47 เส้นใยก่อนการต้ม 63
3.48 การต้มเส้นใย 63
3.49 เครื่องกรอเส้นใย 64
3.50 เส้นใยที่ความยาวเท่ากับ 20 เมตร 64
3.51 เครื่องชั่งน้ำหนัก 65
4.1 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 67
4.2 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1 68
4.3 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 68
4.4 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 2 68
4.5 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 2.5 69
4.6 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 3 69
4.7 เม็ด Chip ขนาด 2 มิลลิเมตร 69
4.8 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 100 เท่า 70
4.9 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 500 เท่า 70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.10 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 1000 เท่า 71

4.11 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 2000 เท่า 71

4.12 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่าน Compound 72

4.13 เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100% 73

4.14 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 73

4.15 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 1 74

4.16 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 74

4.17 ความแข็งแรงของเส้นใย 77

4.18 การยืดตัวก่อนขาดของเส้นใย 78

4.19 การยืดตัวของเส้นใย 79

4.20 เปอร์เซ็นต์การหดตัวผ่านการ Compound 80

4.21 กราฟแสดงการหาเบอร์ด้าย 82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้รายได้ส่วนใหญ่ของประเทศจึงมาจากภาคเกษตรกรรมเป็นหลัก ข้าวโพดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมปลูกกันอย่างแพร่ หลาย โดยข้าวโพดที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละประมาณ 6,000 ล้านบาท ส่วนที่เหลือจะใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์และเก็บไว้ปลูกต่อไป เนื่องจากในบางประเทศประชาชนนิยมรับประทานข้าวโพดเป็นอาหารหลักคล้ายๆ กับคนไทยรับประทานข้าว นอกจากนั้นส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้อีกมาก จึงนับว่าข้าวโพดเป็นพืชที่มีความสำคัญของโลกชนิดหนึ่งรองจากข้าวเจ้า และข้าวสาลี

ข้าวโพดจึงนับเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยข้าวโพดที่ปลูกกันมากในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ข้าวโพดฝักสดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ [1]

ข้าวโพดฝักสดได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเทียน ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าว โพดคั่ว ซึ่งข้าวโพดประเภทนี้เป็นพืชที่ปลูกง่ายและปลูกได้เกือบทุกจังหวัดในประเทศ โดยข้าวโพดฝักสดส่วนใหญ่จะนำมาใช้รับประทานและประกอบอาหาร ในประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกข้าวโพดหวานทั่วประเทศในปี 2549 ประมาณ 500,000 - 600,000 ไร่ และมีแนวโน้มจะมีการขยายพื้นที่ในการปลูกเพิ่มเป็น 800,000 ไร่ ในปี 2550 [2]

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยการนำเอาฝักข้าวโพดไปสีโดยใช้เครื่องสีข้าวโพด เพื่อทำการคัดแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากซังข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการสีแยกเมล็ดแล้ว จะถูกนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ส่วนซังข้าวโพดก็จะถูกนำไปทิ้งโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยในประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใน ปี 2552 (4,430,393ตัน) [3] จากผลผลิตจะได้ซังข้าวโพดเท่ากับ 797,470 ตันต่อปี คิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 18

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลพบว่า ซังข้าวโพดที่เหลือจากการสีแยกเมล็ดแล้วจะถูกนำไปทิ้งหรือไม่ก็จะทำการเผาทิ้งทำให้เกิดควัน เศษฝุ่นละออง ก๊าซพิษส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน จากการศึกษาพบว่าสมบัติ

ของถ่านซังข้าวโพดมีสมบัติในการดูดซับสูงเนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมากและขนาดของรูพรุนมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิตและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะทำการค้นคว้าและนำซังข้าวโพดที่เป็นของเหลือใช้ในทางการเกษตรและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาทำการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาต่อยอด โดยการนำเอาซังข้าวโพดมาทำเป็นผงถ่านแล้วผสมกับพอลิโพรพิลีน เพื่อศึกษาผลกระทบของการเติมถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 นำซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ4452 [4] มาทำการเผาที่เตาเผาถ่านโดยใช้อุณหภูมิ 600°C เพื่อให้ได้ออกมาเป็นถ่านซังข้าวโพด

1.3.2 นำถ่านซังข้าวโพดที่ได้มาทำการบดให้ละเอียด

1.3.3 นำผงถ่านซังข้าวโพดที่ได้ไปผสมกับผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene)แล้วอัดรีดผ่านเครื่องฉีดเส้นใยแบบปั่นหลอม (Melt spinning) เพื่อให้ได้เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด

1.3.4 ทดสอบเปรียบเทียบกับเส้นใยพอลิโพรพิลีน 100%ทางเชิงกลดังนี้

- การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผงถ่านซังข้าวโพดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)รุ่นJSM-6510
- การทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI)
- ผลการทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope ; OM)
- ผลการทดสอบสมบัติเชิงทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC)
- ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength & Elongation & Tenacity)
- การทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage)
- การทดสอบหาเบอร์ด้าย (Denier)

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่มีการผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.4.1 ศึกษาข้อมูลข้าวโพดที่ปลูกในประเทศ : เป็นขั้นตอนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้าวโพด

1.4.2 ขั้นตอนการเตรียมงาน : ศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านและการฉีดเส้นใยสังเคราะห์

1.4.3 ขั้นตอนการเผาซังข้าวโพด : เป็นขั้นตอนที่หาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ถ่านซังข้าวโพดที่เหมาะสมในการใช้งานร่วมกับการผลิตเส้นใย

1.4.4 ขั้นตอนการทดสอบผงถ่านข้าวโพด : เป็นขั้นตอนที่ทดสอบผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ทำการผลิตได้

1.4.5 ขั้นตอนการผลิตเส้นใยผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด : เป็นขั้นตอนที่ใช้ผงจากซังข้าวโพดร่วมในการผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยผ่านกระบวนการผสมผงถ่านกับพอลิโพรพิลีน

1.4.6 สรุปผลวิเคราะห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูล ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ข้าวโพด

2.2 ชนิดของเตาเผาถ่าน

2.3 การเผาถ่าน

2.4 พอลิโพรพิลีน

2.5 การผลิตเส้นใยประดิษฐ์

2.6 การผสมและการคอมปาวด์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวโพด

ชื่ออื่น : ข้าวสาลี สาลี (เหนือ) คง (กระบี่) โพด (ใต้) บือเคเส่ะ (กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ชื่อภาษาอังกฤษ :(Maize ,Corn)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zea May Linn*

ชื่อวงศ์ : GRAMINEAE [5]

ต้นข้าวโพดมีลักษณะตั้งตรงคล้ายต้นอ้อย ลำต้นเป็นปล้อง ใบยาวเรียวเกาะติดกับต้นตรงข้อ ฝักข้าวโพดจะเกิดตรงข้อ อยู่ที่กลางๆ ลำต้น ฝักข้าวโพดที่ยังมีเปลือกหุ้มอยู่ เปลือกเป็นกลีบบางๆ สีเขียว มีหลายชั้น ชั้นนอกสีเขียวแก่กว่าชั้นใน ปลายฝักมีเส้นเล็กๆ เหมือนเส้นผม เรียกว่า ไหมข้าวโพด

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นข้าวโพด

ข้าวโพดที่เรารับประทานนั้น เขาปอกเปลือกออกจากฝักแล้ว เมล็ดข้าวโพดที่เรารับประทานเกาะติดอยู่กับแกนกลาง ซึ่งเราเรียกว่า ซังข้าวโพด เราต้ม ปิ้ง และคั่วข้าวโพด บางทีเราเอาข้าวโพดที่ต้มแล้ว ไปฝานเมล็ดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ คลุกมะพร้าวที่ขูดแล้ว

ภาพที่ 2.2 ฝักข้าวโพด

ข้าวโพดคั่ว คือเมล็ดข้าวโพดที่แก่จัดและตากแห้งแล้ว นำมาคั่วด้วยไปธรรมดา หรือใช้เครื่องคั่วไฟฟ้า เมล็ดข้าวโพดถูกความร้อนก็จะปะทุออกเป็นเม็ดใหญ่ สีขาว กรอบ และอร่อย ข้าวโพดคั่วนี้ บางทีคนขายนำไปคลุกน้ำตาลเคี่ยวทำให้รสหวานกินอร่อยเหมือนกัน

ภาพที่ 2.3 ข้าวโพดคั่ว [6]

ข้าวโพดอ่อนมีขนาดเท่านิ้วก้อย เราใช้ข้าวโพดอ่อนทำกับข้าว เช่น ผัดกุ้ง หรือใส่แกงเลียง เมล็ดข้าวโพดเป็นอาหารของคน เมล็ด ลำต้น และใบข้าวโพด ยังใช้เป็นอาหารของสัตว์บางชนิดด้วย

ภาพที่ 2.4 ข้าวโพดฝักอ่อน [6]

ข้าวโพดเป็นพืชพวกหญ้า นิยมปลูกแพร่หลายในประเทศไทยและต่างประเทศ คนไทยรู้จักรับประทานข้าวโพดในรูปของฝักสด ต้มหรือเผา โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดหวานและข้าวโพดข้าวเหนียว ฝักอ่อนใช้ปรุงอาหารได้คล้ายๆ หน่อไม้ นอกจากรับประทานฝักสดแล้วยังนิยมรับประทาน ข้าวโพดคือ เมล็ดข้าวโพดที่ตากแห้งแล้วนำมาคั่ว

ข้าวโพดที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละประมาณ 6,000 ล้านบาท ส่วนที่เหลือเลี้ยงสัตว์และเก็บไว้ปลูกต่อไป ในบางประเทศ

ประชาชนนิยมรับประทานข้าวโพดเป็นอาหารหลักคล้ายๆ กับคนไทยรับประทานข้าว นอกจากนั้น ส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้อีกมาก จึงนับว่า ข้าวโพดเป็นพืชที่มีความสำคัญของโลกชนิดหนึ่งรองจากข้าวเจ้า และข้าวสาลี

ข้าวโพดมีลำต้นแข็งแรงและตั้งตรงคล้ายต้นอ้อย ความสูงของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์อาจสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ไปจนถึง 6 เมตร ลำต้นเป็นปล้องๆ อาจมีตั้งแต่ 8-20 ปล้อง ช่อดอกตัวเมียซึ่งจะเจริญเป็นฝักข้าวโพดเกิดที่ข้อประมาณกลาง ๆ ต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายฝักก็ได้ สำหรับช่อดอกตัวผู้นั้น อยู่ตรงส่วนยอดของลำต้น เนื่องจากมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่ในต้นเดียวกัน ข้าวโพดจึงเป็นพืชที่ผสมข้ามตามธรรมชาติ กล่าวคือ ละอองเกสรตัวผู้จากต้นหนึ่งจะปลิวไปผสมกับดอกตัวเมียของต้นอื่นเป็นส่วนมาก

การปลูกข้าวโพดทำได้ง่าย เนื่องจากข้าวโพดขึ้นได้ดีเกือบทุกท้องที่ที่มีความชื้นเพียงพอในแถบร้อน แถบอบอุ่น และแม้แต่แถบหนาวก็ปลูกข้าวโพดได้ ที่ดินเหมาะแก่การปลูกข้าวโพดเพราะระบายน้ำได้ดี ก่อนปลูกควรเตรียมดินให้ดี การปลูกใช้เมล็ดปลูก โดยหยอดเมล็ดลงไปในหลุมๆ ละ ประมาณ 2-3 เมล็ด ระยะระหว่างหลุมห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตร และควรเป็นแถวห่างกันประมาณ 1 เมตร หลังจากนั้น ดูแลรักษาให้ดีเหมือนพืชอื่น เช่น คอยถอนวัชพืชทิ้ง อายุของข้าวโพดตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิด ข้าวโพดหวานจะออกฝักให้เก็บได้ใน 60-70 วันหลังจากปลูกข้าวโพดไร่ต้องใช้เวลาประมาณ 110-120 วัน จึงเก็บฝักแก่ได้

ภาพที่ 2.5 ฝักข้าวโพดที่พร้อมเก็บ [6]

2.1.1 แหล่งปลูกข้าวโพด

ข้าวโพดสามารถปลูกได้อย่างกว้างขวางทั่วโลกตั้งแต่ละติจูดที่ 58 องศา ในประเทศแคนาดา ผ่านเขตโซนร้อนลงมาจนถึงเขตตอนใต้ประมาณละติจูดที่ 35-40 ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ซึ่งมีระดับ เดียวกับน้ำทะเลไปจนถึงพื้นที่ระดับสูงกว่าน้ำทะเล 3,000-3,900 เมตร ในประเทศเปรูและเม็กซิโก แหล่งผลิตข้าวโพดสำคัญ ๆ เรียงตามปริมาณการผลิตมากไปหาน้อย คือ สหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียตรัสเซีย เม็กซิโก สหภาพแอฟริกาใต้ อาร์เจนตินา รูมาเนีย ยูโกสลาเวีย อินเดีย อิตาลี ฝรั่งเศส และอินโดนีเซีย

สำหรับในประเทศไทยอาจกล่าวได้ว่า ข้าวโพดสามารถปลูกได้ดีทุกภาค จังหวัดที่ผลิตข้าวโพดมากในแต่ละภาค เรียงตามปริมาณการผลิตมากไปหาน้อย ดังนี้

ภาคกลาง มี เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครสวรรค์ สระบุรี พิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย และปราจีนบุรี

ภาคเหนือ มี แพร่ น่าน เชียงราย และเชียงใหม่

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มี นครราชสีมา ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ขอนแก่น และชัยภูมิ

ภาคใต้ ปลูกมากที่ สงขลา สุราษฎร์ธานี และ นครศรีธรรมราช

2.1.2 ประวัติและถิ่นฐานดั้งเดิมของข้าวโพด

พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ปลูกในปัจจุบันนี้ เป็นพืชที่ไม่สามารถขึ้นเองได้ถ้ามนุษย์ไม่ให้การปฏิบัติรักษาเท่าที่ควร ไม่มีใครทราบเกี่ยวกับรากฐานดั้งเดิมว่า พืชนี้เปลี่ยนจากพืชป่ามาเป็นพืชเลี้ยงเมื่อใด แต่คงเป็นเวลานับพัน ๆ ปีมาแล้ว นักภูมิศาสตร์และนักโบราณคดีหลายท่านสันนิษฐานว่ามนุษย์รู้จักปลูกข้าวโพดกันมากกว่า 4,500 และในข้อเท็จจริงเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาและถิ่นฐานดั้งเดิมของข้าวโพดนั้น ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีผู้ใดทราบแน่ชัด ถึงแม้ว่าได้มีนักค้นคว้าหลายท่านได้ทำการศึกษา และให้ข้อสันนิษฐานต่าง ๆ มานาน แต่ก็ยังมีเหตุผลหลายประการที่ขัดแย้งกันอยู่ บางท่านสันนิษฐานว่า ข้าวโพดอาจมีถิ่นฐานในแถวที่ราบสูงซึ่งเป็นที่ตั้งของประเทศเปรู โบลิเวีย และเอกวาดอร์ ในทวีปอเมริกาใต้ เนื่องจากมีผู้พบข้าวโพดพันธุ์พื้นเมืองหลายพันธุ์มีความปรวนแปรในด้านกรรมพันธุ์และมีลักษณะต่าง ๆ ผิดแผกกันมาก นอกจากนี้ข้าวโพด บางชนิดที่มีลักษณะคล้ายข้าวโพดป่ายังพบขึ้นในแถบนั้นอีกด้วย แต่บางท่านก็ให้ข้อคิดว่า ในแถบอเมริกากลางและตอนใต้ของประเทศเม็กซิโก น่าจะเป็นแหล่งกำเนิดข้าวโพดมากกว่า เพราะมีหญ้าพื้นเมืองขึ้นบริเวณนี้ 2 ชนิด คือ หญ้าทริพซาคัม (Trip saxum) และหญ้าทิโอซินเท (Teosinte) ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษาศาสตร์หลายประการคล้ายคลึงกับข้าวโพดมาก นอกจากนี้ยังมีนักโบราณคดีได้ขุดพบซากซังของข้าวโพดปนกันอยู่กับซากของโบราณวัตถุต่าง ๆ ซึ่งฝังอยู่ใต้ดินลึกถึง 28 เมตร บริเวณเมืองหลวงของประเทศ

เม็กซิโกในบริเวณถ้ำและสุสานหลายแห่งจากการพิสูจน์ตามหลักวิทยาศาสตร์ทำให้ทราบว่าซากสิ่งของเหล่านี้มีอายุนานกว่า 4,000 ปี ซึ่งแสดงว่ามีข้าวโพดปลูกอยู่ในแถบนี้เป็นเวลานานนับพันปีมาแล้ว นอกจากนี้บางท่านได้ให้ความเห็นอีกว่า ข้าวโพดบางชนิดอาจมีรากฐานอยู่ในเอเชียก็ได้ เพราะพืชพื้นเมืองหลายอย่างในแถบนี้จะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้ายข้าวโพดมาก เช่น ลูกเดือย และอ้อน้ำแต่อย่างไรก็ตาม ทั้งหมดนี้เป็นข้อสันนิษฐานและเหตุผลของแต่ละท่านยังไม่มีประจักษ์พยานยืนยันแน่ชัดคงจะต้องถกเถียงและค้นคว้าหาความจริงกันต่อไปอีก

สำหรับพืชดั้งเดิมของข้าวโพดนั้น ได้มีนักพฤกษศาสตร์และนักพันธุศาสตร์ ตั้งสมมุติฐานขึ้นต่าง ๆ กัน เนื่องจากข้าวโพดมีส่วนใกล้เคียงกับหญ้าทริพซาคัม และทิโอซินเทมาก บางท่านจึงเชื่อว่าหญ้าพวกนี้เป็นบรรพบุรุษของข้าวโพด อย่างไรก็ตาม จากการทดลองผสมพันธุ์ระหว่างข้าวโพดกับหญ้าทริพซาคัม ปรากฏว่า ได้ลูกผสมออกมาเป็นหญ้าทิโอซินเท นอกจากนั้น ความแตกต่างทางพันธุกรรมของข้าวโพดกับหญ้าทั้งสองชนิดนี้ทำให้หลายท่านสรุปได้ว่าหญ้าทั้ง 2 ชนิด นั้นไม่ได้เป็นพืชดั้งเดิมของข้าวโพด ข้าวโพดที่ปลูกอยู่ทุกวันนี้ คงจะวิวัฒนาการมาจากข้าวโพดพันธุ์ป่า (Pod maize) อย่างแน่นอน ดังนั้น หญ้าทริพซาคัม และ ทิโอซินเท ก็ควรเป็นพืชดั้งเดิมเดียวกับข้าวโพด หากแต่ได้วิวัฒนาการมาคนละสาย จึงมีลักษณะแตกต่างกันในปัจจุบัน

ภาพที่ 2.6 หญ้าทริพซาคัม มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์หลายประการ คล้ายคลึงข้าวโพดมาก [6]

2.1.3 ประวัติของข้าวโพดในประเทศไทย

ปัจจุบันนี้ไม่อาจทราบแน่ชัดว่าบรรพบุรุษของไทยเรา รู้จักปลูกข้าวโพดกันมาตั้งแต่เมื่อใด ถึงแม้จะมีนักค้นคว้าบางท่านกล่าวว่า ชนชาติไทยอาจรู้จักปลูกข้าวโพดกันมาก่อนที่จะอพยพมาตั้งถิ่นฐานอยู่ในแหลมทองเสียอีก บางท่านสันนิษฐานว่าได้รับข้าวโพดมาจากอินเดีย แต่ทั้งนี้ไม่มีหลักฐานยืนยันได้แน่ชัดเอกสารเก่าแก่ที่พบเป็นจดหมายเหตุของลูแบร์ (Monsieur de la loubere) ชาวฝรั่งเศสที่เข้ามาเมืองไทยในสมัยแผ่นดินสมเด็จพระนารายณ์มหาราชระหว่างปี พ.ศ. 2230-2231 โดยได้เขียนไว้ว่า "คนไทยปลูกข้าวโพดแต่ในสวนเท่านั้น และต้มกินหรือเผากินทั้งฝักโดยมิได้ปอกเปลือกหรือกะเทาะเมล็ดเสียก่อน" เขายังได้อธิบายถึงข้าวโพดสาลี (Kaou-possali) ว่า เป็นอาหาร

เฉพาะพระเจ้าแผ่นดิน จดหมายเหตุฉบับนี้ทำให้พอทราบว่าข้าวโพดมีปลูกในประเทศไทยมาตั้งแต่สมัยนั้นแล้ว หากแต่ปลูกกันไม่มากนักคงจะปลูกกันอย่างพืชหายาก หรือพืชแปลกที่นำมาจากที่อื่น

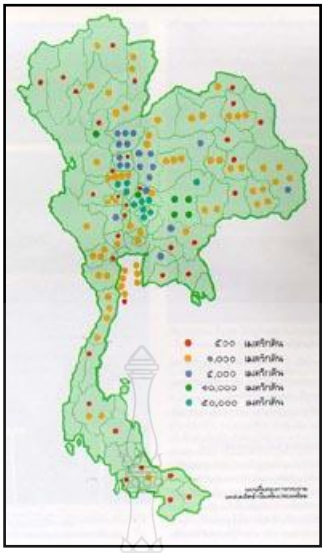
ข้าวโพดในสมัยโบราณของไทย อาจเป็นพืชหลวงหรือพืชหายากดังกล่าวมาแล้ว ราษฎรสามัญอาจไม่ได้ปลูกกันมาก แต่เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่มีความเหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศของไทย และปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ฉะนั้น ในระยะต่อมาจึงได้ขยายพันธุ์ออกไปในหมู่ประชาชนอย่างแพร่หลายแต่ก็คงมีการปลูกกันไม่มากนัก เพราะไม่ใช้เป็นอาหารหลักเหมือนข้าวเจ้า ส่วนมากคงปลูกในสวนในที่ดอน หรือในที่ที่น้ำไม่ท่วม เพื่อรับประทานแทนข้าวบ้างในยามเกิดทุพภิกขภัยเมื่อทำนาไม่ได้ผล การปลูกข้าวโพดในสมัยก่อน ๆ นั้นจึงไม่สู้มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเท่าใดนัก

ในสมัยหลังสงครามโลกครั้งที่ 1 นับว่าเป็นยุคต้นๆ ของการกสิกรรมสมัยใหม่ของประเทศไทยหรือที่เรียกกันว่า "การกสิกรรมบนดอน" โดยที่ได้มีนักเกษตรรุ่นแรกหลายท่านที่ได้ไปศึกษาการเกษตรแผนใหม่มาจากต่างประเทศ และได้เล็งเห็นความสำคัญของการปลูกพืชไร่หรือพืชดอนเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเพื่อการทำไร่นาผสมอันเป็นการบุกเบิกแนวใหม่ของการกสิกรรมในประเทศไทย ซึ่งแต่เดิมเคยยึดมั่นอยู่แต่ข้าวเพียงอย่างเดียว ให้ขึ้นอยู่กับพืชอื่นๆ อีกหลายชนิด ในบรรดาพืชไร่เหล่านี้ก็มีข้าวโพดรวมอยู่ด้วย แต่เดิมข้าวโพดที่มีปลูกกันในประเทศไทยขณะนั้นเป็นชนิดหัวแข็ง (Flint corn) และมีสีเหลืองเข้มแต่เมล็ดมีขนาดเล็กมาก เป็นพันธุ์ที่นำมาจากอินโดจีนต่อมา ม.จ. สิทธิพร กฤดากร อดีตอธิบดีกรมเพาะปลูก (กรมวิชาการเกษตรในปัจจุบัน) ซึ่งได้ลาออกไปทำฟาร์มส่วนตัวที่ตำบลบางเบิด อำเภอสะพานใหญ่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อประมาณปี พ.ศ.2463 ได้ทดลองสั่งพันธุ์ข้าวโพดไร่ชนิด หัวบุบ (Dent corn) มาจากสหรัฐอเมริกา และทดลองปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศไทยจำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์นิโคลสันเยลโลเดนต์ (Nicholson's yellow

dent) ซึ่งมีเมล็ดสีเหลือง และพันธุ์เม็กซิกันจูน (Mexican june) ซึ่งมีเมล็ดสีขาว โดยได้ทดลองปลูกที่ฟาร์มบางเบิด เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2467 เพื่อใช้เมล็ดเลี้ยงไก่ไข่ขายส่งตลาดกรุงเทพฯและเลี้ยงสุกรขายตลาดปีนัง นอกจากนี้ ท่านยังได้ส่งไปขายเป็นอาหารไก่ในประเทศญี่ปุ่นอีกด้วย และได้รายงานไว้ว่าข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์นี้ขึ้นได้ดีมาก

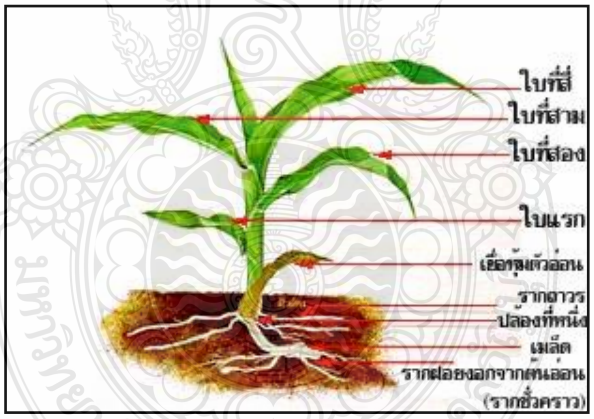
ภาพที่ 2.7 ม.จ.สิทธิพร กฤดากร บิดาแห่งการเกษตรสมัยใหม่ของเมืองไทย [6]

ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2469 โรงเรียนฝึกหัดครูประถมกสิกรรมของกระทรวงศึกษาธิการ ภายใต้การควบคุมของพระยาเทพศาสตร์สถิตย์ ซึ่งตั้งอยู่ตำบลบางสะพานใหญ่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้นำไปทดลองปลูกที่โรงเรียนก็ได้ผลดีมาก ครั้นเมื่อโรงเรียนย้ายมาอยู่ทับกวาง ได้นำข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์มาปลูกแบบการค้าเป็นการใหญ่ โดยใช้เครื่องมือทุ่นแรงต่าง ๆ ปรากฏว่า ได้ฝักใหญ่และงามดีมาก เพราะดินเป็นดินใหม่หลวงชุณห์กสิกรได้รายงานว่า ข้าวโพดพันธุ์เม็กวิกันจูน ซึ่งทดลองปลูกที่โรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรทับกวางได้ผลเฉลี่ย 2,300 ฝัก/ไร่ หรือเมล็ดแก่ 825 ปอนด์/ไร่ โดยพืชที่ปลูกระหว่างหลุมข้าวโพดมีถั่วฝักยาว ส่วนระหว่างแถวมีถั่วลิสงและพริกขี้หนู ดินที่ปลูกไม่ได้รับการบำรุงจากปุ๋ยอะไรเลย และขณะนั้น ขายได้ราคาปอนด์ละ 10 สตางค์ ปรากฏว่าได้กำไรไร่ละ 30 บาท ต่อมาโรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรมแห่งนี้ได้ทำการปลูกข้าวโพดทั้ง 2 พันธุ์เป็นการค้าเรื่อยมาเป็นเวลาหลายปีและเมล็ดพันธุ์ก็ได้แพร่หลายไปในหมู่กสิกรจังหวัดใกล้เคียง เช่น ลพบุรี สระบุรี นครราชสีมา โดยกสิกรได้คัดเลือกและเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง และได้รู้จักกันในนามของข้าวโพดฟันม้าบ้างหรือข้าวโพดพันธุ์ปากช่องบ้าง ซึ่งต่อมาได้แพร่หลายไปตามแหล่งต่าง ๆ



ภาพที่ 2.8 แผนที่แสดงการกระจายแหล่งผลิตข้าวโพดในประเทศไทย [6]

2.1.4 ลักษณะทั่ว ๆ ไปและลักษณะทางพฤกษศาสตร์



ภาพที่ 2.9 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นข้าวโพด [6]

ราก รากแรกที่ออกมาจากคัพภะ (Embryo) เป็นรากชั่วคราวเรียกว่า ไพรมารี (Primary) หรือ เซมินัล (Seminal) หลังจากข้าวโพดเจริญเติบโตได้ประมาณ 7-10 วัน รากฉาวรจะงอกขึ้นรอบๆ ข้อปลาย ๆ ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 1-2 นิ้ว รากฉาวรนี้ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร และแทงลึกลงไปในดินแนวดิ่งยาวมากซึ่งอาจยาวถึง 300 เซนติเมตร รากของข้าวโพดเป็นระบบรากฝอย (Fibrous root system) นอกจากรากที่อยู่ใต้ดินแล้ว

ยังมีรากยึดเหนี่ยว (Bracer root) ซึ่งเกิดขึ้นรอบ ๆ ข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน และบางครั้งรากพวกนี้ยังช่วยหยั่งยึดพื้นดินอีกด้วย

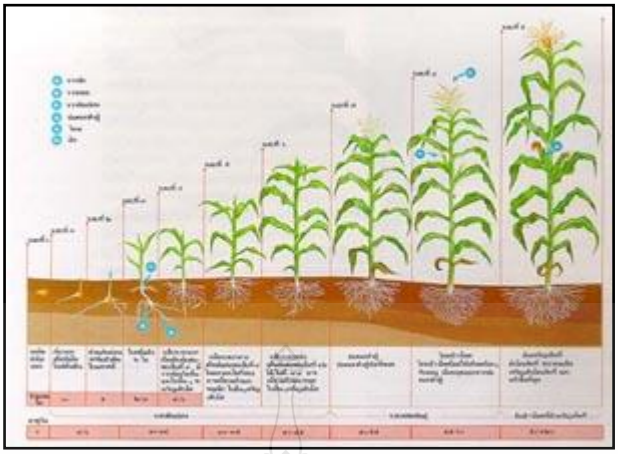
ลำต้น ข้าวโพดมีลำต้นแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง มีความยาวตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 8 เมตร แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ตามลำต้นมีข้อ (Node) และปล้อง (Internodes) ปล้องที่อยู่ในดินและใกล้ผิวดินสั้น และจะค่อย ๆ ยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินจะมีจำนวนประมาณ 8-20 ปล้อง พันธุ์ข้าวโพดส่วนมากลำต้นสดมีสีเขียว แต่บางพันธุ์มีสีม่วง ข้าวโพดแตกกอไม่มากนัก ส่วนมากไม่แตกกอทั้งนี้ แล้วแต่ชนิดพันธุ์และสิ่งแวดล้อม ข้าวโพดที่แตกกอได้ 3-4 ต้น เช่น ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดที่ปลูกในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ อาจแตกกอได้ตั้งแต่ 7-10 ต้น

ใบ ข้าวโพดมีใบลักษณะยาวรี คล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ประกอบด้วยตัวใบ กาบใบ และเขี้ยวใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบสีเขียว บางพันธุ์ใบสีม่วงและบางพันธุ์ใบลายจำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8-48 ใบ

ดอก ข้าวโพดจัดเป็นพวกโมโนอิเซียส (Monocots) คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ (Tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (Anther) 3 อับ แต่ละอับจะมีเรณูเกสร (Pollen grain) ประมาณ 2,500 เม็ด ดังนั้นข้าวโพดต้นหนึ่ง จึงมีเรณูเกสรอยู่เป็นจำนวนหลายล้าน และสามารถปลิวไปได้ไกลกว่า 2,000 เมตร ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อ เกิดขึ้นตอนข้อกลาง ๆ ลำต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายช่อแล้วแต่ชนิดพันธุ์ ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) และเส้นไหม (Silk หรือ Style) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อดอกซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่ ดอกพวกนี้พร้อมที่จะผสมพันธุ์ หรือรับละอองเกสรได้เมื่อเส้นไหมโผล่ออกมา หลังจากได้รับการผสมเส้นไหมจะแห้งเหี่ยวและรังไข่เจริญเติบโตเป็นเมล็ด ช่อดอกตัวเมียที่รับการผสมแล้วเรียกว่า ฝัก (Ear) แต่ละฝักอาจมีเมล็ดมากถึง 1,000 เมล็ด แกนกลางของฝักเรียกว่า ซัง (Cob)

2.1.5 การเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมล็ดข้าวโพดจัดเป็นพวกไม่มีระยะการพักตัว (Seed dormancy) เมื่อเมล็ดแก่เก็บเกี่ยวแล้วสามารถนำไปปลูกได้เลย เมื่อเมล็ดแก่เก็บเกี่ยวแล้ว สามารถนำไปปลูกได้เลย เมื่อฝังเมล็ดลงไปในดิน เมล็ดจะงอกโผล่พ้นผิวดิน และใบแรกคลี่ออกให้เห็นภายในประมาณ 4-6 วัน (ระยะที่ 1-2 ในภาพ) หลังจากผสมเกสร



ภาพที่ 2.10 การเจริญเติบโตของข้าวโพด [6]

2.1.6 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดอาจจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1) การจำแนกทางพฤกษศาสตร์

การจำแนกแบบนี้ถือเอาลักษณะของแป้งและเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นหลัก จำแนกออกเป็น 7 ชนิด คือ

- ข้าวโพดหัวบุบ (Dent corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อินเดนทาทา (Zea mays indentata) เมล็ดตอนบนมีรอยบุ๋ม เนื่องจากตอนบนมีแป้งอ่อนและตอนข้างๆ เป็นแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากเมล็ดให้แห้งแป้งอ่อนจะยุบหดตัวลง จึงเกิดลักษณะหัวบุบดังกล่าว ขนาดของลำต้น ความสูง เหมือนข้าวไร่ทั่ว ๆ ไป สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง หรือสี อื่น ๆ แล้วแต่พันธุ์ นิยมปลูกกันมากในสหรัฐอเมริกา

- ข้าวโพดหัวแข็ง (Flint corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมยส์ อินดูราทา (Zea mays in durata) เมล็ดมีแป้งแข็งห่อหุ้มโดยรอบ หัวเรียบไม่บุบเมล็ดค่อนข้างกลม มีปลูกกันมากในเอเชียและอเมริกาใต้ ข้าวโพดไร่ของคนไทยมีนิยมปลูกกันอยู่เป็นชนิดนี้ทั้งสิ้นสีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง สีม่วง หรือสีอื่นแล้วแต่ชนิดของพันธุ์

- ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส แซคคาราทา (Zea mays saccharata) นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เพื่อรับประทานฝักสด เพราะฝักมีน้ำตาลมาก ทำให้มีรสหวาน เมื่อแก่เต็มที่หรือแห้งเมล็ดจะหดตัวเหี่ยวย่น (รายละเอียดอ่านเรื่องข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน)

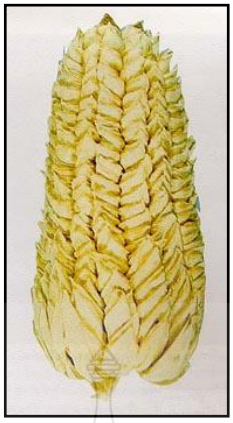
- ข้าวโพดคั่ว (Pop corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อีเวอร์ทา (Zea mays everta) เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ใน ภายนอกห่อหุ้มด้วยเยื่อที่เหนียวและยืดตัวได้ เมล็ดมีความชื้นภายในอยู่พอสมควร เมื่อถูกความร้อนจะเกิดแรงดันภายในเมล็ดระเบิดตัวออกมา เมล็ดอาจมีลักษณะกลมหรือหัวแหลมก็ได้ มีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ม่วง

- ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส เซอราทินา (Zea maysceratina) เมล็ดมีแป้งอ่อนคล้ายแป้งมันสำปะหลังนิยมปลูกเพื่อรับประทานฝักสดคล้ายข้าวโพดหวานแม้จะไม่หวานมาก แต่เมล็ดนิ่ม รสอร่อย ไม่ติดฟัน เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน เหลือง ขาว ส้ม ม่วง หรือมีหลายสีในฝักเดียวกัน

- ข้าวโพดแป้ง (Flour corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อะมิโลเซีย (Zea mays amylocea) เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก เมล็ดค่อนข้างกามหัวไม่บุบ หรือบุบเล็กน้อย นิยมปลูกในอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐอเมริกา ชาวอินเดียนแดงนิยมปลูกไว้รับประทานเป็นอาหาร

- ข้าวโพดป่า (Pod corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส ทูนิกา (Zea mays tunica) มีลักษณะใกล้เคียงข้าวโพดพันธุ์ป่า มีลำต้น และฝักเล็กกว่าข้าวโพดธรรมดา ขนาดเมล็ดค่อนข้างเล็กเท่าๆ กับเมล็ดข้าวโพดมีขั้วเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่งเหมือนข้าวโพดธรรมดาทั่ว ๆ ไป เมล็ดมีลักษณะต่าง ๆ กัน (ดังแสดงในภาพที่ 2.12) ข้าวโพดชนิดนี้ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

ภาพที่ 2.11 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ (จากซ้ายไปขวา) ข้าวโพดหัวแข็ง ข้าวโพดหัวบุบ ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดข้าว-เหนียวและข้าวโพดคั่ว [6]

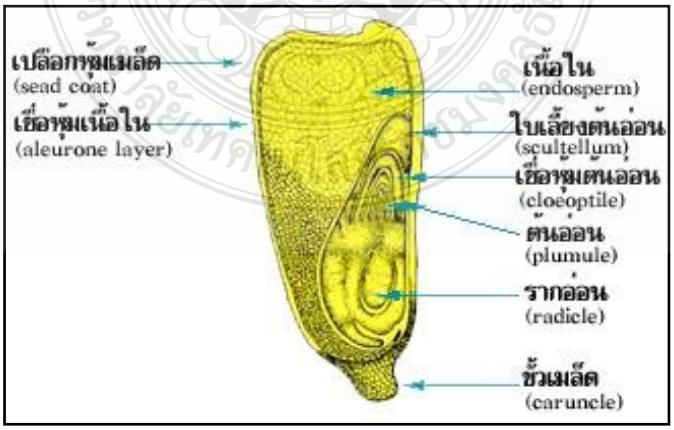


ภาพที่ 2.12 ฝักข้าวโพดพันธุ์ป่า [6]

2) การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการปลูก อาจจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือ ข้าวโพดใช้เมล็ด (Grain corn) ปลูกเพื่อเก็บเมล็ดแก่ใช้เป็นอาหารสัตว์และมนุษย์ หรือทำอุตสาหกรรมอย่างอื่น

- ข้าวโพดหมัก (Silage corn) ปลูกเพื่อตัดต้นสดมาหมักใช้เป็นอาหารสัตว์
- ข้าวโพดอาหารสัตว์ (Fodder corn) ปลูกเพื่อตัดต้นสดไปใช้เลี้ยงสัตว์
- ข้าวโพดฝักอ่อน (Baby corn) ในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อเก็บฝักอ่อนไปใช้ในการปรุงอาหาร (รายละเอียดอ่านเรื่องข้าวโพดฝักอ่อน)

พันธุ์ข้าวโพดที่ปลูกเพื่อวัตถุประสงค์แต่ละอย่างมีลักษณะไม่เหมือนกัน พวกปลูกเพื่อใช้เมล็ดต้องใช้พันธุ์ที่มีผลิตผลของเมล็ดสูง แต่พวกที่ปลูกเพื่อตัดต้นสดไปหมัก หรือให้สัตว์กินโดยตรง มักจะใช้พันธุ์ที่มีลำต้นสูงหรือพันธุ์ที่มีการแตกกอมาก เพื่อจะได้ปริมาณต้นและใบมาก ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนนั้น นิยมใช้พันธุ์ที่มีหลายฝักต่อต้น เช่น ข้าวโพดหวาน



ภาพที่ 2.13 รูปผ่าซีกของเมล็ดข้าวโพด [6]

2.1.7 พันธุ์ข้าวโพด

ข้าวโพดที่นิยมปลูกกันอยู่ทั่ว ๆ ไป อาจจำแนกพันธุ์ได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1) พันธุ์ลูกผสม (Hybrids) นิยมปลูกในประเทศที่วิทยาการทางการเกษตรเจริญมากแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดพวกนี้มีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมไม่ดี หรือเปลี่ยนแปรไปตามสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่ได้ใส่ปุ๋ยเพียงพอ ไม่กำจัดวัชพืช มีน้ำไม่พอ ข้าวโพดพวกนี้จะให้ผลิตผลไม่ดี นอกจากนั้น การใช้ข้าวโพดลูกผสมจะต้องซื้อเมล็ดใหม่มาปลูกทุกปี เพราะถ้าใช้เมล็ดเก่าเก็บจากไร่จะกลายพันธุ์ไป

2) พันธุ์ผสมปล่อย (Open-pollinated variety) พันธุ์ข้าวโพดชนิดนี้ หากได้รับการปรับปรุงพันธุ์อย่างดี อาจให้ผลิตผลได้ไม่แพ้พันธุ์ลูกผสม นอกจากนั้นพันธุ์พวกนี้ยังปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างกว้างขวาง แม้ดินฟ้าอากาศจะเปลี่ยนแปรไป ก็ยังให้ผลิตผลพอใช้ได้ นอกจากนั้น ชาวไร่ยังสามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ต่อไปได้อีกอย่างน้อย 2-3 ปี หรือถ้ารู้จักคัดเลือกพันธุ์เอง อาจไม่ต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ใหม่อีกก็ได้ พันธุ์ข้าวโพดพวกนี้ อาจแยกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- พันธุ์ผสมรวม (Composite) เป็นการรวมพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน วิธีรวมง่าย ๆ ก็โดยเอาเมล็ดจำนวนเท่า ๆ กัน จากแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์มารวมกันเข้า แล้วนำไปปลูกในแปลงอิสระห่างไกลจากข้าวโพดพันธุ์อื่น ๆ ปล่อยให้ผสมกันเองตามธรรมชาติแล้วเก็บเกี่ยวเมล็ดไว้ปลูกเป็นพันธุ์ต่อไป

- พันธุ์สังเคราะห์ (Synthetics) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการรวมสายพันธุ์ที่ได้รับการทดสอบการรวมตัว (Combining bility) มาแล้ว วิธีการรวมสายพันธุ์อาจทำได้เช่นเดียวกับพันธุ์ผสมรวม

ภาพที่ 2.14 ฝักข้าวโพดชนิดต่างๆ (จากซ้ายไปขวา) ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ (ฝักที่ 1-6) ข้าวโพดสายพันธุ์ลูกผสม (ฝักที่ 7-8) [6]

2.1.8 การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา [6]

ฝักข้าวโพดจะแก่จัดและเก็บเกี่ยวได้เมื่อเปลือกหุ้มฝักเริ่มมีสีฟางทางที่ดีควรปล่อยข้าวโพดทิ้งไว้ในแปลงให้แห้งดีเสียก่อน เพื่อทุ่นเวลาในการตากและสะดวกในการเก็บรักษา โดยเฉลี่ยแล้วข้าวโพดไร่พันธุ์ที่ใช้ปลูกอยู่ในประเทศไทย มีอายุตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวประมาร 90-120 วัน

ภาพที่ 2.15 การเก็บข้าวโพด [6]

ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ชาวไร่ทั่ว ๆ ไปยังใช้แรงคนเก็บ โดยหักฝักที่แห้งแล้วออกจากต้น แกะเปลือกหุ้มฝักออกหรือจะเอาไว้แกะเปลือกที่หลังก็ได้ การใช้เครื่องทุ่นแรงเก็บเกี่ยวข้าวโพดยังมีน้อยมากในประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือมีราคาแพง และมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ เพราะพันธุ์ที่ชาวไร่ปลูกมีความสูงของลำต้นและฝักไม่เท่ากัน นอกจากนั้นต้นยังหักล้มมากอีกด้วย

ภาพที่ 2.16 ข้าวโพดที่เก็บและปอกเปลือกแล้ว [6]

หลังจากเก็บฝักข้าวโพดและปอกเปลือกออกแล้วควรตากฝักไว้ภายในโรงเรือน หรือทำแคร่เตี้ย ๆ กลางแจ้ง มีโครงไม้สำหรับใช้แผกหรือผ้าพลาสติกคลุมเวลา ฝนตกได้ ถ้ามีข้าวโพดเป็นจำนวนมากควรสร้างฉางขนาดกว้างพอสมควร ยกพื้นสูงไม่ต่ำว่า 50 เซนติเมตร พื้นเป็นไม้ระแนงด้านข้างกรุด้วยลวดตาข่ายหรือไม้ระแนงเช่นเดียวกับพื้น ทั้งนี้เพื่อให้ลมโกรกผ่านเข้าออกได้ ด้านบนเป็นหลังคากันฝน

ภาพที่ 2.17 เครื่องกะเทาะเมล็ดขนาดใหญ่ [6]

เมื่อฝักข้าวโพดแห้งดีแล้ว จึงทำการกะเทาะเมล็ดไม่ควรกะเทาะเมล็ดเมื่อความชื้นยังสูงอยู่จะทำให้เมล็ดแตกมาก เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพดในปัจจุบัน มีทั้งแบบมือหมุน และแบบที่หมุนด้วยเครื่องยนต์ เครื่องกะเทาะเมล็ดเหล่านี้สร้างในประเทศ ราคาจึงไม่แพงนัก เครื่องกะเทาะใหญ่ ๆ อาจกะเทาะได้ถึง 1,000 ตัน/ชั่วโมง

ภาพที่ 2.18 ลานตากข้าวโพด [6]

เมล็ดที่กะเทาะออกจากฝักแล้ว ถ้ายังแห้งไม่สนิทควรตากต่อให้แห้งก่อนเก็บเข้ากระสอบ ควรมีความชื้นในเมล็ดไม่เกิน 15% จากนั้นอาจนำไปจำหน่ายหรือเก็บในยุ้งฉางต่อไป ถ้าจะเก็บไว้นาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของเมล็ดที่เอาไว้พันธุ์ ควรคลุกยากันเชื้อราออโทโซด์ 75 หรือ ซีเรแซนเอ็ม ในอัตราประมาณ 1 กรัม/เมล็ดข้าวโพด 1 กิโลกรัม และใช้ยาป้องกันและกำจัดแมลงดีดีทีผงชนิด 75% ในอัตรา 1 กรัม/เมล็ดข้าวโพด 10 กิโลกรัม คลุกไปด้วย สำหรับข้าวโพดเมล็ดที่เก็บไว้เลี้ยงสัตว์หรือเก็บไว้จำหน่ายนาน ๆ ควรรมยาพวกเมทิลโบรไมด์เดือนละครั้ง

1) การใช้ประโยชน์

เมล็ดข้าวโพดและส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง อาจแบ่งการใช้ออกเป็น 3 ประเภท คือ

- ใช้เป็นอาหารมนุษย์

ในประเทศไทย ประชาชนนิยมรับประทานฝักสดของข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่โดยการต้มหรือเผาให้สุกเสียก่อน นอกจากนั้น ฝักอ่อนของข้าวโพดยังนิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายนับเป็นผักชนิดหนึ่งที่นำมาปรุงอาหาร นอกจากจะรับประทานในประเทศแล้ว ยังบรรจุกระป๋องส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งด้วย

ประชาชนในบางประเทศ อาศัยบริโภคข้าวโพดเป็นอาหารหลักในรูปต่าง ๆ กัน เช่น ในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ใช้แป้งบดจากเมล็ดแก่มาทำเป็นแผ่นนึ่งหรือย่างให้สุกรับประทาน กับอาหารอื่นคล้ายกับการรับประทานขนมปัง ในฟิลิปปินส์นิยมตำเมล็ดข้าวโพดแก่ให้แตกเป็นชิ้นเล็กเท่า ๆ เมล็ดข้าว แล้วต้มรับประทานแทนข้าว

- ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม

เมล็ดและผลิตผลจากเมล็ดข้าวโพด สามารถนำไปใช้ในการอุตสาหกรรมได้หลายประเภท เช่น ทำแอลกอฮอล์ แป้ง น้ำตาลชนิดต่าง ๆ น้ำเชื่อมและน้ำมันผลิตผลเหล่านี้ อาจนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีกต่อหนึ่ง เช่น ยารักษาโรค กระดาษ กระดาษแก้ว ผ้าสังเคราะห์ กรด น้ำหอม น้ำมันใส่ผม และ แบตเตอรี่ นอกจากเมล็ดแล้ว พวกฝัก ใบ และลำต้น อาจนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น กระดาษ ปุ๋ย และฉนวนไฟฟ้า

- ใช้เป็นอาหารสัตว์

ข้าวโพดนับเป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีชนิดหนึ่ง การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อาจทำได้หลายอย่าง เช่น ใช้เมล็ด กากน้ำตาล กากแป้งที่เหลือจากสกัดน้ำมัน ตัดต้นสดให้สัตว์กินโดยตรง ตัดต้นสดหมัก และใช้ต้นแก่หลังเก็บเกี่ยวฝักแล้ว ในต่างประเทศนิยมใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กันมาก แต่ในประเทศไทยยังใช้กันน้อย ทั้งนี้เนื่องจากราคายังสูงอยู่ ถ้าสามารถลดต้นทุนการผลิตลงและราคาข้าวโพดอยู่ในระดับพอสมควร อาจมีการใช้เลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น

2.2 ชนิดของเตาเผาถ่าน [7]

การทำวิจัยครั้งนี้จะใช้เตาอิฐก่อของกรมป่าไม้ (สวนพฤกษศาสตร์ภาคกลางพุแค) จังหวัดสระบุรี ทำการเผาซังข้าวโพดเพื่อให้ได้ถ่านซังข้าวโพด ดังแสดงในภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.19 เตาอิฐก่อกรมป่าไม้ (สวนพฤกษศาสตร์ภาคกลางพุแค)

2.3 การเผาถ่าน [8]

การเผาถ่านสำหรับเตาอิฐนั้น มีวิธีการเผาถ่านแยกเป็นวิธีการย่อยๆ 2 วิธี แต่หลักการที่สำคัญเหมือนกัน จะแตกต่างกันที่ต้องใส่ ฟืน หรือ เรียงฟืนหน้าเตาเท่านั้น คือ

- การใส่ฟืนระยะแรก แล้วหยุดใส่ (Initial firing technique)
- การใส่ฟืนตลอดระยะเวลาของการเผา (Continuous firing technique)

จากการเผาสองวิธีย่อยข้างต้นนี้ จะสามารถกล่าวรวม ๆ ได้เป็นขั้นตอนทั้งหมดดังนี้

1) เริ่มจากการจุดไฟหน้าเตาโดยใช้ฟืนประมาณ 3-5 กิโลกรัม ต่อ 1 ชั่วโมง อากาศร้อนจะเข้าไปในเตาและแทนที่อากาศเย็นซึ่งจะหนีออกทางปล่องเร่ง จากนั้นเตาจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ ควันที่ออกมาจะเป็นไอน้ำเสียส่วนมาก และขณะเดียวกันอุณหภูมิ ภายในเตาจะทยอยสูงขึ้นเรื่อยๆ เวลาจากจากจุดเริ่มต้นถึงเวลานี้ ประมาณ 5-10 ชั่วโมง ขึ้นกับความชื้นและจำนวนของไม้ในเตา พอพ้นจุดนี้ไปแล้วให้ลองใช้ก้อนอิฐทดลองปิดปล่องเร่งดู ถ้ามีควันออกจากปล่องทั้งสี่สม่ำเสมอก็ปิดปล่องเร่งถาวรได้ ถ้าควันออกไม่สม่ำเสมอให้เปิดปล่องเร่งต่อไปจนกว่าปิดได้

2) หลังจากปิดปล่องเร่งแล้ว การเติมฟืนในช่องใส่ไฟยังคงเป็นไปในอัตราเดิม อุณหภูมิปากปล่องควันจะเริ่มอยู่ที่ 55-56 °C กลุ่มควันยังคงออกมาอย่างสม่ำเสมอและเริ่มหนาขึ้นเรื่อยๆ มีสีขาวและมีกลิ่น ซึ่งมาจากกรดในไม้ เช่น เมธานอล เป็นต้น อุณหภูมิที่ปล่องควันประมาณ 70-75°C และอุณหภูมิภายในเตา ประมาณ 200-250 °C

3) จากนั้นให้ลดช่องใส่ไฟลงประมาณ 1 ใน 3 โดยใช้อิฐปิด กลิ่นฉุดจะมีอยู่ประมาณ 3-4 ชั่วโมง ไม้ฟืนก็ยังคงต้องใส่ต่อไปอีก ประมาณ 4-5 ชั่วโมง สำหรับการใส่ฟืนระยะแรกและในข้อ 4,5,6,7 จะเป็นการเผาแบบการใส่ฟืนระยะแรกและข้อ 8,9 จะเป็นเผาแบบใส่ฟืนตลอดเวลา

4) กลุ่มควันยังคงออกมาเรื่อยๆ เป็นเวลาหลายชั่วโมง จากนั่นก็เริ่มหยุดเติมฟืน ในขณะเดียวกันช่องใส่ไฟให้ลดขนาดลงไปอีก 1 ใน 3

5) กลุ่มควันขาวหนาและกลิ่นฉุน ยังคงออกมาประมาณ 20-30 ชั่วโมง และจะค่อยมีสีจางลง แต่กลิ่นยังคงฉุนอยู่ ไอน้ำยังคงออกมาจากไม้เป็นส่วนใหญ่อุณหภูมิของควันที่ปากปล่องประมาณ 75-80°C และอุณหภูมิในเตาประมาณ 300-500°C

6) ขั้นตอนนี้ควันซึ่งสีจางลงเป็นสีเทาจะคงอยู่ประมาณ 15-20 ชั่วโมง สีควันซึ่งเป็นสีเทาจะค่อยๆเปลี่ยนสีน้ำเงิน ยางไม้ซึ่งออกมาจากไม้ฟืนจะระเหยออกมาจับบริเวณปากปล่องควันทั้งสี่ อุณหภูมิภายในเตาขณะนี้ประมาณ 400-450°C และที่บริเวณปากปล่องควันจะมีอุณหภูมิ 120°C ช่องใส่ไฟจะต้องลดขนาดลงอีก เหลือประมาณ 6X10 °C คนเผาถ่านซึ่งดูแลเตาอยู่นี้ ควรหมั่นให้ความสนใจ ช่วงของเผาถ่านระยะนี้ให้มาก ถ้ามีการใส่ไฟมากเกินไปหรือถ่านสุกมากเกินจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำลง รวมทั้งอาจทำให้เตาแตกร้าวได้ ซึ่งจะเป็นการทอนอายุเตาให้สั้นลง

7) ควันสีน้ำเงินจะยังคงออกมาอีกประมาณ 4 ชั่วโมง ยางไม้บริเวณปากปล่องเริ่มจะเหนียวหรือแห้งขึ้นมากและแข็งในช่วงสุดท้ายของควันสีน้ำเงินโดยสังเกตได้จากการใช้นิ้วมือจิ้มไปที่ภายในปากปล่อง และท้ายสุดควันสีน้ำเงินจะใส หรือบางขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งควันนั้นขาดและลอยเหนือปากปล่องขึ้นไปประมาณ 2 นิ้ว ก็ทำการปิดปล่องที่แห้งแล้วที่ละปล่องจนเหลือปล่องสุดท้าก็ปิดหน้าเตาและทิ้งไว้อีก 2 ชั่วโมง ก็ทำการปิดปล่องที่สี่เป็นอันเสร็จวิธีการเผาถ่าน หลังจากนั้นให้ทำการอุดรอยรั่วให้สนิทและปล่อยทิ้งไว้ 10 ชั่วโมง ให้เอาน้ำโคลนมาลูบไล้เตาให้ทั่ว ซึ่งได้ประโยชน์หลายประการ เช่น อุดรอยร้าว รอยรั่ว รวมทั้งทำให้เตาเย็นเร็วขึ้น และควรทำการอาบน้ำเตาหรือไล้เตา 2-3 ครั้ง/วัน ก่อนเปิดเตาเพื่อเอาถ่านออก น้ำโคลนที่ใช้ควรมีดินประมาณ 30%

8) ขั้นตอนของการ ใส่ฟืนตลอดระยะเวลาการเผาเริ่มจากข้อ 1,2,3 ให้ทำการเติมเชื้อไฟหรือฟืนในอัตรา 1-3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ควันก็จะออกมาอยู่สม่ำเสมอ โดยมีสีขาวหนาทึบพร้อมกลิ่นฉุนยังคงมีอยู่ต่อไป (ปฏิกิริยาต่าง ๆ เหมือนข้อ 3,4,5,)

9) เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปได้ระยะหนึ่ง หลังจากข้อ 8 ให้ลดขนาดของหน้าเตา (หรือช่องใส่ไฟ) ให้เหลือ 10 x 20 ซม. เมื่อควันเริ่มกลายเป็นสีเทา ควรเติมไม้ฟืนอย่างสม่ำเสมอ ในอัตราประมาณ 1 กิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง จนกระทั่งควันสีเทาเริ่มจะหมดไป และปฏิกิริยาหรือปรากฏการณ์จะเหมือนข้อ 6 , 7

10) เมื่อปิดเตาได้ประมาณ 10 ชั่วโมง ก็ทำให้การอาบน้ำเตาเช่น ข้อ 7. การเอาถ่านออกควรให้มีอุณหภูมิภายในเตาต่ำกว่า 70 °C หรือประมาณ 2 วัน หลังจากที่ปิดเตาโดยผ่านการอบน้ำเตา หากสัมผัสในตอนเช้าจะรู้สึกว่าผนังเตายังคงร้อนอยู่แสดงว่าเตาที่ปิดไปแล้ว ยังคงมีรอยรั่วอยู่ ต้องค้นหารอยรั่วนั้นให้พบ และอุดให้สนิทเพื่อให้ไฟในเตาดับและเย็นลง

ประโยชน์ของถ่าน

1) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารและสร้างความอบอุ่น

2) ใช้ดูดกลิ่นและความชื้นในบ้าน เช่น ในห้องนั่งเล่น ห้องรับแขก ครัว ห้องเก็บของ กรงสัตว์เลี้ยง ตู้กับข้าว ตู้เย็น ตู้เก็บรองเท้า ลิ้นชักเก็บของ หากหมดประสิทธิภาพการดูดซับแล้ว สามารถนำมาล้างผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำกลับมาใช้ได้ใหม่ ควรใช้ถ่านไม้ไผ่ที่มีรูพรุน เพราะมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีกว่าถ่านไม้ชนิดอื่น

3) ดูดซับสารพิษและเชื้อจุลินทรีย์ในห้องปรับอากาศ

4) กรองน้ำให้ใสสะอาด

5) ใส่ถ่านลงในภาชนะเก็บข้าวสาร จะดูดซับความชื้นจากข้าว และป้องกันการทำลายจากมอดข้าว ใส่ถ่านไม้ไผ่ที่ล้างสะอาดในหม้อหุงข้าวจะทำให้ข้าวหุงขึ้นหม้อน่ารับประทาน

6) ใช้ดูดความชื้นใต้ถุนบ้าน โดยเฉพาะบ้านไม้ ที่มีการก่ออิฐล้อมใต้ถุนบ้าน จะมีความชื้นสูงมาก อาจมีน้ำเกาะใต้พื้น ซึ่งจะทำให้เชื้อรามาอาศัยอยู่ และจะทำให้โครงสร้างของบ้าน ผุผังอย่างรวดเร็ว

7) ใช้บำบัดน้ำเสียจากครัวและการอาบน้ำ โดยการนำถ่านไม้ใส่กระสอบตาข่าย มาวางเพื่อรองรับน้ำเสียก่อน ปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ

8) ใช้บำบัดน้ำเสียจากห้องส้วม โดยการนำถ่านไม้ใส่ในบ่อซึม ถ่านไม้จะเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย แต่ต้องมีการคำนวณปริมาณและคุณภาพของน้ำเสีย ปริมาตรของบ่อเกรอะบ่อซึมให้เหมาะสม

2.4 พอลิโพรพิลีน (Polypropylene) [9]

อัจฉรา ไศละตสูต กล่าวถึงเส้นใยพอลิโพรพิลีนไว้ว่า ศาสตราจารย์กิลิโอ นัททา Professor Giulio Natta ผู้ที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นผู้ได้รับรางวัลสาขาโนเบลในปี ค.ศ.1963 และซิกเล่อร์ ได้อธิบายเกี่ยวกับการเกิดโพลิเมอไรเซชันของพอลิโพรพิลีน ทั้งคู่ได้ร่วมกันจดทะเบียนสิทธิบัตรสำหรับการผลิตเส้นใย Polypropylene ในการเชิงพาณิชย์ได้เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2497 ที่ประเทศอิตาลี โดยบริษัทมอนทีคาทินี จำกัด ภายใต้เครื่องหมายการค้า “MERAKLON”

2.4.1 ประวัติความเป็นมา

การผลิตพอลิโพรพิลีนเรซิ่นเชิงพาณิชย์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มครั้งแรกในปี พ.ศ. 2505 ซึ่งต่อมาได้หาวิธีการผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีนง่ายขึ้น ณ มลรัฐเวอร์จิเนียประเทศสหรัฐอเมริกา Herculon Powdel เป็นบริษัทแรกในสหรัฐอเมริกา ที่ค้นพบวิธีการผลิตวัตถุดิบให้เป็นเส้นด้ายได้

2.4.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน นั้น มีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ผู้ผลิตแต่ละรายจะมีกระบวนการผลิตที่เป็นของตนเอง เพื่อให้เกิดคุณสมบัติต่างๆ ที่แน่นอน เช่น การดูดซับสี, ความมันวาว, การนำความร้อน และภาคตัดขวางใย

2.4.3 ขั้นตอนของการผลิตเส้นใยสามารถทำได้ ดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

กระบวนการผลิตขั้นพื้นฐานนั้น คือการทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันของก๊าซพรอพิลีน และโลหะผสมกันในปริมาณที่เหมาะสมตามขั้นตอนการผลิต เช่น ติตาเนียมคลอไรค์ที่มีอยู่ใน Diluents โพลิเมอร์จะก่อตัวขณะไหลผ่าน Diluents เกิดปฏิกิริยาให้แยกตัวเร็วขึ้น กรองให้สะอาดและช่วยลดปริมาณพอลิโพรพิลีน ที่สูญเสียไป ในทางกลับกัน จะทำให้คุณสมบัติในการดูดซับแสงน้อยลง ในขณะเดียวกัน การทนความร้อนจะลดลง ในอัตราส่วนที่เท่ากันด้วย

หลอมเรซิ่นให้ละลาย กดผ่านแว่นกดเส้นใยเป็นใยวาว แล้วนำไปผ่านกระบวนการทางเคมี จะทำให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ เช่น ความแข็งแรงของใย, การทนต่อการเสียดสี, ความอ่อนตัว, ความยืดหยุ่น และการหดตัว ดังตัวอย่างในการปั่นด้ายจำนวนมากๆนั้น จะทำให้เกิดความแข็งแรงในการต้านทานสูงขึ้น แต่จะทำให้คุณสมบัติในการยืดหดตัวนั้นลดลง และจะใช้ความร้อนทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติในการทนทานต่อการหดตัว หรือการบิดงอของเส้นใย เข้าช่วยด้วย

2.4.4 คุณสมบัติทางกายภาพ

ใยพอลิโพรพิลีน เป็นเส้นใยที่มีความเบามากที่สุดในบรรดาทั้งหมดอย่างไรก็ตาม การไวต่อความร้อนหรือการนำความร้อนและการไม่ดูดซับสีย้อม นับได้ว่าเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่ง แม้ว่าผู้ผลิตได้ผลิตใยพอลิโพรพิลีน ในรูปแบบต่างกัน ความพยายามที่จะขจัดข้อจำกัดเหล่านี้ออกไป และการพัฒนาก็มีมาอย่างต่อเนื่อง แม้จะมีการชี้แจงและกำหนดข้อปฏิบัติไว้ให้กำหนดตาม เพื่อที่จะขจัดอุปสรรคนี้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถทำได้

อย่างไรก็ตาม หลักการทั่วไปอาจบิดเบือนไปจากข้อมูลที่ทางผู้ผลิตไว้ให้อันเป็นผลซึ่งเกิดจากการทดสอบขั้นพื้นฐานในห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินค่าพื้นฐานของข้อจำกัดซึ่งได้จากการกระทำและปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง ของผู้บริโภคเอง

การประมาณคุณสมบัติของเส้นด้ายนี้สามารถประมาณได้จาก

- ความแข็งแรงของด้ายพอลิโพรพิลีน ช่วงความแข็งแรงของด้ายพอลิโพรพิลีนนี้ค่อนข้างกว้าง เพราะโดยทั่วไปแล้วจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับด้ายไนลอน และโพลิเอสเตอร์ ซึ่งแข็งแรงและต้านทานแรงขัดถูดี ทำให้ด้ายพอลิโพรพิลีน มีความคงทนต่อการใช้งานทั้งในส่วนผู้ผลิตและผู้บริโภค

- ความยืดหยุ่น ด้ายพอลิโพรพิลีน มีความยืดหยุ่นน้อยกว่าเส้นด้ายไนลอน

- การยืดตัว ด้ายพอลิโพรพิลีน มีแรงต้านทานดี คุณสมบัตินี้จึงเหมาะกับที่จะใช้มาทำด้ายสำหรับผลิตผ้าทำเครื่องนุ่งห่ม อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติทั่วไปนั้น ด้ายจะต้องมีความแข็งแรงเป็นหลักสำคัญ และมีการยืดตัวน้อยที่สุด

- การนำความร้อน ความได้เปรียบอีกข้อหนึ่งของด้ายพอลิโพรพิลีน ก็คือมีน้ำหนักเบา ซึ่งคุณลักษณะนี้ เมื่อรวมตัวกันและผ่านกรรมวิธีแล้ว สามารถที่จะจับกลุ่มกันได้นับว่าเป็นคุณสมบัติที่ดีต่อการนำไปผลิตผ้าห่ม เสื้อกันหนาว เพราะสามารถป้องกันความร้อนมิให้กระจายออกจากกันได้

- การจัดแต่งเนื้อผ้า ตั้งแต่ด้ายพอลิโพรพิลีน สามารถผลิตให้มีภาคตัดขวางได้หลายแบบแล้ว ยังเป็นด้ายที่มีน้ำหนักเบา และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงเป็นด้ายแบบอื่นได้ดี จึงเป็นที่คาดกันว่า โครงสร้างของด้ายพอลิโพรพิลีน นี้สามารถจะจัดแต่งได้ตามความต้องการ

- การทำความสะอาดและการซักล้าง ผ้าที่ผลิตจากพอลิโพรพิลีนนั้น สามารถที่จะทำความสะอาดได้ง่าย คราบของสิ่งสกปรกจะติดอยู่เฉพาะพื้นผิวข้างต้นเท่านั้น สามารถจะขจัดเอาออกไปได้ง่าย เมื่อนำไปซักเนื้อผ้าจะไม่สูญเสียความแข็งตัวแต่อย่างใด แม้จะซักด้วยสบู่ , สารทำความสะอาดหรือสิ่งช่วยทำความสะอาดต่างๆ ก็สามารถใช้ซักได้อย่างปลอดภัย

- พอลิโพรพิลีน เป็นสื่อนำความร้อนที่ดี ดังนั้นข้อเสนอแนะในการซัก คือการซักด้วยน้ำอุ่น ดีกว่าซักน้ำร้อน

- เนื้อผ้าพอลิโพรพิลีน จะแข็งแรงทนทานและสามารถรักษารูปทรงไว้ได้และแห้งเร็วกว่าผ้าชนิดอื่น

2.4.5 ผลกระทบจากการฟอกขาว

พอลิโพรพิลีน ต้านการทำให้เกิดการแตกตัวโดยสารฟอกขาวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ ต่ำกว่า 150 องศาฟาเรนไฮต์ ความแข็งแรงของเนื้อผ้าจะเสียไป เมื่อฟอกขาว ผ้าอุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเหตุผลหนึ่งว่า ทำไมเราไม่ควรใช้น้ำร้อนในการซักผ้า

2.4.6 การหดตัว

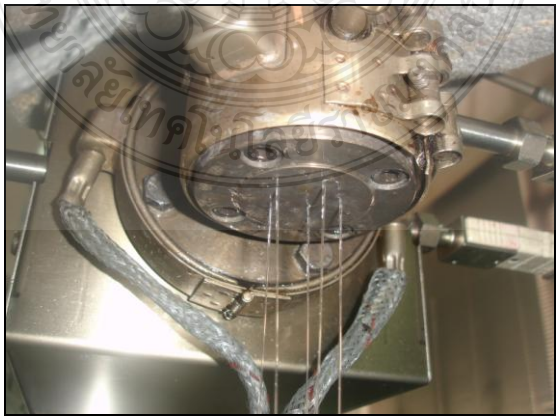
เมื่อนำผ้าพอลิโพรพิลีน ลงแช่ในน้ำ จะพบว่าน้ำไม่ทำให้เนื้อผ้าหดเลย หรือไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ ต่อเนื้อผ้านี้ อย่างไรก็ดี การหดตัวของผ้านั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าด้วย โดยผ้าจะเริ่มหดตัวเมื่อได้รับความร้อนที่สูงกว่า 212 องศาฟาเรนไฮต์

2.4.7 ผลกระทบจากความร้อน

การที่ผ้าพอลิโพรพิลีน หดตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงเกินไปนั้น เป็นเพราะผ้านั้นมีพลาสติกอยู่ ใยพอลิโพรพิลีน สามารถคืนที่ได้เหมือนเดิม เมื่อได้รับความร้อนที่พอเหมาะช่วยทำให้ใยมีรูปแบบเหมือนเดิม แต่ยังคงขึ้นอยู่กับชนิดของด้ายที่พอลิโพรพิลีน ด้วย การหดตัว และการอ่อนตัวของเส้นใยจะเกิดขึ้น ณ อุณหภูมิที่สูงเท่ากับ 280 องศาฟาเรนไฮต์ จะหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 335 องศาฟาเรนไฮต์

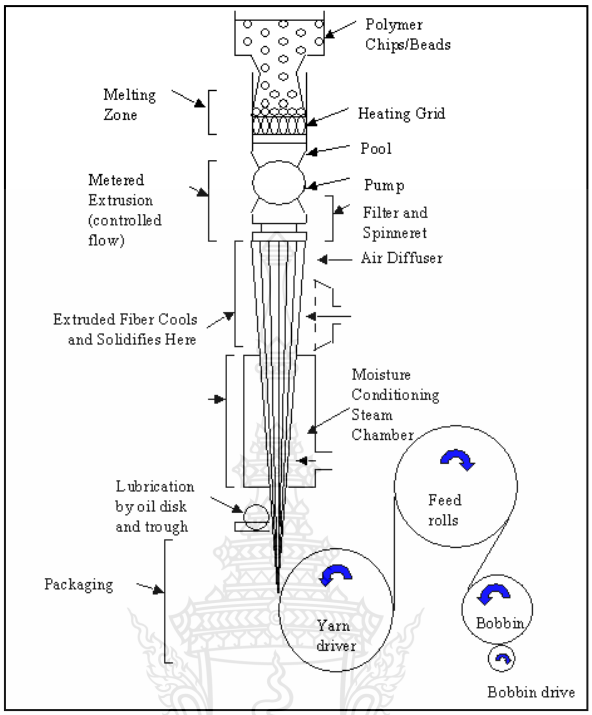
2.5 วิธีการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ [10]

หลักการพื้นฐานในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ก็เพื่อสนองความต้องการของตลาดหรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะของลูกค้า เส้นใยประดิษฐ์ชนิดแรก ๆ ที่เกิดขึ้นมาเพื่อการผลิตผ้าที่มีลักษณะคล้ายผ้าไหมที่ในราคาที่ถูกกว่า นอกจากนั้นแล้วความจำกัดของพื้นที่ในเชิงเกษตรกรรมหรือกสิกรรมเพื่อผลิตเส้นใยธรรมชาติได้ส่งผลกระทบมากขึ้นตามลำดับ ในขณะที่ความต้องการปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ คือ เครื่องนุ่งห่ม ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการที่ต้องพึ่งสภาพภูมิอากาศตามธรรมชาติ มาเป็นปัจจัยควบคุมทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพของเส้นใยด้วยแล้ว ยิ่งเป็นการผลักดันพัฒนาการเส้นใยประดิษฐ์ให้เกิดความต้องการสูงขึ้น อีกทั้งเส้นใยประดิษฐ์ สามารถกำหนดสมบัติตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างแน่นอนในขณะที่เส้นใยธรรมชาติทำไม่ได้



ภาพที่ 2.20 หัวรีดสำหรับการผลิตเส้นใย

2.5.1 วิธีการปั่นเส้นใยแบบหลอมเหลว (Melt spinning)



ภาพที่ 2.21 กระบวนการ Melt spinning [11]

เป็นกระบวนการผลิตแบบ Melt spinning ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมารองรับการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ได้อย่างดีมีความเร็วในการผลิตสูงเป็นการปั่นเส้นใยโดยตรงที่ไม่ต้องอาศัยสารละลาย สารเคมี ตลอดจนการล้างเส้นใยในภายหลัง และที่ดูเป็นข้อเด่นอย่างมากคือ การสามารถควบคุมรูปร่างทางภาคตัดขวางของเส้นใยได้อย่างถูกต้องแน่นอน เส้นใยสังเคราะห์ที่เป็นผลจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแทบทุกชนิด ใช้หลักการนี้ในการผลิตเส้นใย เช่น ไนลอน พอลิเอสเทอร์ และเส้นใยกลุ่มโอเลฟิน เป็นต้น หลักการทั่วไปเป็นดังนี้

- วัตถุดิบอยู่ในลักษณะของพอลิเมอร์ หรือเรซินที่เป็นของแข็งและทำให้เป็นของเหลวโดยอาศัยความร้อนภายในหม้อความดันสูง
- เส้นใยถูกปั่นเข้าไปในบริเวณที่มีกระแสลมผ่าน
- การแข็งตัวของเส้นใย เกิดจากการเย็นตัวลง

กระบวนการผลิตที่กล่าวมาข้างต้น มีความเหมาะสมกับการผลิตเส้นใยแต่ละชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของบริษัทผู้ผลิตแต่ละแห่งโดยแต่ละกระบวนการมีข้อดี ข้อเสียที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ดีประเด็นสำคัญที่สุดอยู่ที่การผลิตเส้นใย เพื่อให้ได้สมบัติเฉพาะด้านที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เป็นหลักการผลิตเส้นใยประดิษฐ์เพื่อการทดแทนเส้นใยธรรมชาติในราคาที่ถูกกว่า หรือการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่เส้นใยธรรมชาติไม่สามารถให้ได้ การลงทุนเพื่อการผลิตเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูงและจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัยดังนั้นอุตสาหกรรมนี้ในประเทศไทย จึงเป็นรูปแบบของการร่วมลงทุนจากต่างประเทศโดยดึงเอาบริษัทแม่จากประเทศนั้นๆ ที่มีความพร้อมทั้งด้านการเงิน เทคโนโลยี และการตลาดเข้าร่วมกิจการ

ในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ไม่ว่าด้วยกระบวนการใดก็ตาม ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในระหว่างการผลิตก็คือการยืดดึง (Drawing หรือ Stretching) ซึ่งมีผลทำให้โครงสร้างภายในของเส้นใยเกิดการเรียงตัว (Orientation) ขึ้นมีผลโดยตรงต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติกายภาพของเส้นใย ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ลดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง เพิ่มความยาวได้เส้นใยที่มีความละเอียดมากขึ้น ทั้งในการซื้อขายเส้นใยประดิษฐ์ ระดับของการจัดเรียงตัวโครงสร้างภายในหรือ Orientation อันเกิดจากปริมาณการยืดดึงที่มากน้อยไม่เท่ากัน ส่งผลไปถึงการแบ่งชนิดของเส้นใยและเส้นด้ายด้วย ดังเช่นที่เรียกกันว่าเส้นด้ายชนิด POY (Pre-Oriented Yarn หรือบางตำราเขียนเป็น Partially Oriented Yarn) หมายถึง เส้นด้ายที่ผ่านการยืดดึงมาเพียงระดับหนึ่งไม่มากนัก เหมาะแก่การนำไปทำเป็นเส้นด้ายแบบด้ายเท็กซ์เจอร์ (Textured yarn) หรือถ้าเป็นชนิด HOY ซึ่งย่อมาจาก Highly Oriented Yarn หมายถึง เส้นด้ายที่ผ่านการยืดดึงมาแล้วค่อนข้างสูง แต่ยังไม่ถึงระดับเต็มที่ เช่นในกรณีของ FOY ที่ย่อมาจาก Fully Oriented Yarn คือเส้นด้ายที่ผ่านการยืดดึงมาอย่างเต็มที่แล้ว ซึ่งอาจพบอีกคำหนึ่งที่มีความหมายเหมือนกัน คือคำว่า Fully Drawn Yarn (FDY)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตเส้นใยประดิษฐ์อาจอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น ถ้าอยู่ในรูปแบบของเส้นใยยาวต่อเนื่อง เป็นเส้นเดี่ยวจะเรียกเป็นพวกเส้นใยเดี่ยว ซึ่งนิยมนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการยืดตัวดี ผ้าม่าน หรือนำไปถักเป็นถุงน่อง เป็นต้น และถ้านำเส้นใยเดี่ยวมากกว่า 1 เส้นมาตีเกลียวควบกันเข้าได้ออกมาเป็นเส้นด้ายที่เรียกว่า เส้นด้ายควบอีกรูปแบบหนึ่งที่พบกันมากก็คือเส้นใยยาวต่อเนื่องที่ได้จากกระบวนการผลิตนั้น หากนำไปเตรียมตัดเป็นเส้นใยสั้นเราจะเรียกเส้นใยยาวนั้นว่าเส้นใยฟิลาเมนท์ดิบ (Filament tow) ได้ออกมาเป็นเส้นใยสั้น เพื่อนำไปใช้ปั่นเป็นเส้นด้ายปั่นต่อไป

2.5.2 กระบวนการดัดแปรเส้นใยประดิษฐ์

การดัดแปรเส้นใยประดิษฐ์ เพื่อให้ได้สมบัติเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น สามารถทำได้หลายแบบหลายวิธี แต่เดิมนั้นเกิดจากวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตที่ต้องการสร้างเส้นใยให้มีข้อดีตามการใช้งานเฉพาะด้าน พัฒนาการนี้ได้ก้าวหน้าขึ้นจนการดัดแปรเส้นใยประดิษฐ์บางชนิดกลายเป็นกระบวนการพื้นฐานในการผลิตเส้นใย การดัดแปรต่าง ๆ เหล่านี้อาจทำได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วัตถุดิบในรูปของโดป การปรับแต่งภาวะของการปั่นเส้นใยหรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนแปลงกระบวนการภายหลังจากปั่นได้เส้นใยแล้ว

2.5.3 การดัดแปรวัตถุดิบ

มีหลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้มักเน้นที่การใส่สารเคมีบางชนิดลงไปผสมในโดป เพื่อให้สามารถติดคงทนภายในเนื้อของเส้นใยประดิษฐ์ที่ผลิตขึ้น

2.5.4 การลดความมัน (Delustering)

เส้นใยพื้นฐานโดยทั่วไป จากกระบวนการผลิตมักมีความมันที่สูงเกินไป ซึ่งปริมาณความมันนี้ก็คือปริมาณการสะท้อนออกจากผิวของเส้นใยเข้าสู่สายตาของผู้ดูนั้นเอง ดังนั้นหากต้องการลดความมันของเส้นใย วิธีการหนึ่งที่นิยมทำ คือ การหาสารเคมีบางตัวเติมเข้าไปในเนื้อเส้นใยนั้นๆ เพื่อทำหน้าที่ดูดซับแสงที่ตกกระทบลงมาแล้วปล่อยให้ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกลดน้อยลง ทำให้ความมันของเส้นใยลดลง ที่ใช้กันคือการเติมผงไททาเนียม ไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2) ซึ่งเป็นลักษณะผงสีขาวลงไปในโดป ขณะที่เป็นของเหลวก่อนการปั่นออกมาเป็นเส้น ขนาดของความมันเส้นใยอาจแปรผันไปได้หลายระดับ ขึ้นอยู่กับปริมาณการใส่ผง TiO_2 หากเส้นใยมีความมันมากจัดเป็นประเภทสว่าง หรือระดับลดลงมา คือ กึ่งทึบและทึบ เส้นใยที่ผ่านการลดความมันลงสามารถที่ตรวจสอบได้จากากรดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบลักษณะจุดดำกระจายอยู่คล้ายผงพริกไทย อันเป็นลักษณะ

2.5.5 ใยชนิดป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต (Antistatic fiber type)

ไฟฟ้าสถิตเป็นผลสืบเนื่องมาจากการไหลของอิเล็กตรอนเส้นใยเป็นตัวนำไฟฟ้าได้นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถที่ไปทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน หากประจุไฟฟ้าถูกสะสมมากจนเกินไป โดยความเป็นประจุลบทำให้เกิดการดึงดูดเข้าสู่วัสดุที่มีความเป็นประจุบวกหรือวัสดุที่ขาดอิเล็กตรอน ผลที่ตามมาก็คือการเกาะติดของเสื้อผ้าแนบบนตัวของผู้ใส่ น้ำเป็นตัวช่วยกระจายไฟฟ้าสถิตได้ดี แต่ในกรณีของเส้นใยประดิษฐ์ ส่วนใหญ่มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ต่ำ การสะสมของประจุไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศที่แห้งและเย็น ในหลักการแก้ไขปัญหานี้อาจทำได้ง่าย โดยพยายามสร้างให้เส้นใยมีสมบัติในการรับ

ความชื้นได้ง่ายหรือการทำให้มีความสามารถในการเป็นตัวนำได้ดี เพื่อถ่ายเทประจุที่เกิดขึ้นให้กระจายลงดิน ลดปัญหาลงได้ ด้วยหลักการดังกล่าวนี้เอง จึงได้มีการพยายามเติมสารที่มีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าลงไปในโดป เพื่อให้เกิดการกระจายอย่างทั่วถึงในเนื้อเส้นใยและติดถาวร เส้นใยที่ได้ถึงแม้ความสามารถในการดูดซึมความชื้นต่ำ แต่ก็ยังสามารถลดปัญหาอันเกิดจากประจุไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี เส้นใยประเภทนี้ยังให้ข้อดีอีกประการหนึ่งคือไม่เกาะฝุ่น ทั้งนี้เพราะการเกาะของฝุ่นบนเส้นใยเกิดจากหลักการของการสะสมประจุบนตัวเส้นใยเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นการกำจัดความสกปรกต่างๆ ก็สามารถกระทำได้ง่ายด้วย

2.6 การผสม (Mixing) และการคอมปาวด์ (Compounding) [12]

มีความสับสนในการเรียกชื่อการผสม (Mixing) และการคอมปาวด์ (Compounding) ซึ่งทั้งสองเทคนิคเป็นการผสมสารเคมีเข้ากับพลาสติก แต่รายละเอียดของสองเทคนิคมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ

2.6.1 การผสม (Mixing)

การผสมเป็นการผสมสารเคมีเข้ากับสารพลาสติก ส่วนใหญ่จะเป็นการผสมของแข็งกับของแข็ง หรือของแข็งกับของเหลวเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสม (Mixer blender) ตัวอย่างการผสม เช่น ผสมผง พอลิโพรพิลีน เข้ากับสารเติมแต่งที่เป็นของแข็ง (เช่นสีแอนติออกซิแดนท์ และ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น) ผลของการผสมทำให้เกิดการกระจายตัวของวัสดุต่างชนิดกันเข้ากันอย่างทั่วถึงแต่ยังคงแยกนุภาคของสารแต่ละชนิด ให้เห็นอย่างชัดเจน ศัพท์เทคนิคที่ใช้แทนการผสมในลักษณะนี้ มีหลายคำ คือ Extensive mixing , Blending mixing และ Distributive mixing

ตัวอย่างของกระบวนการการแปรรูปพลาสติก ที่มีความจำเป็นต้องใช้การผสมในลักษณะนี้คือ

- พลาสติกที่ต้องการแปรรูป ได้รับคอมปาวด์มาแล้ว แต่ต้องการผสมสารบางตัวเพิ่มเติม เช่น ผสมสี ก่อนจะนำคอมปาวด์ พลาสติกไปแปรรูปโดยการเอ็กซ์ทรูดหรือฉีดเข้าเบ้า

- ผสมผงพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซท กับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ ก่อนที่จะนำไปแปรรูปโดยการอัดเบ้า (Compression molding)

2.6.2 การคอมปาวด์ (Compounding)

การคอมปาวต์ เป็นการทำให้อนุภาคของวัสดุชนิดต่างๆ กระจายตัวเข้ากันเป็นเนื้อเดียว การผสมแบบนี้จะอาศัยแรงเฉือนในการบดผสม องค์ประกอบชนิดต่างๆเข้าด้วยกัน โดยกระทำขณะที่พลาสติกอยู่ในสภาวะหลอม ดังนั้นวัสดุที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์และมีการผสม

ในระดับที่ละเอียดกว่าการผสมธรรมดา ศัพท์เทคนิคที่ใช้ในการผสมนี้ มีหลายคำ เช่นกัน คือ Intensive mixing compounding dispersion และ Dispersive mixing ในกระบวนการแปรรูปพลาสติกจะใช้วิธีคอมปาวด์ก็ต่อเมื่อ

- ต้องใช้การผสมสารเคมี เช่น สารตัวเติม พลาสติไซเซอร์ และ พอลิเมอร์ ชนิดอื่นๆ ผสมในพลาสติกในปริมาณสูง

- หลังการใช้การผสมแบบธรรมดาแล้ว แต่หลังจากการแปรรูป การกระจายตัวของสารเคมี ในชิ้นงานพลาสติกไม่ดีพอ

2.6.3 เครื่องเอ็กซ์ทรูด (Extruder)

เครื่องเอ็กซ์ทรูดที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกมีหลายชนิด จะเห็นว่าข้อแตกต่างระหว่างเครื่องเอ็กซ์ทรูดชนิดต่างๆ คือลักษณะการใช้งาน (Mode of operation) ของเครื่องซึ่งแบ่งออกเป็นการใช้งานแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง เครื่องเอ็กซ์ทรูดที่ทำงานในลักษณะต่อเนื่อง เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่มีสกรู (Screw extruder) และ ดีสค์ (Disk extruder) ส่วนเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่ทำในลักษณะไม่ต่อเนื่องเป็นเครื่องที่มีสกรูไปในแนวแกนของสกรูได้ (Reciprocation screw extruder) และเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสูบ (Ram extruder)

เครื่องเอ็กซ์ทรูดที่มีสกรูเลื่อนไปมาได้ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการฉีดพลาสติกเข้าเป้า (Injection molding)ส่วนเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบลูกสูบ นิยมใช้เป็นเครื่องทดสอบบรีโอโลยี ของพอลิเมอร์ เช่นเครื่องทดสอบดัชนีการไหล(MFI tester) และเครื่องรีโอมิเตอรีแบบคาปิลลารีและสลิด (Capillary and slit rheomter) เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูที่มีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่อง และเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่มีการเคลื่อนที่ของสกรูในแนวแกน เป็นเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่ใช้ในกระบวนการผลิตและแปรรูปพลาสติกมากที่สุด ในหัวข้อนี้จะอธิบายลักษณะการทำงานของเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่มีลักษณะการทำงานแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะแบ่งเครื่องเอ็กซ์ทรูดออกเป็น 3 ชนิด ตามจำนวนสกรูที่อยู่ในกระบอก (Barrel หรือ Cylinder) ของเครื่องดังนี้

- เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว (Single screw extruder)
- เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูคู่ (Twin screw extruder)
- เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบหลายสกรู (Multi screw extruder)

ในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์และการแปรรูปพลาสติกมักจะใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูด 2 ชนิด ชนิดแรกคือ เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว และเครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูคู่มากที่สุด ส่วนเอ็กซ์ทรูดชนิดที่ 3 ที่มีสกรูมากกว่า 2 ตัว ใช้กันน้อย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นที ศรีสวัสดิ์ และคณะ (2551) ผลิตเส้นใยพอลิเอสเทอร์ผสมผงถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว [13]

การพัฒนาเส้นใยสังเคราะห์ให้มีสมบัติพิเศษนั้นมีการพัฒนาในหลากหลายด้าน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยวิธีการหนึ่งที่ได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีคือการนำเอาวัสดุอื่นมาแต่งเติมสมบัติของเส้นใยให้มีสมบัติที่โดดเด่น เพิ่มสมบัติด้านต่างๆ การศึกษาในครั้งนี้เป็นการที่นำถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ที่เป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูง เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก นำมาผสมในเส้นใยพอลิเอสเตอร์ โดยนำกะลามะพร้าวมาผ่านกระบวนการเผากะลามะพร้าวที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ลดขนาดโดยด้วย Ball Mill ทั้งแบบแห้งและแบบเปียก จากนั้นเปลี่ยนถ่านให้เป็นถ่านกัมมันต์ โดยมีการกระตุ้นด้วย Phosphoric acid (H_3PO_4) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C จากนั้นนำมาล้างน้ำเพื่อปรับ pH ให้เป็นกลาง แล้วนำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาทำให้แห้ง และนำมาบดด้วย Ball mill แบบแห้งอีกครั้ง จากนั้นนำผงถ่านไปผ่านเทคนิคแบบ Fluidized bed แล้วผ่านการบวนการบดอีกครั้งด้วย Ball mill จึงได้ผงถ่านที่มีความละเอียดมีขนาดอนุภาคที่ระดับ 500 nm และเมื่อนำไปทดสอบความเป็นถ่านกัมมันต์โดยทดสอบหาพื้นที่ผิวโดยใช้ Iodine Number ตามมาตรฐาน ASTM D 4607-86

ผลการทดลอง พบว่าผงถ่านที่เผาที่ 1200 °C นี้มีค่า Iodine number เท่ากับ 951.9 mg/g จากนั้นทำผงถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าวให้อยู่ในรูปของ Masterbatch ซึ่งผลิตด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวเดี่ยว โดยให้มีความเข้มข้นของผงถ่านกัมมันต์ 10% แล้วนำ Masterbatech ไปใช้ในการขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่องผลิตเส้นใยขนาดประลองโดยให้มีปริมาณของผงถ่านกัมมันต์เท่ากับ 0.5, 0.75 และ 1.0% โดยสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง สมบัติของเส้นด้ายพบว่า เส้นใยพอลิเอสเตอร์ที่ความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ 1.0% มีความแข็งแรงตามยาวของเส้นด้าย 1.63 g/d มีความสามารถในการยืดตัว ณ จุดขาด 48.4% มีสมบัติต้านทานแบคทีเรียประมาณ 80% มีสมบัติความสามารถในการดูดซึมความชื้นเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1% สมบัติในการดูดกลิ่นของเส้นใยโดยใช้ Ammonia จาก 2.2% ไปเป็น 4.1% ของเส้นใยที่ไม่มีและมีถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าว 1% เส้นใยผสมถ่านกัมมันต์สามารถผลิตเป็นเส้นด้ายเท็กซ์เจอร์ด้วยระบบ Air texturing พร้อมยังสามารถผลิตเป็นผืนผ้า ทั้งผ้าถักและผ้าทอโดยไม่ต้องมีการปรับตั้งเครื่องถักหรือเครื่องทอเป็นพิเศษ

ชัชวาลย์ ศรีกำพล , นางสาวนิภาพร พันทอง (2546) การผลิตกระดาษจากต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด [5]

โดยการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการต้มนาน 10 15 และ 20 นาที พบว่าเยื่อกระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดจะมีปริมาณเยื่อมากกว่าที่ได้จากเปลือกข้าวโพด ส่วนในซังข้าวโพดนั้น ไม่สามารถทำให้เป็นแผ่นกระดาษได้ และผลการตรวจสอบความเหนียว และความสามารถในการซึมผ่านของกระดาษที่ได้ พบว่า เยื่อที่ได้จากส่วนของลำต้นมีความเหนียวและซึมผ่านได้ยากกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกข้าวโพด โดยที่เยื่อกระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดมีความละเอียดมากที่สุดเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.00 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการต้มเยื่อนาน 10 นาที ส่วนเยื่อกระดาษที่ได้จากเปลือกข้าวโพดจะมีลักษณะเยื่อที่ละเอียดถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.00 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการต้มเยื่อนาน 15 นาที

จากการนำเอาลำต้น เปลือก และซังข้าวโพด มาย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และใช้ระยะเวลาในการย่อยเส้นใยที่ต่างกัน จะทำให้กระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดสามารถขึ้นรูปง่ายและมีลักษณะเนื้อกระดาษที่มีความละเอียดสม่ำเสมอเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.0 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการย่อยเส้นใย 10 นาที และกระดาษที่ได้จากเปลือกข้าวโพดสามารถขึ้นรูปง่ายและมีลักษณะเนื้อกระดาษที่มีความละเอียดสม่ำเสมอเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการย่อยเส้นใย 15 นาที สำหรับซังข้าวโพด เมื่อนำไปย่อยด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ พบว่า ลักษณะของเยื่อไม่มีเส้นใยที่จะมายึดกันเป็นแผ่นกระดาษได้ ดังนั้น ซังข้าวโพดจึงไม่สามารถนำมาผลิตเป็นกระดาษได้ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของน้ำหนักเยื่อกระดาษที่ได้ พบว่า กระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดจะมีปริมาณเยื่อกระดาษมากกว่ากระดาษที่ได้จากเปลือกข้าวโพด

จากผลการศึกษาการทดสอบความเหนียวของกระดาษที่ได้จากลำต้นและเปลือกข้าวโพด พบว่า กระดาษที่ได้จากการย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลต่อลิตรและใช้เวลาในการย่อยเส้นใย 15 นาที กระดาษจะมีความเหนียวมากกว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเวลาในการย่อยอื่น ๆ

จตุพล ทองเหม , เกรียงศักดิ์ ปานกำเนิด , ศักดิ์ดา เกริกเทมินทร์ (2544) ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณที่เหมาะสมของพอลิโพรพิลีนที่ใช้มาทดแทนเพื่อลดปริมาณพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการผลิตเส้นใย [12]

ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (Polypropylene; pp) จากผลิตภัณฑ์ที่เป็นขวดน้ำดื่มใช้แล้ว กลับมาใช้ใหม่ในรูปของเส้นใย เพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน อีกทางหนึ่ง โดยเริ่มจาก

การนำขวดน้ำดื่มมาทำการบดละเอียด แล้วนำมาผสมกับเกรดเส้นใยบริสุทธิ์ (PP400S) ในอัตราส่วนที่ต่างกัน เพื่อเตรียมเป็นเม็ด Chip เมื่อได้เม็ด Chip แล้ว ก็ทำการรีดเป็นเส้นใย แล้วนำเส้นใยที่ได้มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางด้านความแข็งแรง และความยืดตัว

สรุปผลการทดลองที่ได้ คือ เส้นใยที่ได้จากการผสมระหว่างอัตราส่วนขวดน้ำพลาสติก 10% (W/W) กับPP400S จะมีค่าความแข็งแรงมากที่สุด ส่วนค่าความยืดตัวในอัตราส่วนต่างๆ จะใกล้เคียงกัน

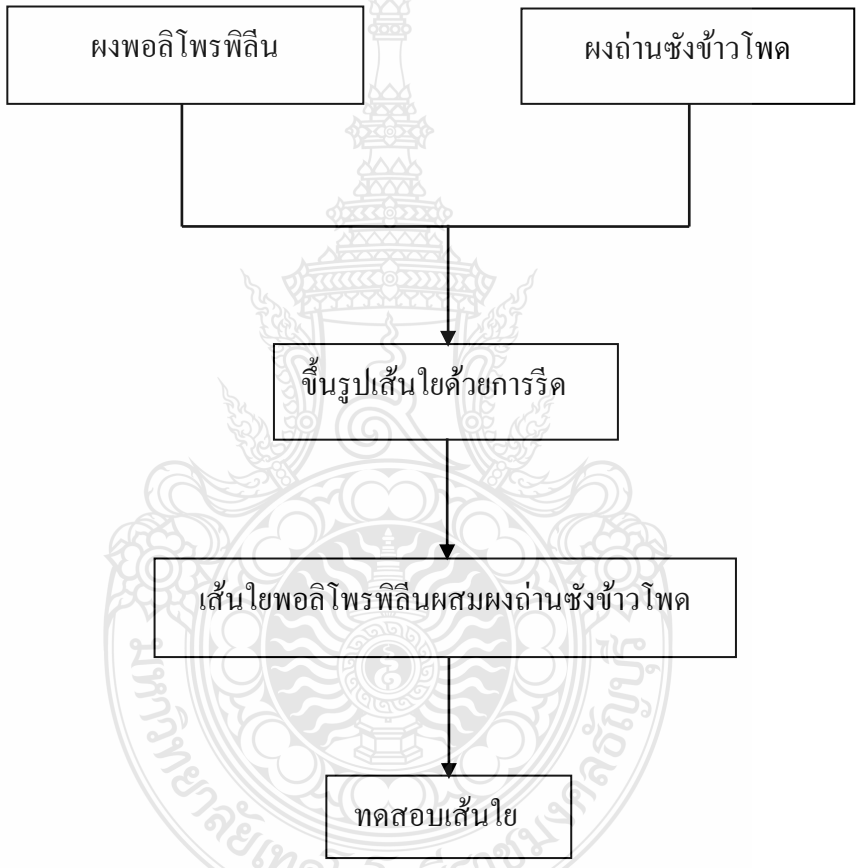
Melinda Gáspár Gergely Kálmán and Kati Réczey (2007) การใช้ประโยชน์จากเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อนำมาผลิต เอทานอล [14]

เนื่องจากในประเทศฮังการี มีการปลูกข้าวโพดเพื่อใช้ในอุสาหกรรมต่างๆอยู่มากมาย ทำให้มีเปลือกข้าวโพดที่เหลือใช้จากการผลิตประมาณ 130 ตันต่อวันซึ่งเปลือกข้าวโพดประกอบไปด้วยเฮมิเซลลูโลส 38 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 18 เปอร์เซ็นต์ และแป้ง 20 เปอร์เซ็นต์ และมีลิกนิน และน้ำมันประกอบอยู่ด้วย ดังนั้น กลุ่มผู้วิจัยยังนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาสกัด (Hydrolyzed) ด้วยเอนไซม์เซลลูโลส และหมักด้วยยีสต์เพื่อผลิตเอทานอล

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดลงในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้คือ



ภาพที่ 3.1 เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดลงในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล มีขั้นตอนการดำเนินงานและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

3.3 การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน PP 100%

3.4 ขั้นตอนการเตรียมซังข้าวโพด

3.5 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด

3.6 ทดสอบเส้นใย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

1) ผงพอลิโพรพิลีนชนิด Mophen® HP561R

2) ซังข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

1) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) รุ่นJSM-6510

2) เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC ยี่ห้อ NETZSCH รุ่น DSC 200F3 (ประเทศเยอรมนี)

3) เครื่องทดสอบความสามารถในการไหลของพอลิเมอร์ (Melt Flow Indexer) XRL-40 series ประเทศเยอรมนี

4) เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single screw Extruder) ยี่ห้อ Thermo Haake Polydrive ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 รู

5) กล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope ; OM) ยี่ห้อ Olympus รุ่น GX41

6) เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Strength) ยี่ห้อ Instron® Tensile Tester Model (ประเทศญี่ปุ่น)

7) เครื่อง Spectrophotometer รุ่น Data color 650

8) เครื่อง Internal Mixer

9) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Balance)

10) เครื่องตัดเม็ด Chip

11) เครื่องปั่นน้ำผลไม้

12) ปีกเกอร์

13) ไม้บรรทัด

14) กรรไกร

15) เส้นใย

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

1) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

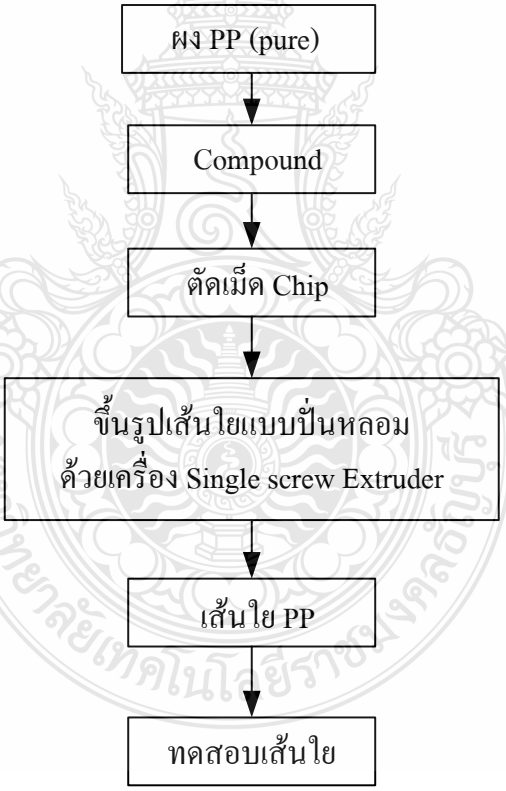
2) ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3) สวนพฤกษศาสตร์ภาคกลาง (พุแค) จ.สระบุรี

4) ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

3.3 การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน PP 100%

3.3.1 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีน (PP 100%) (โดยทำการคอมปาวด์)



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีน

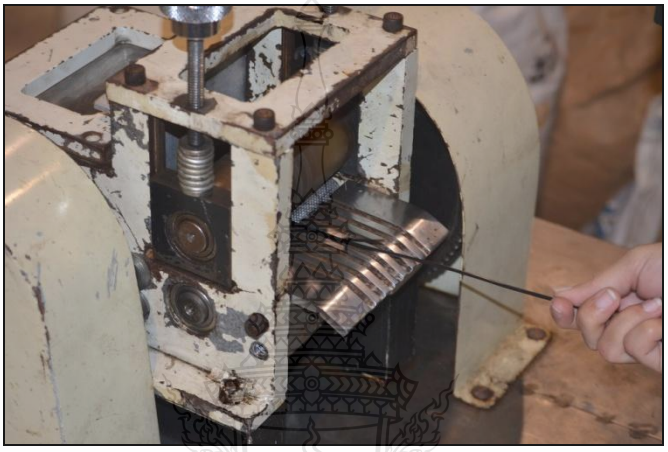
3.3.2 วิธีการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีน (PP100%) โดยทำการคอมปาวด์

นำผงพอลิโพรพิลีน (PP) ที่เตรียมไว้มาทำการผ่านขั้นตอนการทำคอมปาวด์ (Compound) ด้วยเครื่อง Thermo Haake Poly Drire (Single screw Extruder) ดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยใช้อุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียสมีความเร็วรอบ 8 รอบต่อ นาที โดยทำการหลอมละลายให้ออกมาเป็นเนื้อเดียวกันและมีลักษณะเป็นเส้นกลม ขนาด 3 มิลลิเมตร เส้นคอมปาวด์ที่ออกจากหัว Spinneret จะไหลลงสู่อ่างน้ำเย็น ทำให้เส้น Compound เซ็ทตัวแข็ง ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.3 เครื่อง Single screw Extruder

ภาพที่ 3.4 อ่างน้ำเย็น

เมื่อได้เส้นคอมปาวด์ (Compound) แล้ว ก็จะนำเส้นคอมปาวด์ที่ได้ไปทำการผ่านขั้นตอนการตัดให้เป็นเม็ด Chip ให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดเม็ดพอลิเมอร์ (Cutter) ดังแสดงในภาพที่ 3.5 และ ภาพที่ 3.6 นำเม็ด Chip ที่ได้ไปทำการทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI) ทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน ด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิ่งแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC ยี่ห้อ NETZSCH รุ่น DSC 200F3



ภาพที่ 3.5 เครื่องตัดเม็ด Chip

ภาพที่ 3.6 เส้น Compound ที่ผ่านเครื่องตัดแล้ว

นำเม็ด Chip มาทำการหลอมละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยแบบปั่นหลอมด้วยเครื่อง Single screw Extruder ดังแสดงในภาพที่ 3.7 ที่ความเร็วรอบสกรู 8 rpm โดยใช้อุณหภูมิในแต่ละ Zone ดังนี้ Zone 1 อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส, Zone 2 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส, Zone 3 อุณหภูมิ 190 องศา

เซลเซียส, Zone 4 อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส, Zone 5 อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียสเมื่อผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดถูกปั่นหลอมผ่านหัว Spinneret ดังแสดงในภาพที่ 3.8 ออกมาเป็นเส้นใยหลังจากนั้นนำไปผ่านขั้นตอน Drawing ทำการลดขนาด 2 เท่า โดยเส้นใยจะผ่านชุด Roller I ดังแสดงในภาพที่ 3.9 ด้วยความเร็ว 25 เมตร/นาที จากRoller I เส้นใยจะถูกดึงผ่านชุด Heater ดังแสดงในภาพที่ 3.10 เพื่อทำการเซ็ทตัว จากนั้นเส้นใยก็ถูกดึงผ่านชุด Roller II ดังแสดงในภาพที่ 3.11 ด้วยความเร็ว 50 เมตร/นาที ในช่วงนี้เส้นใยจะถูกดึงเพื่อลดขนาดเส้นใยให้เล็กลง และถูกดึงผ่านเข้าชุด winder ดังแสดงในภาพที่ 3.12เพื่อพันเก็บเข้าหลอดและเส้นใยที่ได้จะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงของเส้นใย

ภาพที่ 3.7 เครื่อง Single screw Extruder

ภาพที่ 3.8 เส้นใยที่ถูกฉีดผ่านหัว Spinneret

ภาพที่ 3.9 เครื่อง Drawing ชุดที่ 1

ภาพที่ 3.10 เครื่อง Heater

ภาพที่ 3.11 เครื่อง Drawing ชุดที่ 2

ภาพที่ 3.12 เครื่อง Winder

3.4 ขั้นตอนการเตรียมถ่านซังข้าวโพด

3.4.1 การเตรียมซังข้าวโพด

ทำการจัดหาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452 ที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาโดยการเก็บฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่แห้งแล้วและมีอายุได้ 120 วัน มาทำการสีเพื่อคัดแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากซัง โดยใช้เครื่องสีขนาดทดลองที่ศูนย์วิจัยและข้าวฟ่างแห่งชาติ ซึ่งซังข้าวโพดที่ผ่านเครื่องสีแล้วจะถูกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังแสดงในภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3.13 ซังข้าวโพด

3.4.2 ขั้นตอนการเผาถ่าน

การเผาถ่านโดยทำการเผาที่ ศูนย์วิจัยการผลิตถ่านจังหวัดสระบุรี ตั้งอยู่ในสวนพฤกษศาสตร์ ภาคกลาง (พุแค) โดยการนำซังข้าวโพดที่เตรียมไว้มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม เรียงใส่ลงในเตาอิฐก่อ (กรมป่าไม้) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.60 เมตร และทำการเผารวมกับไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้ระยะเวลาในการเผาตั้งแต่เริ่มจุดเผาจนกระทั่งเผาเสร็จประมาณ 40 ช.ม. โดยจะได้ถ่านซังข้าวโพดน้ำหนัก 1.20 กิโลกรัม ดังแสดงในภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 ถ่านซังข้าวโพด

3.4.3 บดละเอียด

หลังจากนั้นนำซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว มาทำการทุบให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนที่จะนำไปใส่ลงในเบ้าของเครื่องปั่นผลไม้ครั้งละปริมาณน้อยๆ โดยใช้เวลาในการบดประมาณ 5 นาที เมื่อได้ผงถ่านที่ผ่านการบด ดังแสดงในภาพที่ 3.15 แล้วจึงนำผงถ่านไปผ่านแผ่นกรองสแตนเลส เพื่อทำการคัดขนาดในขั้นตอนต่อไป

ภาพที่ 3.15 ถ่านที่ผ่านการบด

3.4.4 การกรองขนาด

ขั้นตอนการนำผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ได้จาการบดละเอียดแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 3.29 มาทำการกรองขนาดให้เล็กลง ด้วยวิธีการเทผงถ่านซังข้าวโพดที่บดละเอียดลงบนแผ่นตะแกรงสแตนเลสที่มีความละเอียดเท่ากับ 37 ไมโครเมตร จากนั้นใช้ไม้บรรทัดปาดผงถ่าน จากซังข้าวโพดที่อยู่บนตะแกรง ซึ่งผงถ่านที่ผ่านตะแกรงสแตนเลสที่มีความละเอียดเท่ากับ 37 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.16 จะล่วงลงสู่ด้านล่างของตะแกรง แล้วนำผงถ่านซังข้าวโพดที่ได้ไปทดสอบดูโครงสร้างทางกายภาพด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-6510

ภาพที่ 3.16 ผงถ่านที่ผ่านการกรองขนาด

3.4.5 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปเส้นใย

นำผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ชนิด Mophen® HP 561R มาผสมกับผงถ่านจากซังข้าวโพดโดยน้ำหนักที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 , 1 , 1.5 , 2 , 2.5 , และ 3 ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 3.17

รูปที่ 3.17 ชั่งผงPPผสมผงถ่านซังข้าวโพด

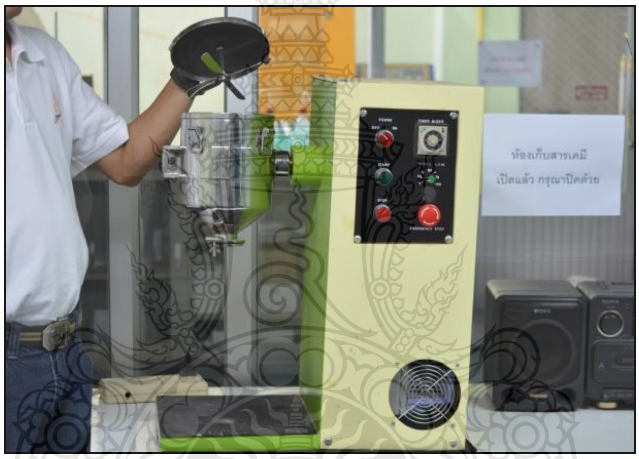
จากการทดลองนี้จะใช้อัตราส่วนผสมที่ใช้จริงโดยใช้ส่วนผสมทั้งหมด 200 กรัม (g) ต่อการฉีดขึ้นรูปในแต่ละครั้ง

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้จริง (g)

อัตราส่วน	ปริมาณซังข้าวโพด (g)	ปริมาณ PP (g)
0.5%	1	199
1%	2	198
1.5%	3	197
2%	4	196
2.5%	5	195
3%	6	194
PP 100%	-	200

วิธีการผสมโดยใช้เครื่องผสม นำผง PP ผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ชั่งตามอัตราส่วนที่ต้องการไปใส่ที่ Hopper ของเครื่องผสมดังแสดงในภาพที่ 3.18 และ ภาพที่ 3.19 โดยใช้เวลาในการผสม 5 นาที ด้วยเครื่องตั้งเวลา เมื่อเครื่องผสม (Mixer) เดินครบ 5 นาทีแล้ว Timer จะตัดและหยุดการทำงานทันที

ภาพที่ 3.18 ถังผสม

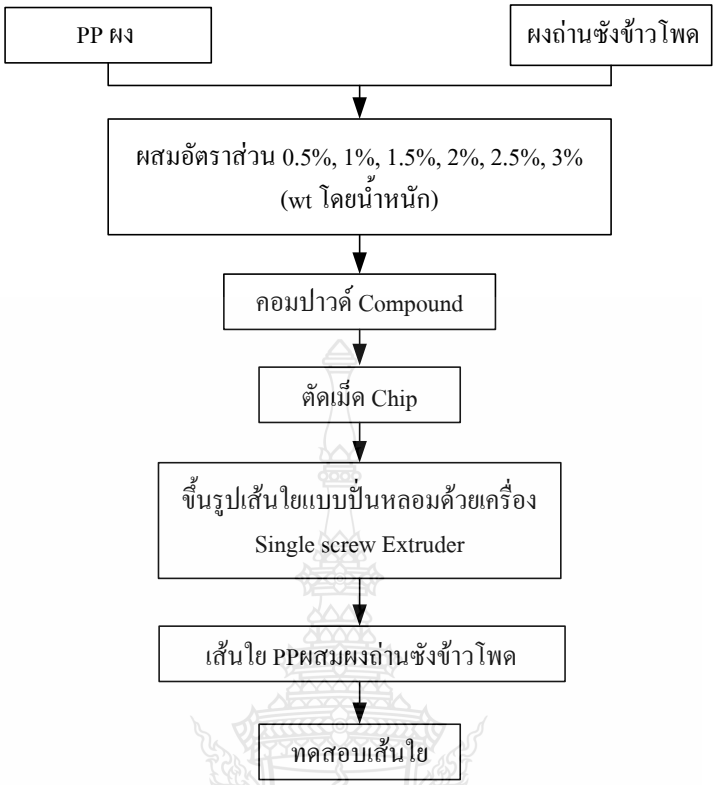


ภาพที่ 3.19 เครื่องผสม

3.5 การขึ้นรูปเส้นใย

การขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ผสมผงถ่านซังข้าวโพดในการศึกษาครั้งนี้จะขึ้นรูปเส้นใยด้วยวิธีการคอมปาวด์

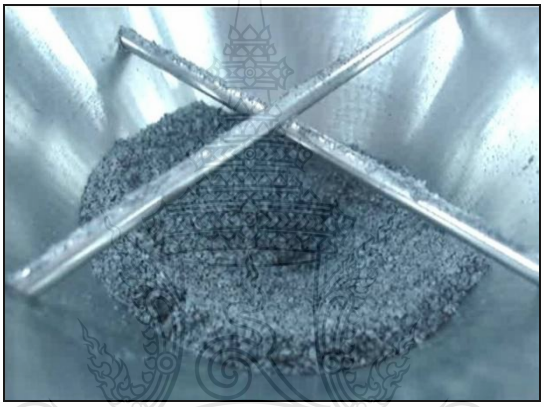
ขั้นตอนการนำผง PPผสมผงถ่านซังข้าวโพด ผ่านกระบวนการคอมปาวด์ (Compound ด้วย Single screw)



ภาพที่ 3.20 ขั้นตอนการนำผง PPผสมผงถ่านซังข้าวโพด ผ่านกระบวนการคอมปาวด์ (Compound ด้วย Single screw)

การขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดผ่านกระบวนการคอมปาวด์จะมีขั้นตอนดังนี้ นำผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ผสมผงถ่านซังข้าวโพด ที่เตรียมไว้มาทำการผ่านขั้นตอนการทำคอมปาวด์ (compound) ด้วยเครื่อง Thermo Haake Poly Drive (Single screw Extruder) โดยใช้อุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียสมีความเร็วรอบ 8 รอบ/นาที โดยทำการหลอมละลายให้ออกมาเป็นเนื้อเดียวกันและมีลักษณะเป็นเส้นกลม ขนาด 3 มิลลิเมตร เส้นคอมปาวด์ที่ออกจากหัว Spinneret จะไหลลงสู่อ่างน้ำเย็น ทำให้เส้น Compound เซ็ทตัวแข็ง ดังแสดงในภาพที่ 3.21 – 3.23

ภาพที่ 3.21 เครื่อง Single screw Extruder



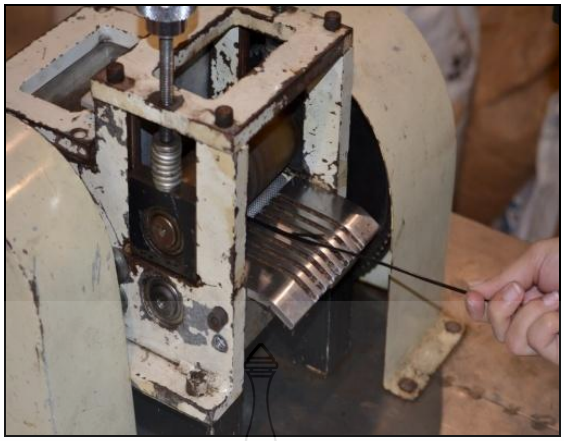
ภาพที่ 3.22 ผง PPผสมผงถ่านซังข้าวโพด

ภาพที่ 3.23 อ่างน้ำเย็น

ภาพที่ 3.24 เส้น PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่าน Compound

เมื่อได้เส้นคอมปาวด์ (Compound) แล้ว ก็จะนำไปทำการผ่านขั้นตอนการตัดให้เป็นเม็ด Chip ให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดเม็ดพอลิเมอร์ (cutter) ดังแสดงในภาพที่ 3.25 – 3.27 และเม็ด Chip ที่ได้จะนำไปทำการทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI) ทดสอบสมบัติทางความร้อน ด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC ยี่ห้อ NETZSCH รุ่น DSC 200F3

ภาพที่ 3.25 เครื่องตัดเม็ด Chip



ภาพที่ 3.26 เส้น Compound ที่ถูกดึงผ่านใบตัด

ภาพที่ 3.27 เม็ด Chip

นำเม็ด Chip มาทำการหลอมละลายเพื่อขึ้นรูปเส้นใยแบบปั่นหลอม ด้วยเครื่อง Single screw extruder ดังแสดงในภาพที่ 3.28 ที่ความเร็วรอบสกรู 8 รอบต่อ นาที โดยใช้อุณหภูมิในแต่ละ Zone ดังนี้ Zone 1 อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส, Zone 2 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส, Zone 3 อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส, Zone 4 อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส, Zone 5 อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียสเมื่อผง PP ถูกปั่นหลอมผ่านหัว Spinneret ออกมาเป็นเส้นใยดังแสดงในภาพที่ 3.29 หลังจากนั้นนำไปผ่านขั้นตอน Drawing ทำการลดขนาดลง 2 เท่า โดยเส้นใยจะผ่านชุด Roller I ด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อนาทีดังแสดงในภาพที่ 3.30 จากRoller I เส้นใยจะถูกดึงผ่านชุด Heater เพื่อทำการเซ็ทตัวดังแสดงในภาพที่ 3.31 จากนั้นเส้นใยก็ถูกดึงผ่านชุด Roller II ด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อ นาทีดังแสดงในภาพที่ 3.32 ในช่วงนี้เส้นใยจะถูกดึงเพื่อลดขนาดเส้นใยให้เล็กลง และดึงผ่านเข้าชุด winder เพื่อพันเก็บเข้าหลอด

ดังแสดงในภาพที่ 3.33 และเส้นใยที่ได้จะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงเส้นใย และทดสอบหาเบอร์เส้นใย

ภาพที่ 3.28 เครื่อง single screw extruder

ภาพที่ 3.29 เส้นใยที่ถูกฉีดผ่านหัว spinneret

ภาพที่ 3.30 เครื่อง Drawing ชุดที่ 1

ภาพที่ 3.31 เครื่อง Heater

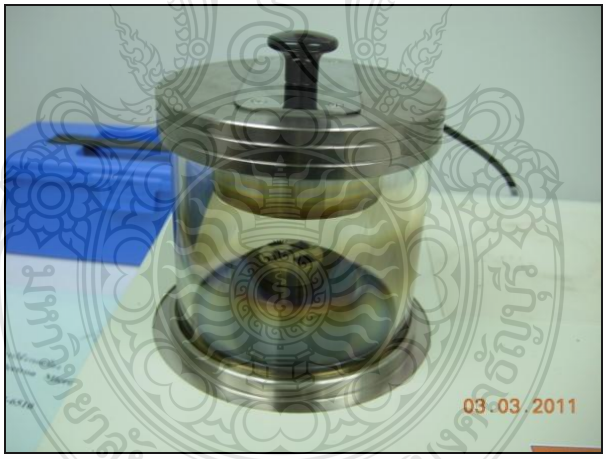
ภาพที่ 3.32 เครื่อง Drawing ชุดที่ 2

ภาพที่ 3.33 เครื่อง Winder

3.6 การทดสอบเส้นใย

3.6.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผงถ่านซังข้าวโพด

การดูภาพขยายผงถ่านซังข้าวโพด ด้านภาพตัดขวาง



ภาพที่ 3.34 การเคลือบเส้นใยด้วยทอง

วัตถุประสงค์ เพื่อดูลักษณะทางกายภาพของผงถ่านซังข้าวโพด

เริ่มจากการเคลือบผงถ่านซังข้าวโพดด้วยทอง(Coater) ดังแสดงในภาพที่ 3.34 ด้วยเครื่อง Auto fine coate รุ่น JFC-1600 เนื่องจากการทำงานของเครื่อง Scanning electron microscope ซึ่งมีการถ่ายภาพขยายได้ละเอียดถึง 2,000 เท่าด้วยหลักการถ่ายภาพด้วยใช้คลื่นอิเล็กตรอนจึงจำเป็นต้องมีการเคลือบตัวอย่างเส้นใยก่อนเข้าเครื่อง Scanning electron microscope โดยมีขั้นตอนดังนี้

เปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่างออก นำตัวอย่างที่ต้องการทำการเคลือบวางบนแท่นวางตัวอย่างและปรับความสูงของผิวตัวอย่างกับหัวเคลือบให้ห่างกัน 35 มิลลิเมตร จากนั้นปิดโถแก้วครอบช่องใส่ตัวอย่าง (ดูโถแก้วให้วางในตำแหน่งสม่ำเสมอกับยางรอง) เปิดสวิทช์การทำงานของเครื่องและสังเกตหลอดไฟ Pa บนเครื่องหยุดนิ่ง เลือกปรับกระแสไฟ ที่ต้องการใช้งาน เลือกปุ่ม SEC เพื่อตั้งเวลา ในการเคลือบหลังจากนั้นกดปุ่ม Pa เลือกโหมดการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ (Auto) และกดปุ่ม START เครื่องจะเริ่มทำงานหลังจาก ตัวเลขของสุญญากาศ ต่ำกว่า 5 Pa รอจนกระทั่งเครื่องเริ่มทำงาน (สังเกตได้จากแสงขณะกำลังเคลือบ) เมื่อเคลือบเสร็จให้ปิดเครื่อง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากช่องใส่ตัวอย่าง

นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Scanning electron microscope เพื่อดูภาพขยายโดยมีขั้นตอนดังนี้

การเปิดเครื่องเริ่มต้นด้วยการเปิดเครื่องทำระบบน้ำเย็น หมุนกุญแจจากตำแหน่ง O ไปตำแหน่ง I และหมุนไปตำแหน่ง START ค้างไว้ 5 วินาทีหลังจากนั้นให้ปล่อยกุญแจ กุญแจจะกลับมาตำแหน่ง I รอ 30 วินาที หลังจากนั้นให้เปิดคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ “JSM-6510” รอโปรแกรมสักครู่ หลังจากนั้นจะปรากฏโปรแกรมขึ้นมาพร้อมใช้งาน

1) การใส่ตัวอย่าง และชิ้นงาน

กดปุ่ม VENT หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะ VENT ที่ตัวเครื่องติดนิ่งเปิดช่องใส่ตัวอย่างออกมาอย่างช้า ๆ อย่าฝืนเปิด หากมีความฝืดขณะเปิดช่องใส่ตัวอย่างทำการยึดตัวอย่างที่จะใช้งาน กับแท่นยึดชิ้นงานให้แน่น นำแท่นยึดชิ้นงาน ไปใส่กับตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน และยึดให้แน่น นำตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน ไปใส่ในช่องใส่ตัวอย่างอย่างระมัดระวัง พร้อมปิดให้แน่น จากนั้นใส่ค่าความสูงของตัวอย่างที่ สูงพ้นจากขอบของ ตัวรับแท่นยึดชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 3.35

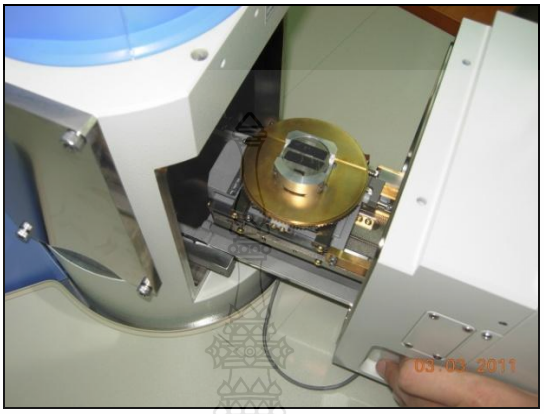
กดปุ่ม EVAC หลังจากนั้นรอให้ไฟแสดงสถานะ HT Ready เป็นสีน้ำเงินที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

2) การเลื่อนตัวอย่าง และ การปรับภาพ

กดปุ่มสถานะ HT Ready ที่เป็นสีน้ำเงินหนึ่งครั้ง ปุ่มสถานะ HT Ready จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว เพื่อแสดงให้ทราบว่ากำลังจ่ายอิเล็กตรอนอยู่ กดปุ่ม Scan 1 และ 2 สังเกตที่จอภาพจะปรากฏภาพของตัวอย่างขึ้นมา (ถ้าหากไม่มีภาพให้ทำขั้นตอน Alignment)

ให้เลื่อนตัวอย่างไปตามตำแหน่งที่ต้องการดู โดยการปรับเลื่อนที่แกน X , Y , Z , T , R การปรับภาพ ให้เริ่มปรับ ที่ปุ่ม Focus ก่อน โดยปรับให้ได้รูป ชัดที่สุด หลังจากนั้นปรับที่ปุ่ม Stig X และ Stig Y โดยปรับให้ได้รูป ชัดที่สุด ให้ปรับกำลังขยายของรูปที่ต้องการดู โดยปรับที่ Mag+ และ Mag- ให้ปรับ Focus และ Stig จนได้รูปที่คมชัดตามความต้องการ

ปรับ ความสว่าง และ ความเข้มของรูป ด้วยปุ่ม Contrast และ Brightness ตามต้องการ กด Scan 3 และ 4 เพื่อทำการบันทึกภาพของตัวอย่างที่ได้ ปรับเรียบร้อยแล้วทำการบันทึกภาพลงคอมพิวเตอร์ ตามต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3.36



ภาพที่ 3.35 เครื่อง Scanning Electron Microscope

ภาพที่ 3.36 เครื่อง Scanning Electron Microscope

3.6.2 การทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI)

1) วัสดุที่ใช้

- เม็ด Chip พอลิโพรพิลีน Mophen® HP 561R ที่ผ่านการคอมปาวด์
- เม็ด Chip พอลิโพรพิลีน Mophen® 561R ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการคอมปาวด์

2) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI)
- เครื่องชั่งน้ำหนัก

3) วิธีการทดสอบ

- ชั่งเม็ดพอลิเมอร์ที่ได้จากการ Compound น้ำหนัก 6 กรัม ใส่สงในเครื่องทดสอบ Melt Flow Index ดังแสดงในภาพที่ 3.37
- ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องทดสอบให้เท่ากับ 230 องศาเซลเซียส
- ใส่เม็ดพอลิเมอร์ลงในกระบอกที่ด้านบนของเครื่องทดสอบ
- นำแท่งเหล็กกดเม็ดพอลิเมอร์ในกระบอก เพื่อไล่ฟองอากาศ
- ใส่โหลด (ตุ้มน้ำหนัก) ที่มีขนาด 2.16 kg. โดยการวางด้านบนกระบอก
- รอจนกว่าโหลดจะค่อยๆเลื่อนลงมาแตะกับ Sensor
- ถ้า Sensor ดังครั้งแรกให้เอาพอลิเมอร์เหลวที่ไหลออกมาทิ้งไป จากนั้นให้รอพอลิเมอร์ เหลวที่ไหลออกมาทุกๆ 10 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.38 จนกว่าเครื่องจะขึ้นแสดงคำว่า test over ถึงจะหยุดพอลิเมอร์เหลว Melt volume Rate , Melt Density
- นำตัวอย่างของพอลิเมอร์เหลวที่ไหลออกมาไปทำการชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ย

ภาพที่ 3.37 เครื่องทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI)

ภาพที่ 3.38 ตัวอย่างพอลิเมอร์เหลว

3.6.3 ผลการทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope ; OM)

1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิโพรพิลีนชนิด Mophen® 561R
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนที่ผสมผงถ่านซังข้าวโพด

2) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องทดสอบ (Optical Microscope ; OMยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CX41) ดังแสดงในภาพที่ 3.39

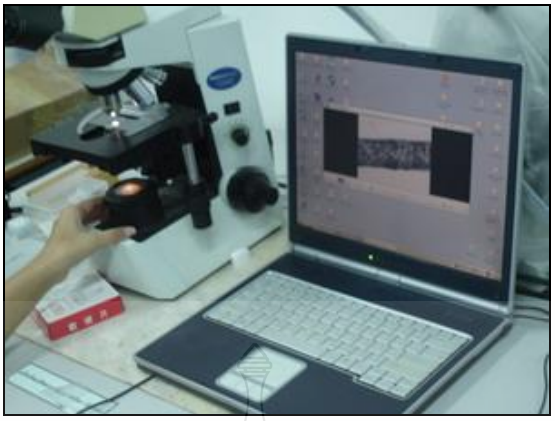
3) วิธีการทดสอบ

- เตรียมเส้นใยที่จะทดสอบมาวางที่กระจกสไลด์ ดังแสดงในภาพที่ 3.40 นำกระจกสไลด์ที่ติดตัวอย่างไปวางบนแท่นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนโดยใช้กำลังขยาย 10 เท่า ดังแสดงภาพที่ 3.41
- ทำการปรับแสง , ปรับความคมชัดของภาพ เพื่อปรับให้ได้ภาพที่ชัดที่สุด
- บันทึกภาพและเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ประเมินผลต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.42

ภาพที่ 3.39 กล้องจุลทรรศน์

ภาพที่ 3.40 ตัวอย่างเส้นใย

ภาพที่ 3.41 ตำแหน่งวางแผ่นสไลด์



ภาพที่ 3.42 ภาพเส้นใยที่ผ่านกล้องขยาย 10 เท่า

3.6.4 การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC)

1) วัสดุที่ใช้

- เม็ด Chip พอลิโพรพิลีน Mophen® 561R ที่ผ่านการคอมปาวด์
- เม็ด Chip พอลิโพรพิลีน Mophen® 561R ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการคอมปาวด์
- เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100% ที่ผ่านการคอมปาวด์
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการคอมปาวด์

2) เครื่องมือที่ใช้

- การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC)

3) วิธีการทดสอบ

- ชั่งน้ำหนัก Pan เปล่าจดบันทึกค่าที่ได้ไว้
- นำตัวอย่างที่เราจะทดสอบตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงใน Pan แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ค่าของ Pan ที่ได้จะเท่ากับน้ำหนักของ Pan ที่บรรจุตัวอย่างแล้วลบด้วยน้ำหนักของ Pan เปล่าให้เหลือน้ำหนักอยู่ใน ช่วง 5-10 g
- นำ Pan ที่บรรจุตัวอย่างที่ได้ตามน้ำหนักที่เราต้องการไปทำการอัด เพื่อให้ฝา Pan ฝาปิดกับถาด Pan ให้แน่น ดังแสดงในรูปที่ 3.43
- นำ Pan ที่บรรจุตัวอย่างแล้ว เข้าเครื่องทดสอบ DSC รุ่น200F3 ดังแสดงภาพที่ 3.44
- ทำการเลือก Baseline ให้เหมาะสมกับตัวอย่างที่เราจะทำการทดสอบ

ภาพที่ 3.43 เครื่องอัด Pan

ภาพที่ 3.44 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน

3.6.5 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength)

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวของเส้นใย

1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิโพรพิลีนชนิด Mophen® 561R (ทำการคอมปาวด์)
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด (ทำการคอมปาวด์)

2) เครื่องมือที่ใช้

- เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ยี่ห้อ Instron ® (Tensile Tester Model 5560)

ดังแสดงในภาพที่ 3.45

3) วิธีการทดสอบ

- เตรียมตัวอย่างเส้นใยในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยใช้แต่ละอัตราส่วนเท่ากับ 20 เส้น
- ใช้ Load Cell ขนาด 10 นิวตัน
- ตั้งระยะห่างระหว่างปากจับเส้นด้ายตัวบนและตัวล่าง (Gauge length) 250มิลลิเมตร ± 3 มิลลิเมตร
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวจับเส้นด้าย 300 มิลลิเมตรต่อนาที
- ทำการปรับตั้งเครื่องทดสอบแรงดึงให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์ (set zero)
- ยึดเส้นใยด้วยปากจับเส้นใยและชิ้นทดสอบซึ่งต้องอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างขอบด้านในของปากจับเส้นใยทั้งสองด้าน ทำการยึดเส้นใยให้แน่น โดยเส้นใยจะต้องมีความสม่ำเสมอตลอดเส้น (ในการยึดเส้นใยจะต้องไม่มีแรงดึงมาเกี่ยวข้อง)
- เปิดเครื่องทดสอบ โดยเครื่องจะทำการดึงเส้นใยไปจนกระทั่งเส้นใยขาดเครื่องจะหยุดทำงาน จากนั้นบันทึกค่าของแรงดึงและค่าการยืดตัวของเส้นใย

ภาพที่ 3.45 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength tester) ยี่ห้อ Instron รุ่น 5569

3.6.6 การทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage)

1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิโพรพิลีนชนิด Mophen® 561R (ทำการคอมปาวด์)
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด (ทำการคอมปาวด์)

2) เครื่องมือที่ใช้

- หม้อต้ม ,บีกเกอร์ ,ไม้บรรทัด , กรรไกร

3) วิธีการทดสอบ

- นำเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูปที่ผ่านการคอมปาวด์มาทำตัดให้ได้ความยาวเท่ากับ 12 Cm. ดังแสดงในภาพที่ 3.46

- ผูกปมหัวท้ายให้มีระยะห่างเท่ากับ 10 Cm. จำนวน 3 เส้น นำไปใส่ลงในบีกเกอร์ ดังแสดงในภาพที่ 3.47

- นำไปใส่ในหม้อต้มที่มีอุณหภูมิ 90องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ดังแสดงในภาพที่ 3.48

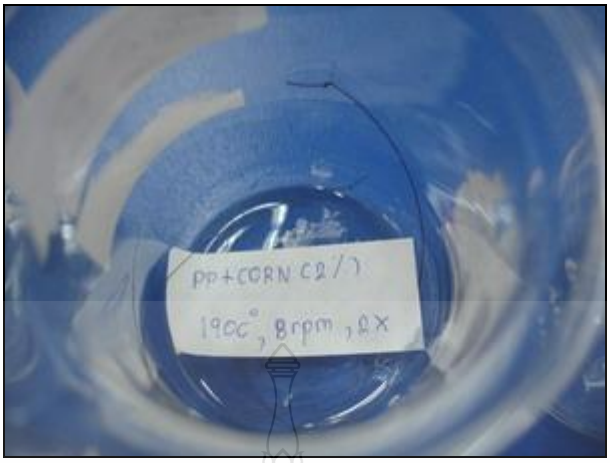
- เมื่อครบ 30 นาทีแล้วให้นำเส้นใยออกจากหม้อต้มทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาทำการวัดขนาด ว่ามีการหดตัวหรือขยายตัว

- นำเส้นใยมาวัดความยาวแล้วทำการคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ Shrinkage} = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \qquad (3.1)$$

L_0 เป็นความยาวของเส้นใยก่อนอบ / ต้ม , L_1 เป็นความยาวของเส้นหลังอบ / ต้ม

ภาพที่ 3.46 ตัดเส้นใยให้ได้ขนาด 12 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.47 เส้นใยก่อนการต้ม

ภาพที่ 3.48 การต้มเส้นใย

3.6.7 วิธีการทดสอบหาเบอร์ด้าย

1) วัสดุที่ใช้

- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดจากเม็ด Chip ที่ผ่านการคอมปาวด์ด้วยเครื่อง Single screw

2) วิธีการทดสอบ

- นำเส้นใยตัวอย่างที่ต้องการหาเบอร์ด้าย นำมากรอด้วยเครื่องกรอด้ายให้ได้ความยาวเท่ากับ 20 เมตรต่อ 1 ตัวอย่าง ดังแสดงในรูป 3.49-3.50

- นำเส้นใยที่ได้จากการกรอที่มีความยาวเท่ากับ 20 เมตร ไปทำการชั่งน้ำหนักให้ได้ค่าออกมามีหน่วยเป็นกรัม (g) ดังแสดงในรูป 3.51

- นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเบอร์ด้ายโดยใช้สูตร

สูตรการคำนวณ $$\frac{\text{น้ำหนัก(กรัม) X 9,000}}{\text{ความยาว (เมตร)}} = \text{Denier} \qquad (3.2)$$

ภาพที่ 3.49 เครื่องกรอเส้นใย

ภาพที่ 3.50 เส้นใยที่ความยาวเท่ากับ 20 เมตร

ภาพที่ 3.51 เครื่องชั่งน้ำหนัก

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) 100%

ผลจากการผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน ที่ทำการคอมปาวด์ สามารถทำการขึ้นรูปเส้นใยแบบปั่นหลอมด้วยเครื่อง Single screw extruder ได้ผลผลิต 50 เมตรต่อ นาที

4.2 การเตรียมซังข้าวโพด

4.2.1 ซังข้าวโพด

ผลการเตรียมซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452 ที่ได้จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยนำฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ผ่านเครื่องสีข้าวโพด ปริมาณน้ำหนักข้าวโพด 100 กิโลกรัม จะได้เป็นเมล็ดข้าวโพด 82 กิโลกรัม(ร้อยละ 82 ของเปอร์เซ็นต์กะเทาะ) เป็นซังข้าวโพด 18 กิโลกรัม(ร้อยละ 18 ของซังข้าวโพด)

4.2.2 การเผาซังข้าวโพด

ผลการเผาถ่านที่ศูนย์วิจัยการผลิตถ่านสระบุรี ตั้งอยู่ในสวนพฤกษศาสตร์ภาคกลาง (พุแค) โดยการใช้เตาอิฐก่อของกรมป่าไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.60 เมตร ทำการเผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 40 ชั่วโมง โดยใช้ซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452 ที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม จะได้ถ่านซังข้าวโพดน้ำหนัก 1.20 กิโลกรัม(ร้อยละ 24 ของซังข้าวโพด)

4.2.3 การบดละเอียดและการคัดกรองขนาด

ผลจากการบดถ่านซังข้าวโพด โดยใช้เครื่องปั่นผลไม้นั้นเวลาที่ใช้ประมาณ 5 นาทีเพื่อทำให้อนุภาคของถ่านมีขนาดเล็กลงหลังจากนั้นนำผงถ่านจากซังข้าวโพดไปกรองโดยผ่านตะแกรงสแตนเลส ที่มีความละเอียดเท่ากับ 37 ไมโครเมตรได้

4.3 ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด

4.3.1 การขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดโดยการทำคอมปาวด์

ผลจากการคอมปาวด์ (Compound) จะเห็นได้ว่า เส้นคอมปาวด์ที่มีอัตราส่วนผสมของผงพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 , 1 เมื่อผ่านจากหัว Spinneret ไหลลงสู่อ่างน้ำเย็นแล้วจะมีลักษณะเป็นเส้นกลมผิวเรียบมันเงา มีอัตราการผสมกันได้ดีดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.2 ส่วนเส้นคอมปาวด์ที่มีอัตราส่วนผสมของผงถ่านจากซังข้าวโพดตั้งแต่ร้อยละ 1.5, 2, 2.5, และ3 จะมีลักษณะกลมและเส้นพองตัว แต่เมื่อลงสู่อ่างน้ำเย็นเส้นคอมปาวด์จะมีลักษณะแบน มีผิวสัมผัสที่ขรุขระไม่เรียบ ดังแสดงในภาพที่ 4.3-4.6 ซึ่งเห็นได้ว่าตั้งแต่ อัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5 ขึ้นไปจะมีอัตราการหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันไม่ดี

จากการศึกษาสรุปได้ว่าอัตราส่วนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดยิ่งมากขึ้น จะทำให้เส้นคอมปาวด์ (Compound) ออกมาไม่สม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัดเจน

หลังจากนั้นนำเส้นที่ผ่านขั้นตอนการคอมปาวด์แล้วไปทำการตัดเป็นเม็ด Chip ให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 4.7 แล้วไปทำการขึ้นรูปเส้นใยด้วยเครื่อง Single Screw Extruder พบว่า เส้นใยที่ผ่านการคอมปาวด์ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ PP (Pure) สามารถถูกดึงผ่านชุด Draw เพื่อเก็บเข้าหลอดได้ ส่วนเส้นใยที่ผ่านการคอมปาวด์ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 2, 2.5, 3 ไม่สามารถเก็บพันเข้าหลอดได้เพราะเส้นใยเปราะและขาดง่ายในขณะดึงยืด เนื่องจากผงถ่านจากซังข้าวโพดมีขนาดไม่สม่ำเสมอ

ภาพที่ 4.1 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5

ภาพที่ 4.2 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1

ภาพที่ 4.3 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5

ภาพที่ 4.4 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 2

ภาพที่ 4.5 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 2.5

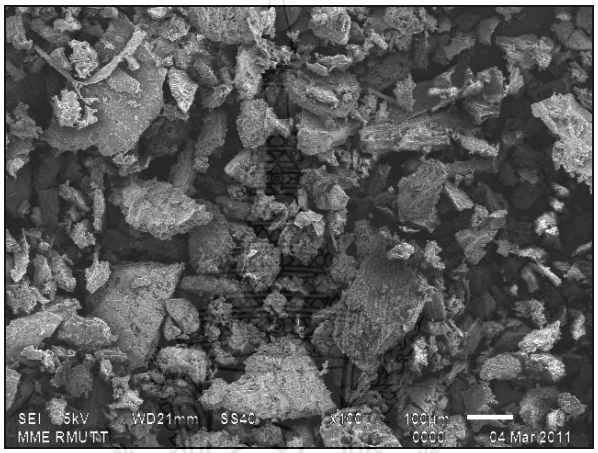
ภาพที่ 4.6 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 3

ภาพที่ 4.7 เม็ด Chip ขนาด 2 มิลลิเมตร

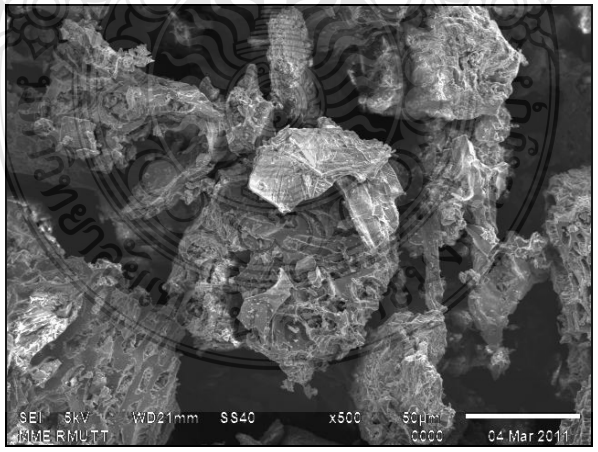
4.4 ผลการทดสอบเส้นใย

4.4.1 ทดสอบลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-65100

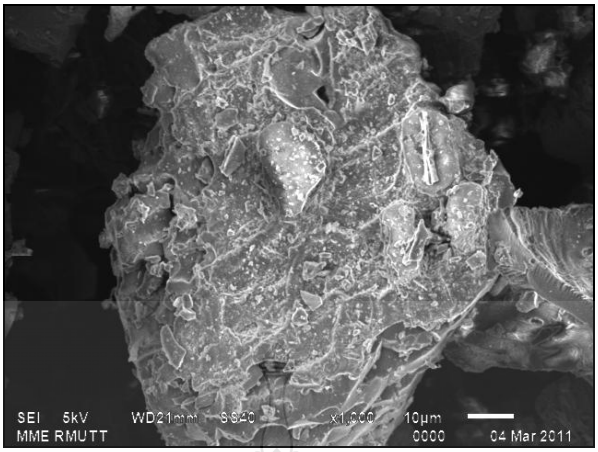
โดยลักษณะส่วนใหญ่ของผิวผงถ่านจากซังข้าวโพด จะมีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมากซึ่งจะมีสมบัติด้านการดูดซับกลิ่นได้เป็นอย่างดี ผลการทดสอบที่อัตราส่วนขยาย 100 เท่า 500 เท่า 1,000 เท่า และ 2,000 เท่า ดังแสดงในภาพที่ 4.8 – 4.11



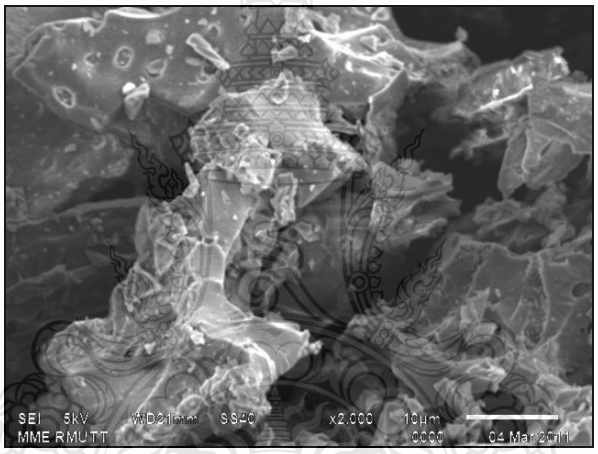
ภาพที่ 4.8 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 100 เท่า



ภาพที่ 4.9 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 500 เท่า



ภาพที่ 4.10 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 1,000 เท่า



ภาพที่ 4.11 ลักษณะผิวของผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราขยาย 2,000 เท่า

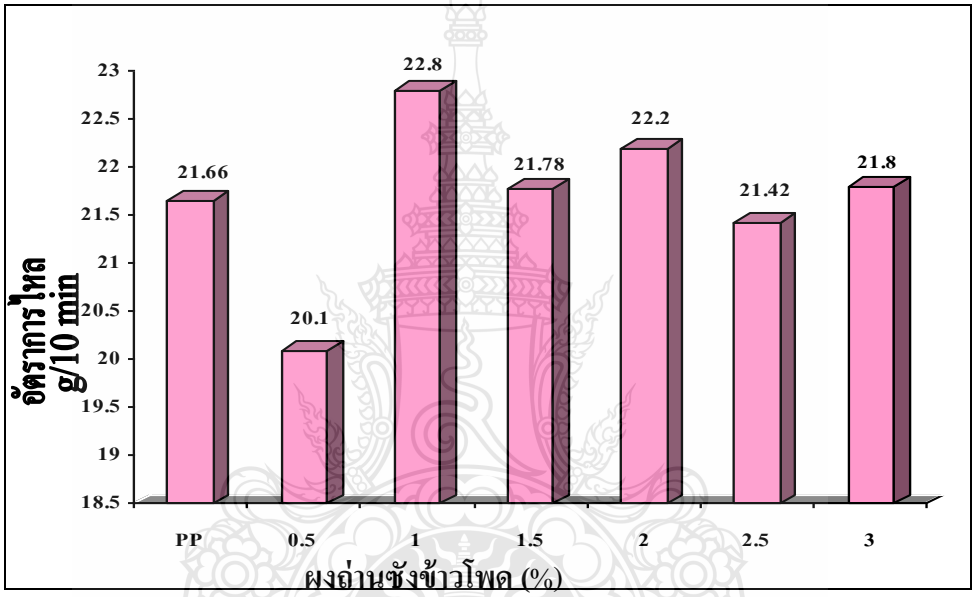
4.4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการไหลของพอลิเมอร์ (Melt Flow)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ผ่านการ Compound

ตัวอย่าง	Melt Temp(°C) / Load (Kg)	น้ำหนัก (กรัม)	MFR g/10min	MVR Cm^3/10min	D g/cm^3
PP 100 %	230 /2.16	0.361	21.66	28.82	00.75
PPผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 0.5	230 /2.16	0.335	20.10	26.90	00.74
1	230 /2.16	0.380	22.80	53.37	00.42
1.5	230 /2.16	0.363	21.78	28.82	00.75

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ผ่านการ Compound (ต่อ)

ตัวอย่าง	Melt Temp(°C) / Load (Kg)	น้ำหนัก (กรัม)	MFR g/10min	MVR Cm^3/10min	D g/cm^3
2	230 /2.16	0.370	22.20	30.31	00.73
2.5	230 /2.16	0.357	21.42	30.74	00.69
3	230 /2.16	0.364	21.84	57.64	00.37

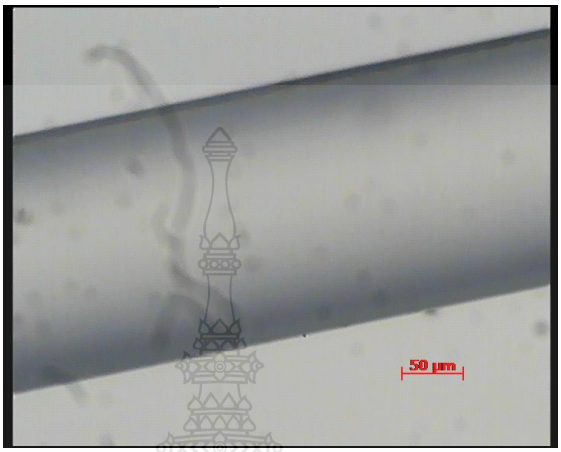


ภาพที่ 4.12 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่าน Compound

ผลการทดสอบความสามารถในการไหลของพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนผสมต่างๆ นั้นพบว่า พอลิโพรพิลีน 100% (ผง) ที่ทำการคอมปาวด์มีอัตราการไหลเท่ากับ 21.66 g/10 min ส่วนพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 1 มีอัตราการไหลมากที่สุดเท่ากับ 22.80 g/10 min และพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 มีอัตราการไหลน้อยที่สุดเท่ากับ 20.10 g/10 min

จากผลการทดสอบความสามารถในการไหลพบว่าผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ทุกอัตราส่วนผสมจะมีอัตราการไหลใกล้เคียงกันจึงไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลของพอลิโพรพิลีน เนื่องจากผงถ่านมีขนาดเล็กประมาณ 37 ไมโครเมตรจึงไม่ส่งผลต่ออัตราการไหลของพอลิเมอร์

4.4.3 ผลการทดสอบการกระจายตัวด้วยกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน 100% ที่ทำการคอมปาวด์จะเห็นว่าลักษณะของเส้นใยโปร่งแสงและมีผิวเรียบสม่ำเสมอทั่วทั้งเส้นใย ดังแสดงในภาพที่ 4.13

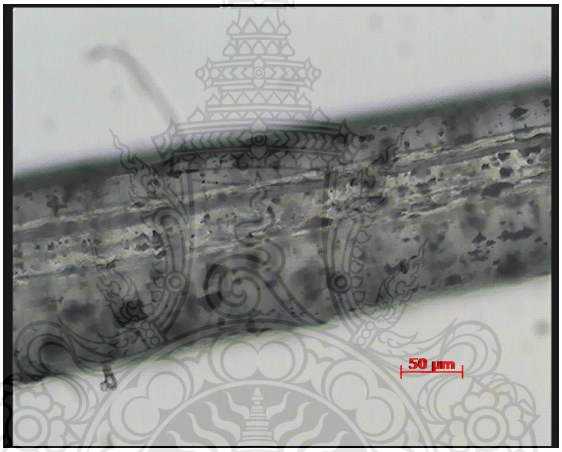


ภาพที่ 4.13 เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100%

จากผลการทดสอบการกระจายตัวของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ทำการคอมปาวด์ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0.5 จะพบว่าผงถ่านจากซังข้าวโพดมีการแทรกตัวเข้าไปอยู่ภายในเส้นใยอย่างสม่ำเสมอ ทำให้มีผิวขรุขระไม่เรียบ ดังแสดงในภาพที่ 4.14 และที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1 และ 1.5 จะพบว่าผงถ่านจากซังข้าวโพดมีการแทรกตัวในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ผิวของเส้นใยนั้นเริ่มมีรอยแตก อย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16

ภาพที่ 4.14 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5

ภาพที่ 4.15 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1



ภาพที่ 4.16 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5

4.4.4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลอรีเมทรี (Differrential Scanning Calorimetry , DSC)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางความร้อนของเส้นใย เม็ด Chip

Polymer	Tm(°c)	Heat of fusion(J/g)	Tc(°c)
PP 100%(ผง)	167.7	86.6	112.2
PP 100%(Fiber)	168.7	86.46	116.1
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 (Fiber)	168.9	82.86	117.8
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 1(Fiber)	168.5	80.34	118.3
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 1.5(Fiber)	167.9	81.12	119.1
PP Compound (Chip)	169.9	84.16	111.7
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 0.5Compound(Chip)	169.5	82.58	117.5
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 1 Compound (Chip)	168.7	81.52	116.4
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 Compound(Chip)	168.4	83.08	117.3
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 2 Compound(Chip)	169.7	75.23	118.2
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 2.5 Compound(Chip)	169.6	80.46	119.1
PP: ซังข้าวโพดร้อยละ 3 Compound(Chip)	168.8	77.88	119.1

* Tm อุณหภูมิในการหลอมเหลว

J/g ปริมาณความร้อนในการหลอมผลึก

Tc(°c) อุณหภูมิที่เกิดผลึก

ผลการทดสอบสมบัติเชิงทางความร้อนของ(เส้นใย)พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน 100% (ผง)เท่ากับ 167.7 องศาเซลเซียส และ PP100%เท่ากับ 168.7 องศาเซลเซียส ส่วน พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 ใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวสูงสุดเท่ากับ 168.9 องศาเซลเซียส ต่ำสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 1.5 เท่ากับ 167.9 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบสมบัติเชิงทางความร้อนของ(เม็ดChip) พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน 100% เท่ากับ169.9 องศาเซลเซียส ส่วนพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 2 ใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวสูงสุดเท่ากับ 169.7องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 1.5 เท่ากับ 168.4 องศาเซลเซียส

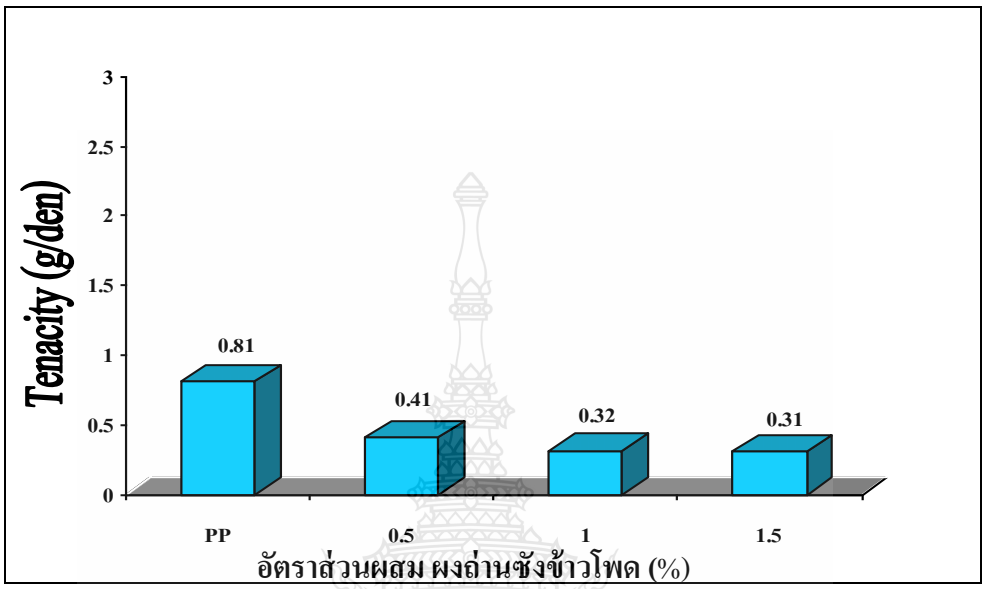
จากผลการทดสอบการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดลงในพอลิโพรพิลีนนั้นไม่ทำให้อุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีนเปลี่ยนไป เนื่องจากปริมาณผงถ่านในเส้นใยที่ทุกอัตราส่วนผสมมีน้อยจึงไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิการหลอมเหลว

ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของเส้นใยพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีน 100% มีค่าเท่ากับ 116.1 องศาเซลเซียส ส่วนพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ใช้อุณหภูมิในการเกิดผลึกสูงสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 1.5 มีค่า 119.1 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 มีค่า 117.8 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของเม็ด chip พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดผลึกของพอลิโพรพิลีน 100% มีค่าท่ากับ 111.7 องศาเซลเซียส ส่วนพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ใช้อุณหภูมิการเกิดผลึกสูงสุดที่อัตราส่วนร้อยละ 3 มีค่า 119.1 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่อัตราส่วนร้อยละ1 มีค่าเท่ากับ 116.4 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบสมบัติทางความร้อนของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดลงในพอลิโพรพิลีนนั้น พบว่าจะใช้อุณหภูมิในการเกิดผลึกสูงตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผงถ่านจะใช้อุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งสูงกว่าพอลิโพรพิลีนจึงมีผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้สูงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น

4.4.5 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength & Elongation & Tenacity) ผลการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านทำการคอมปาวด์



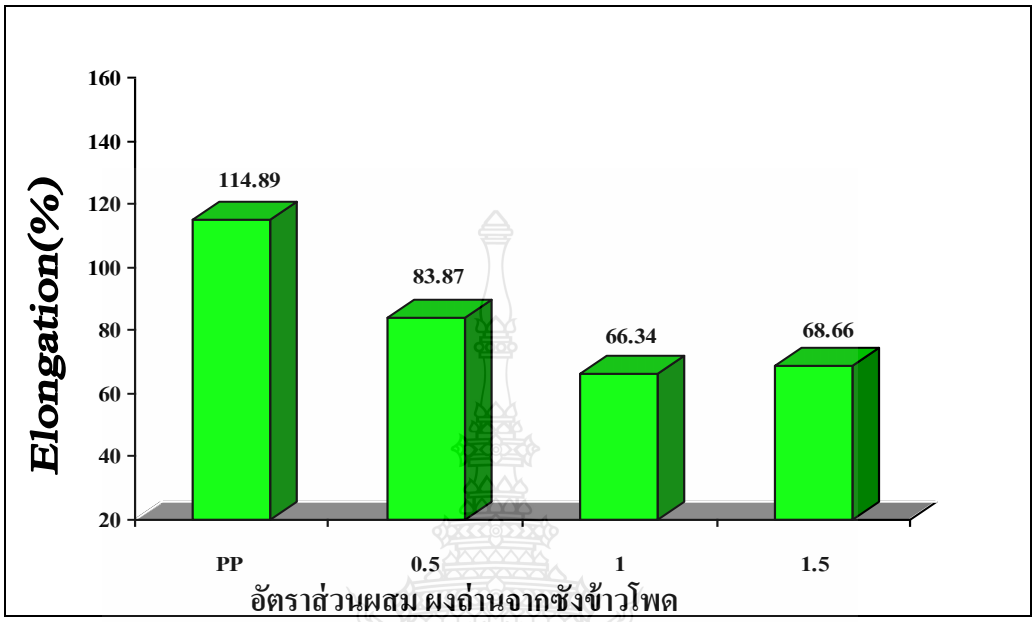
ภาพที่ 4.17 ความแข็งแรงของเส้นใย

1) จากกราฟแสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของเส้นใยพบว่า

- เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100 เปอร์เซ็นต์ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0.81 g/den
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0.41 g/den
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่ามีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0.32 g/den
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 0.31g/den

หมายเหตุ เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 2, 2.5, และ 3 ไม่สามารถพันเก็บเข้าหลอดได้เนื่องจากเส้นใยเปราะขาด

ผลการทดสอบการยืดตัวก่อนขาด (Elongation) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านทำการคอมปาวด์

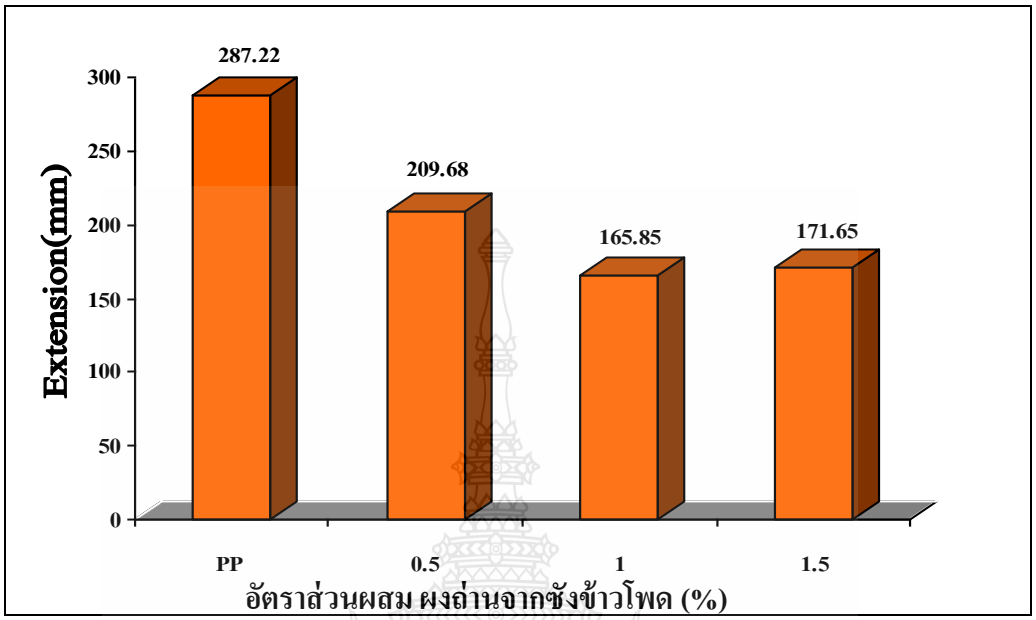


ภาพที่ 4.18 การยืดตัวก่อนขาดของเส้นใย

2) จากกราฟแสดงผลการทดสอบการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใยพบว่า

- เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100 เปอร์เซ็นต์ที่ทำการคอมปาวด์ มีค่าการยืดตัวก่อนขาดเท่ากับ 114.89 เปอร์เซ็นต์
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวก่อนขาดเท่ากับ 83.87 เปอร์เซ็นต์
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวก่อนขาดเท่ากับ 66.34 เปอร์เซ็นต์
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวก่อนขาดเท่ากับ 68.66 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบการยืดตัว(Extension) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านทำการคอมปาวด์



ภาพที่ 4.19 การยืดตัวของเส้นใย

3) จากกราฟแสดงผลการทดสอบการยืดตัวของเส้นใยพบว่า

- เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100 เปอร์เซ็นต์ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวเท่ากับ 287.22 มิลลิเมตร
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวเท่ากับ 209.68 มิลลิเมตร
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวเท่ากับ 165.85 มิลลิเมตร
- เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 1.5 ที่ทำการคอมปาวด์มีค่าการยืดตัวเท่ากับ 171.65 มิลลิเมตร

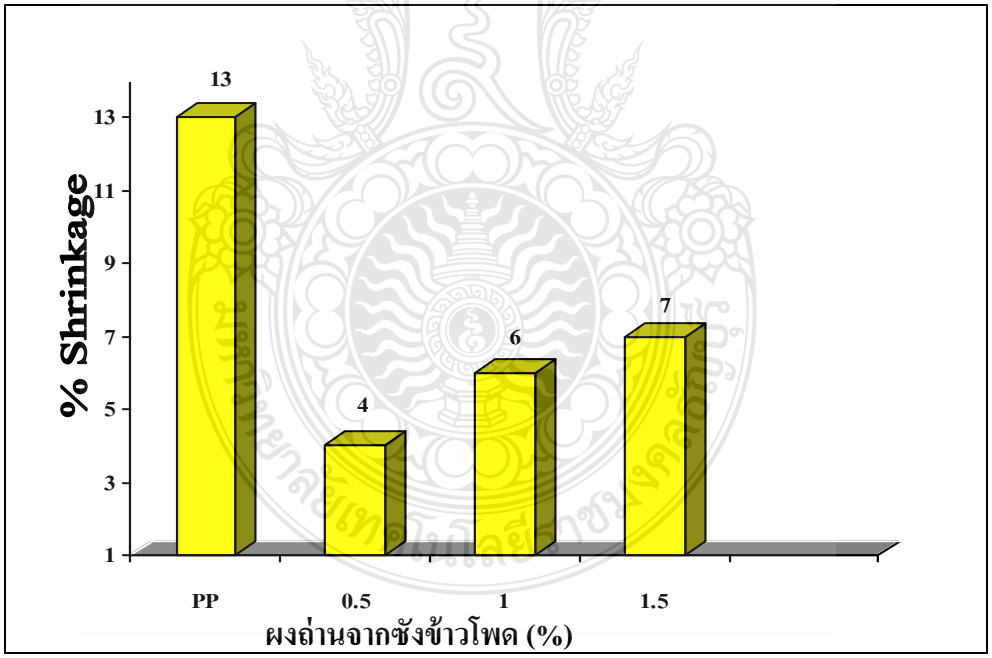
จากผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงพบว่า เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดทุกอัตราส่วนจะมีความแข็งแรง, การยืดตัวก่อนขาด, และการยืดตัวของเส้นใย น้อยกว่า เส้นใยพอลิโพรพิลีน100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก ผงถ่านซังข้าวโพดไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิโพรพิลีนจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดน้อยลง

4.4.6 ผลการทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage)

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลองการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage)

ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1 Cm	ครั้งที่ 2 Cm	ครั้งที่ 3 Cm	เฉลี่ย	% shrinkage
PP100% compound	8.6	8.7	8.9	8.7	13
PPผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 0.5	9.5	9.4	9.9	9.6	4
PPผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 1	9.4	9.7	9.1	9.4	6
PPผสมผงถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 1.5	9.2	9.5	9.2	9.3	7

หมายเหตุ เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดอัตราส่วนร้อยละ 2 , 2.5, และ 3 ที่ทำการคอมปาวด์ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเส้นใยเข้าหลอดได้



ภาพที่ 4.20 เปอร์เซ็นต์การหดตัวผ่านการCompound

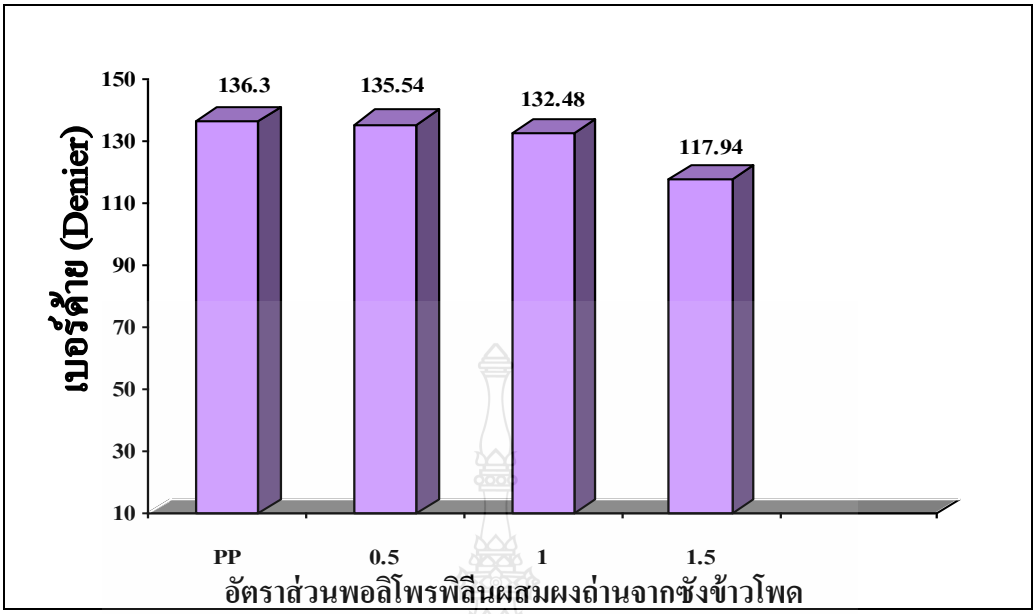
ผลการทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage) เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100% ที่ทำการคอมปาวด์พบว่ามีการหดตัวของเส้นใย เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดผ่านการคอมปาวด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 มีการหดตัวของเส้นใยเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1 ทำการคอมปาวด์ จะมีการหดตัวเท่ากับ 6 เปอร์เซ็นต์ และที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5 ทำการคอมปาวด์ จะมีการหดตัวเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบการหดตัวของเส้นใยสรุปได้ว่า เส้นใย เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าโพดที่ทุกอัตราส่วนผสม จะมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวน้อยกว่าเส้นใยพอลิโพรพิลีน เนื่องจากผงถ่านซังข้าวโพดไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิโพรพิลีนจึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวของเส้นใยลดลง

4.4.7 ผลการทดสอบหาเบอร์ด้าย

ตารางที่ 4.4 การทดสอบหาเบอร์ด้าย

วัสดุที่ใช้ทดสอบ	น้ำหนัก(กรัม) / 20เมตร	เบอร์ด้าย
พอลิโพรพิลีน 100%	0.3029	136.30
พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0.5	0.3012	135.54
พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนผสมร้อยละ1	0.2644	132.48
พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนผสมร้อยละ1.5	0.2654	117.94



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงการหาเบอร์ด้าย

จากตารางผลการทดสอบหาเบอร์ด้าย พบว่า เส้นใยพอลิโพรพิลีน 100% ที่น้ำหนัก 0.3029 กรัม ต่อความยาว 20 เมตร จะได้เบอร์ด้ายเท่ากับ 136.30 ดีเนียร์ เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 0.5 ที่น้ำหนัก 0.3012 กรัมต่อ ความยาว 20 เมตร จะได้เบอร์ด้ายเท่ากับ 135.54 ดีเนียร์ เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 1 ที่น้ำหนัก 0.2944 กรัมต่อความยาว 20 เมตร จะได้เบอร์ด้ายเท่ากับ 132.48 ดีเนียร์ เส้นใยพอลิโพรพิลีนร้อยละ 1.5 ที่น้ำหนัก 0.2621 กรัมต่อความยาว 20 เมตร จะได้เบอร์ด้ายเท่ากับ 117.94 ดีเนียร์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล พบว่าสามารถนำผงถ่านที่ได้จากซังข้าวโพดโดยผ่านกระบวนการเผา ไปบดเพื่อให้อนุภาคของผงถ่านมีขนาดเล็กลงเท่ากับ 37 ไมโครเมตร แล้วนำไปผสมกับผงพอลิโพรพิลีนแล้วนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปเส้นใยได้

ผลจากการเตรียมซังข้าวโพด จะได้ซังข้าวโพดร้อยละ 18

ผลจากการเผาถ่าน จะได้ถ่านซังข้าวโพดร้อยละ 24

ผลจากการนำผงถ่านจากซังข้าวโพดมาผสมกับผงพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการคอมปาวด์

ผลการขึ้นรูปเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด ที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1, และ 1.5 สามารถทำการขึ้นรูปเส้นใยได้ 50 เมตรต่อ นาที แต่ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 2, 2.5, และ 3 ไม่สามารถเก็บพันเข้าหลอดได้เนื่องจากเส้นใยเปราะและขาด

ผลการทดสอบการกระจายตัวของเส้นใยพอลิโพรพิลีน จะมีลักษณะโปร่งแสงและมีผิวเรียบสม่ำเสมอทั่วทั้งเส้นใย ส่วนเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด พบว่าผงถ่านจากซังข้าวโพดมีการแทรกตัวเข้าไปอยู่ภายในเส้นใย มีผิวขรุขระไม่เรียบและทึบแสง

ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของเส้นใยและเม็ดChip พบว่าพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด จะใช้อุณหภูมิในเกิดผลึกสูง ตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น

ผลการทดสอบการหดตัวของเส้นใยพบว่า เส้นในพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด จะมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวที่น้อยกว่าเส้นใยพอลิโพรพิลีน

ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงพบว่าเส้นใยพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 0.40 กรัมต่อ ดีเนียร์ และการยืดตัว มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย ร้อยละ 31 และค่าดัชนีในการไหลของพอลิเมอร์มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 1.24 กรัมต่อ 10 นาที

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบ

การทดสอบ	PP 100%	ผสมผงถ่าน 0.5	ผสมผงถ่าน 1	ผสมผงถ่าน 1.5	ผสมผงถ่าน 2	ผสมผงถ่าน 2.5	ผสมผงถ่าน 3
การขึ้นรูปและพันเก็บเข้าหลอด	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
การกระจายตัว	โปร่งแสง ผิวเรียบ	ทึบแสง ผิวขรุขระ	ทึบแสง ผิวขรุขระ	ทึบแสง ผิวขรุขระ	ทึบแสง ผิวขรุขระ	ทึบแสง ผิวขรุขระ	ทึบแสง ผิวขรุขระ
สมบัติเชิงความร้อนเส้นใย (หลอมเหลว)°C	168.7	168.9	168.5	167.9	-	-	-
สมบัติเชิงความร้อนเส้นใย(ตกผลึก) °C	116.1	117.8	118.3	119.1	-	-	-
สมบัติเชิงความร้อน chip (หลอมเหลว) °C	169.9	169.5	168.7	168.4	169.7	169.6	168.8
สมบัติเชิงความร้อน chip (ตกผลึก) °C	111.7	117.5	116.4	117.3	118.2	119.1	119.1
การหดตัว %	13	4	6	7	-	-	-
ความแข็งแรงต่อแรงดึง g/den	0.81	0.41	0.32	0.31	-	-	-
การยืดตัวก่อนขาด %	114.89	83.87	66.34	68.66	-	-	-
การยืดตัว mm.	287.22	209.68	165.85	171.65	-	-	-
ดัชนีการไหล g/10min	21.66	20.10	22.80	21.78	-	-	-

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิโพรพิลีนที่เติมผงถ่านจากซังข้าวโพด สรุปได้ว่า สมบัติของเส้นใยด้านการหดตัวของเส้นใยพบว่า ผลการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวของเส้นใยน้อยที่สุด สามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ด้านการคงรูป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เครื่องจักรที่ใช้ในการบดละเอียดถ้าสามารถบดผงถ่านให้ได้ความละเอียดมากกว่า 37 ไมโครเมตรขึ้นไป ก็จะทำให้การกระจายตัวของปริมาณผงถ่านในเส้นใยดียิ่งขึ้น

5.2.2 ทำการทดสอบสมบัติทางด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การดูดซับ และการป้องกันแบคทีเรีย

5.2.3 จากผลของการยืดตัวก่อนขาดเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพด น่าจะสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ทางสิ่งทอได้

5.2.4 ทำการเปรียบเทียบเส้นใยที่ผ่านการขึ้นรูปทั้งแบบ Single screw Extruder และ Twin screw Extruder

5.2.5 จากการขึ้นรูปเส้นใยที่มีอัตราส่วนผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดร้อยละ 2, 2.5, และ 3 ที่ไม่สามารถขึ้นรูปและเก็บพันเข้าหลอดได้ ควรจะนำไปขึ้นรูปในแบบอื่นๆเช่น ทำเป็นแผ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายการอ้างอิง

[1] วินัย ศรวัต, "กรมวิชาการการเกษตร," (On Line), 2008. Available: http://www.doa.go.th/pl_data/BA_CORN/1STA/st01.html.สืบค้นวันที่25-8-53

[2] เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 414, **" ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2552,"** กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553. หน้า 11-12.

[3] ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร, **"ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมษายน 2553,"** กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553. หน้า 1.

[4] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, **"สุวรรณ1 ข้าวโพดพันธุ์ดีเด่นของไทย,"** สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาด้านพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.

[5] ชัชวาลย์ ศรีกำพล นิภาพร พันทอง, **"การผลิตกระดาษจากต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพดและซังข้าวโพด,"** 2546.

[6] สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์ , **"สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชนฯ,"** เล่ม 3, กรุงเทพ.

[7] วินัย ปัญญาธัญญะ, **"เทคโนโลยีการผลิตถ่านสำหรับชนบท**," กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้กรมป่าไม้, 2541. หน้า 11-12.

[8] วินัย ปัญญาธัญญะ, จิระพงษ์ คูหากาญจน์ และมยุรี จิตต์แก้ว, **"เทคนิคการเผาถ่านไม้ไผ่**," กรุงเทพ: สำนักงานวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, 2547. หน้า 23-26.

[9] อัจฉรา ไศละตสูต, **"ความรู้เรื่องผ้า,"** กรุงเทพ: บริษัทต้นทรการพิมพ์ จำกัด, 2542, หน้า 182-185.

[10] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, **"วิทยาศาสตร์เส้นใย (Fiber Science),"** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542. หน้า 124-134.

[11] POLYMER RHEOLOGY - VISCOSITY BEHAVIOR AND FLOW TYPES http://www.che.lsu.edu, (ONLINE), 2510, Availiable: http://www.che.lsu.edu/faculty/dooley/rheo1.htm, (1 กันยายน 2553)

[12] จตุพล ทองเหม , เกรียงศักดิ์ ปานกำเนิด และศักดิ์ดา เกริกเทมินทร์, **"ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณที่เหมาะสมของพอลิโพรพิลีนที่ใช้มาทดแทนเพื่อลดปริมาณพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการผลิตเส้นใย,"** 2544.

[13] นที ศรีสวัสดิ์ และคณะ, "ผลิตเส้นใยพอลิเอสเตอร์ผสมถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว," 2551. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[14] Melinda Gaspar , Gergely Kalman and Kati Reczey (2007) Corn fiber as arrow material for hemicellulose and ethanal production Budapest University of Technology and Economics, Department of Applied Biotechnology and Food Science, Szent Gellert ter 4, H-1111 Budapest, Hungary Received 23 November 2006; revised 6 February 2007; http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/s1359511307001109 สืบค้นวันที่ 5-6-54

ภาคผนวก

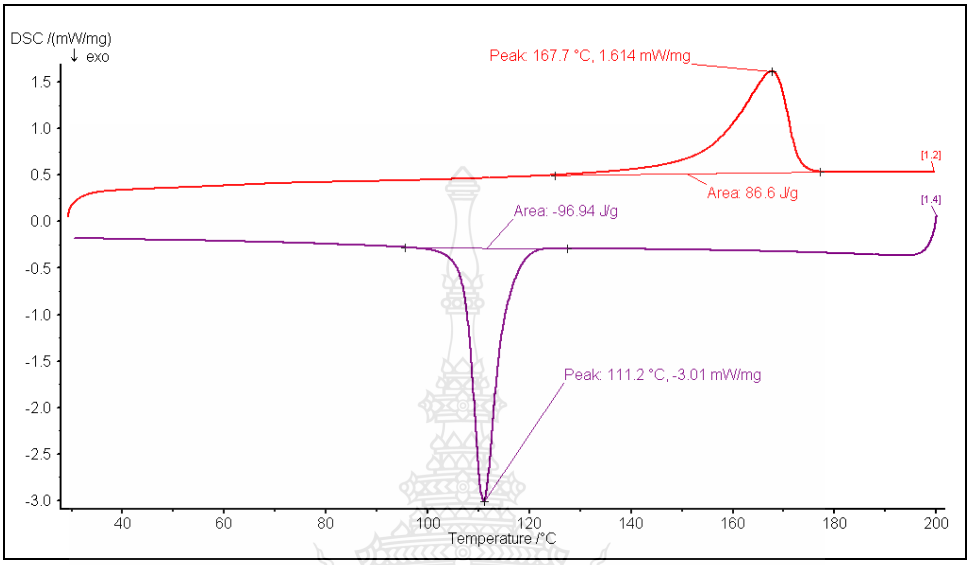
ภาคผนวก ก

กราฟแสดงผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลลอรีเมทรี

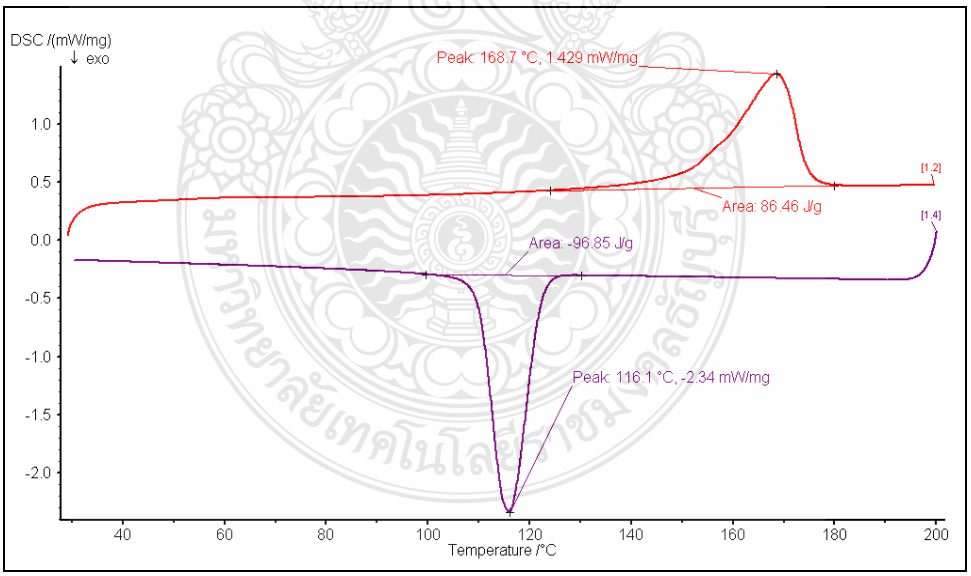
(Differential Scanning Calorimetry ; DSC)

ผลการทดสอบทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลลอรีเมทรี

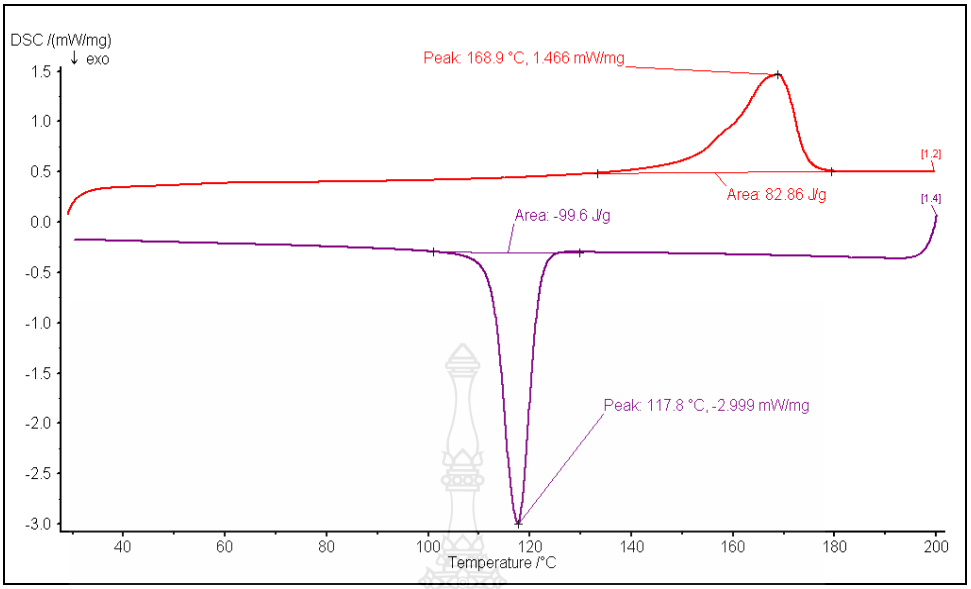
(Differential Scanning Calorimetry ; DSC)



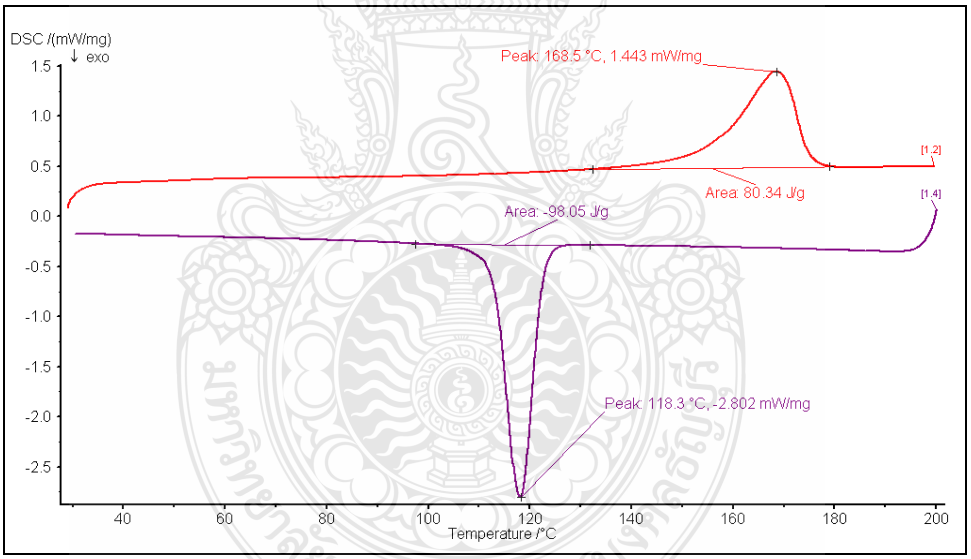
ภาพที่ ก.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของผงพอลิโพรพิลีน 100%



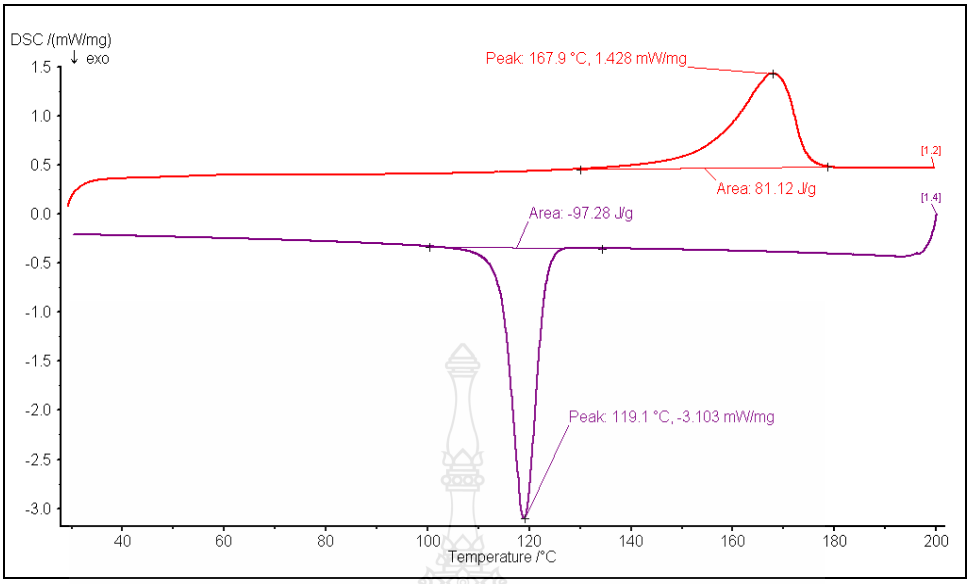
ภาพที่ ก.2 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเส้นใยพอลิโพรพิลีน 100%



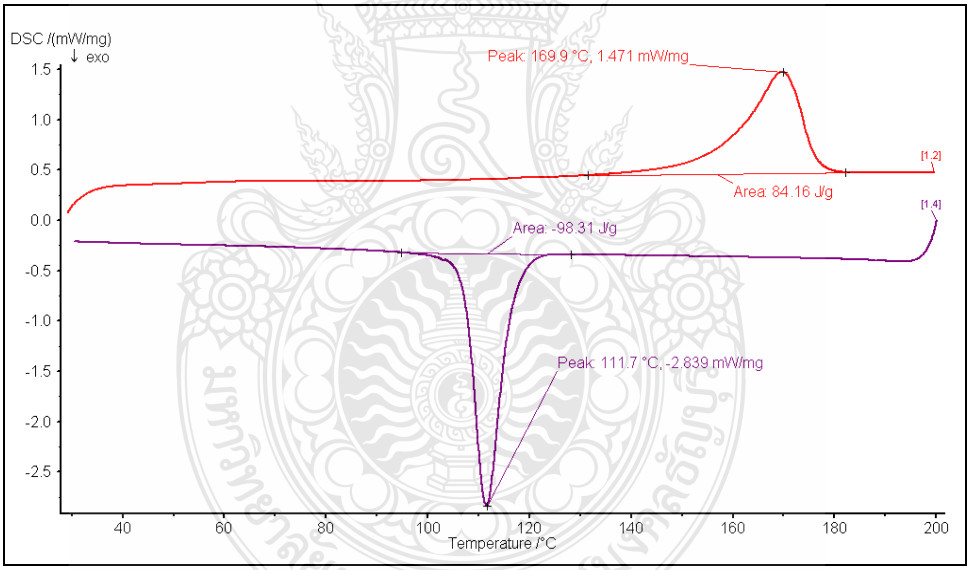
ภาพที่ ก.3 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมถ่านซังข้าวโพด 0.5%



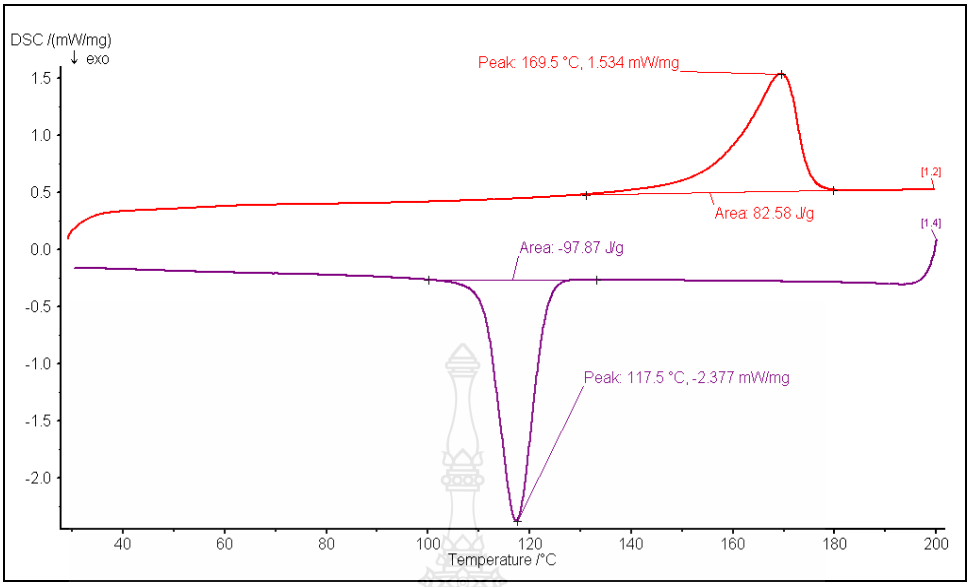
ภาพที่ ก.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมถ่านซังข้าวโพด 1%



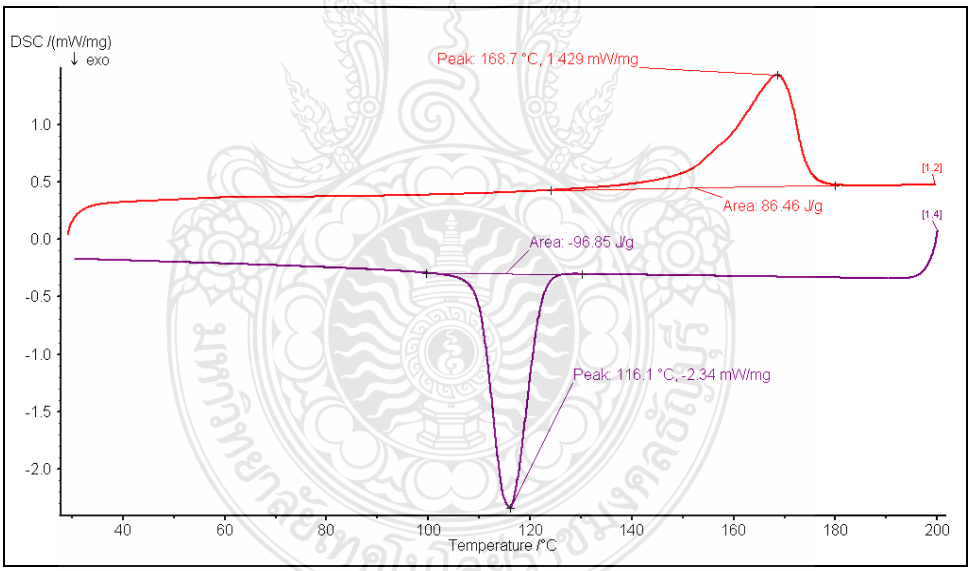
ภาพที่ ก.5 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมถ่านซังข้าวโพด 1.5%



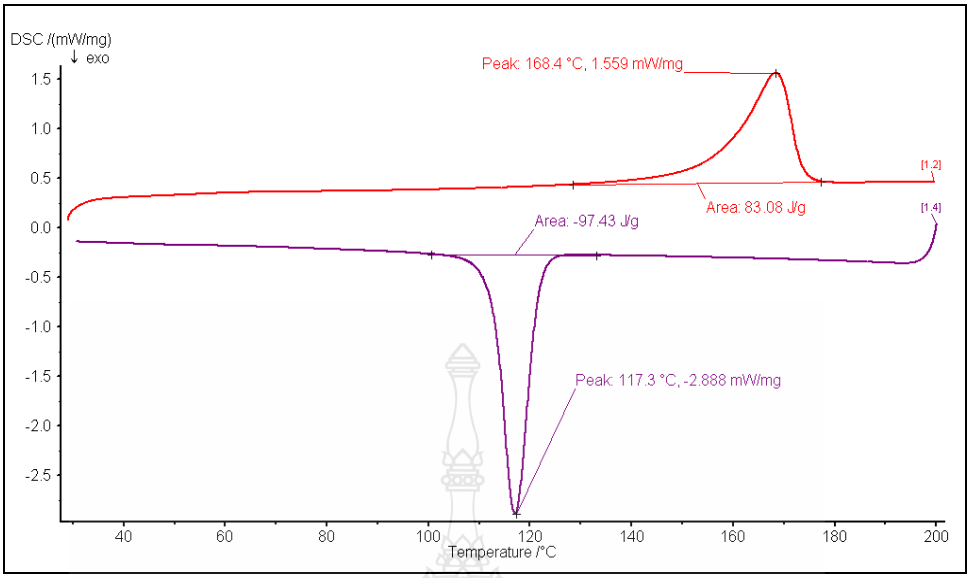
ภาพที่ ก.6 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีน 100%ผ่านการคอมปาวด์



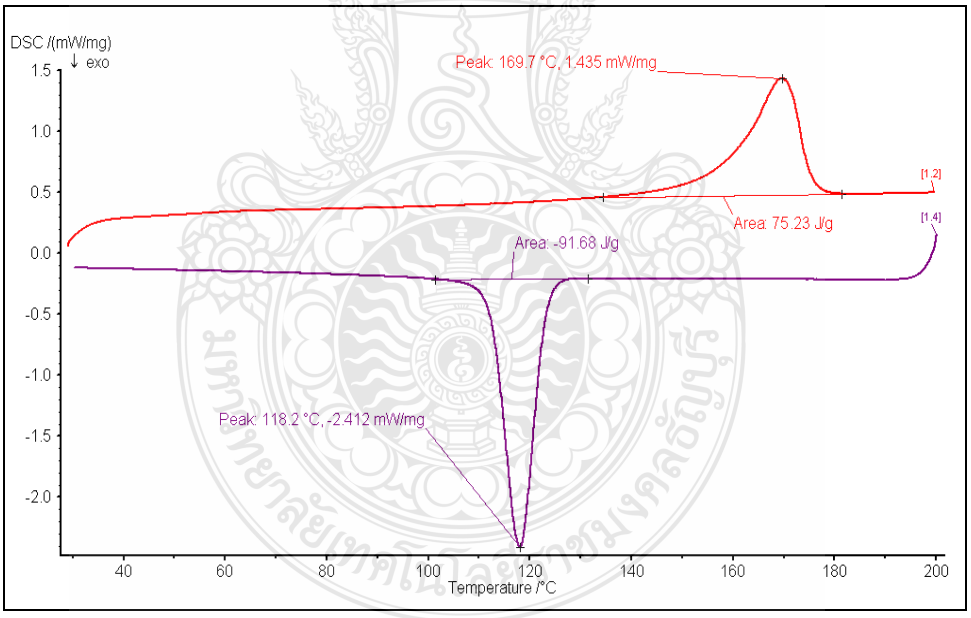
ภาพที่ ก.7 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 0.5% ผ่านการคอมปาวด์



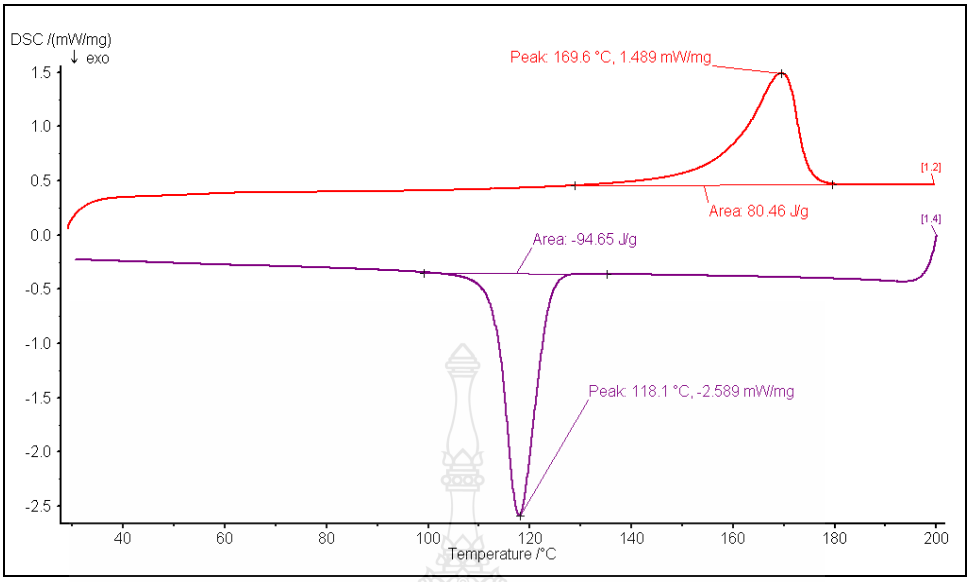
ภาพที่ ก.8 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1% ผ่านการคอมปาวด์



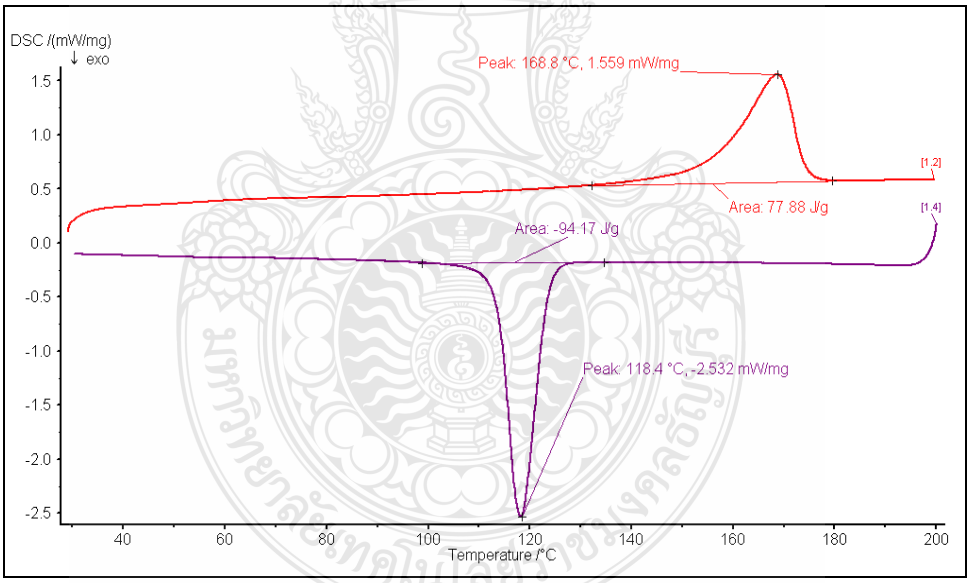
ภาพที่ ก.9 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1.5% ผ่านการคอมปาวด์



ภาพที่ ก.10 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 2% ผ่านการคอมปาวด์



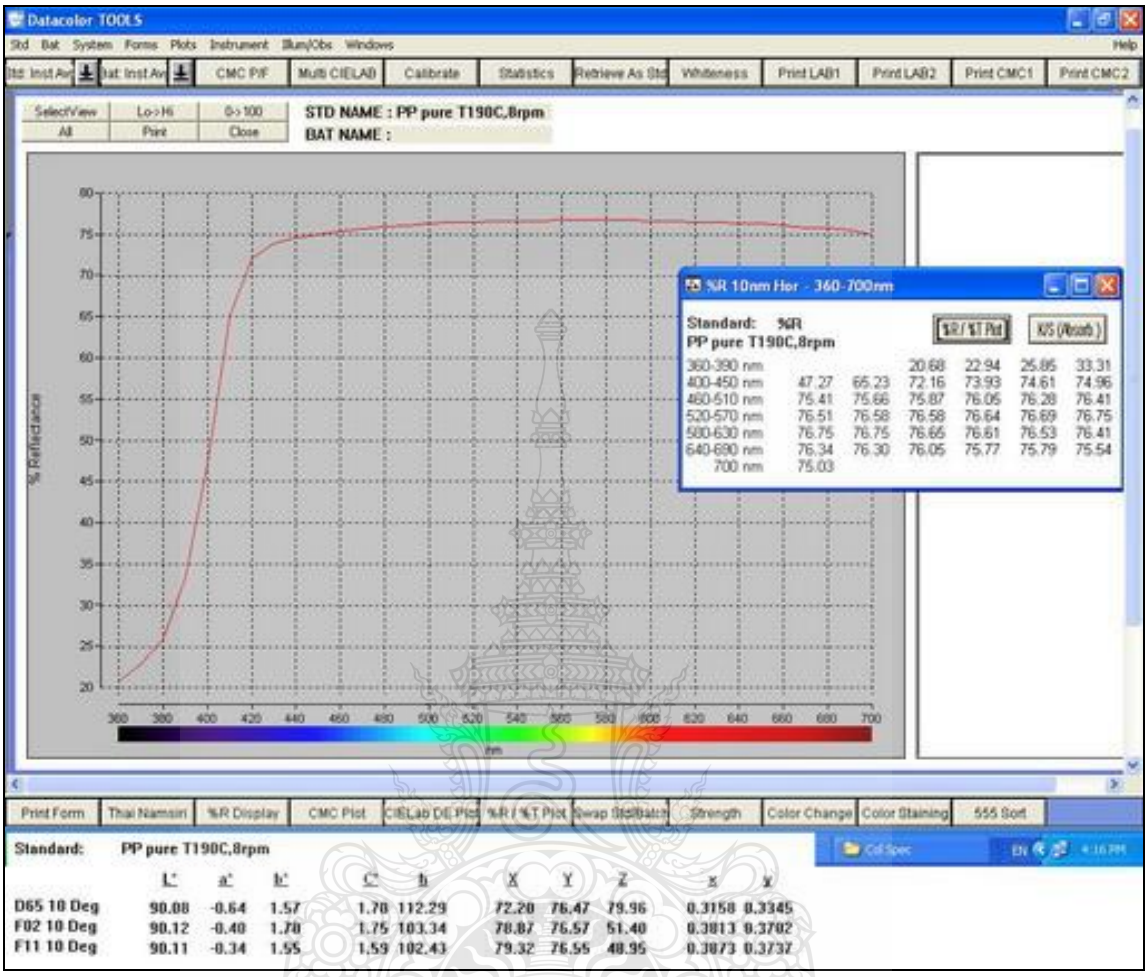
ภาพที่ ก.11 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 2.5% ผ่านการคอมปาวด์



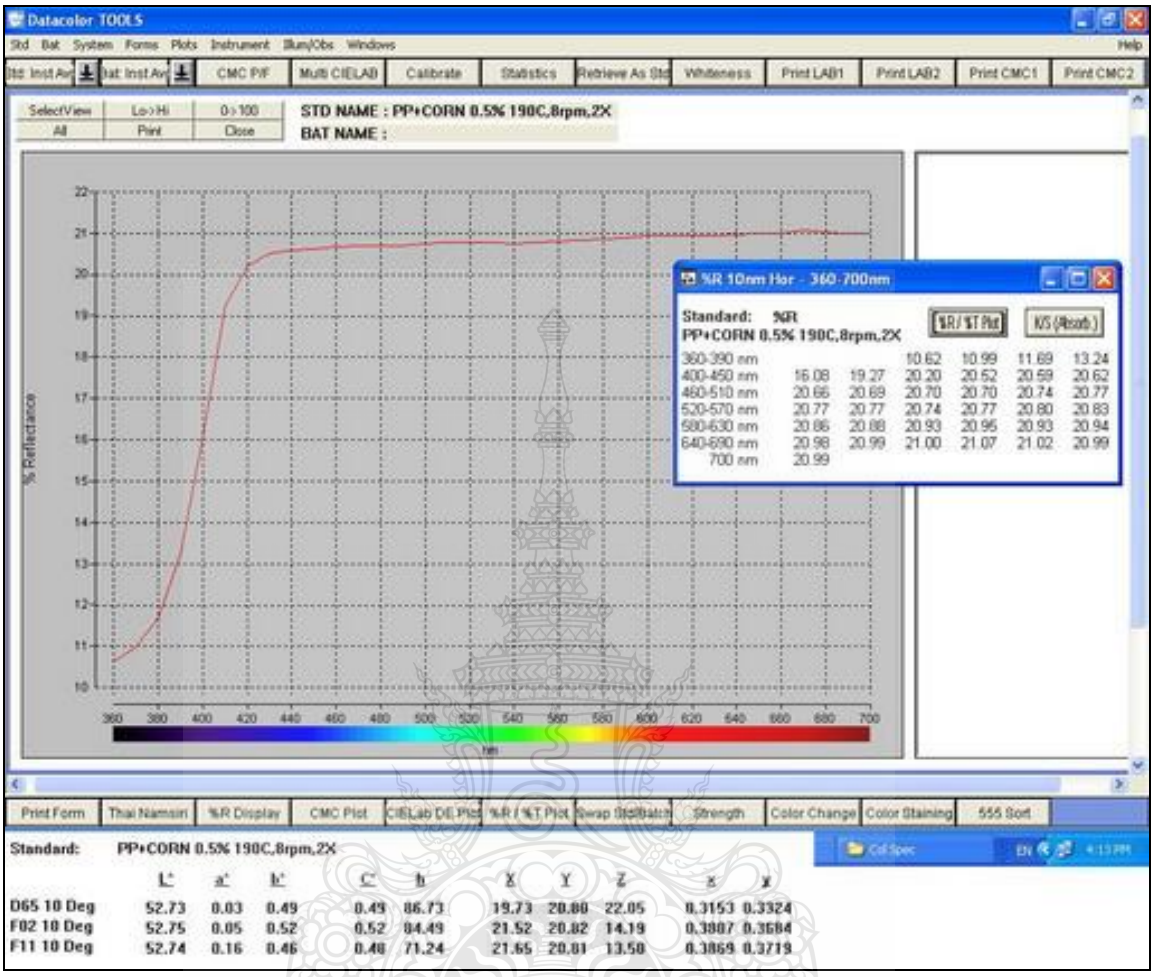
ภาพที่ ก.12 ค่าการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเม็ดพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 3% ผ่านการคอมปาวด์

ภาคผนวก ข

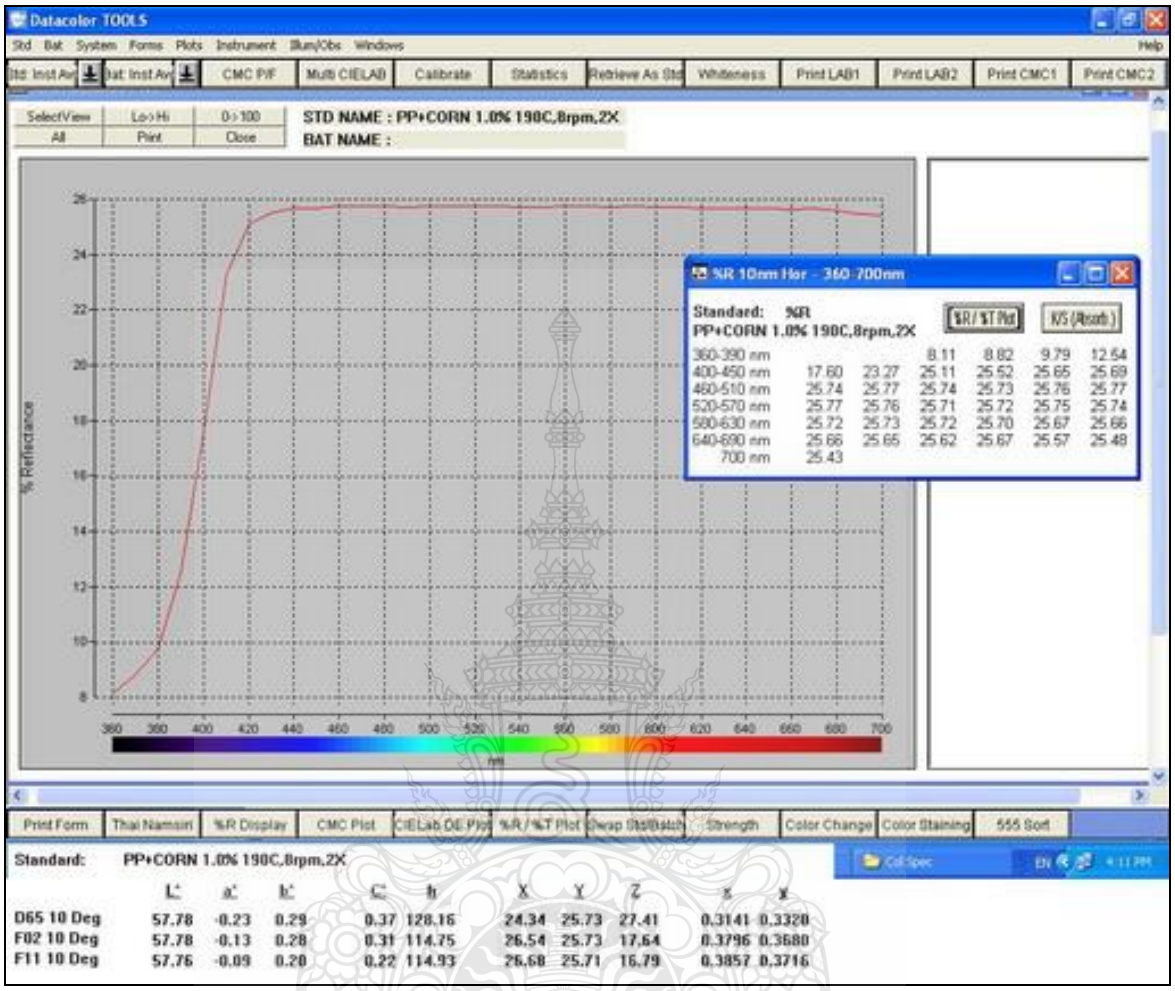
กราฟแสดงผลการทดสอบ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm)ของเส้นใย
ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Datacotor 650



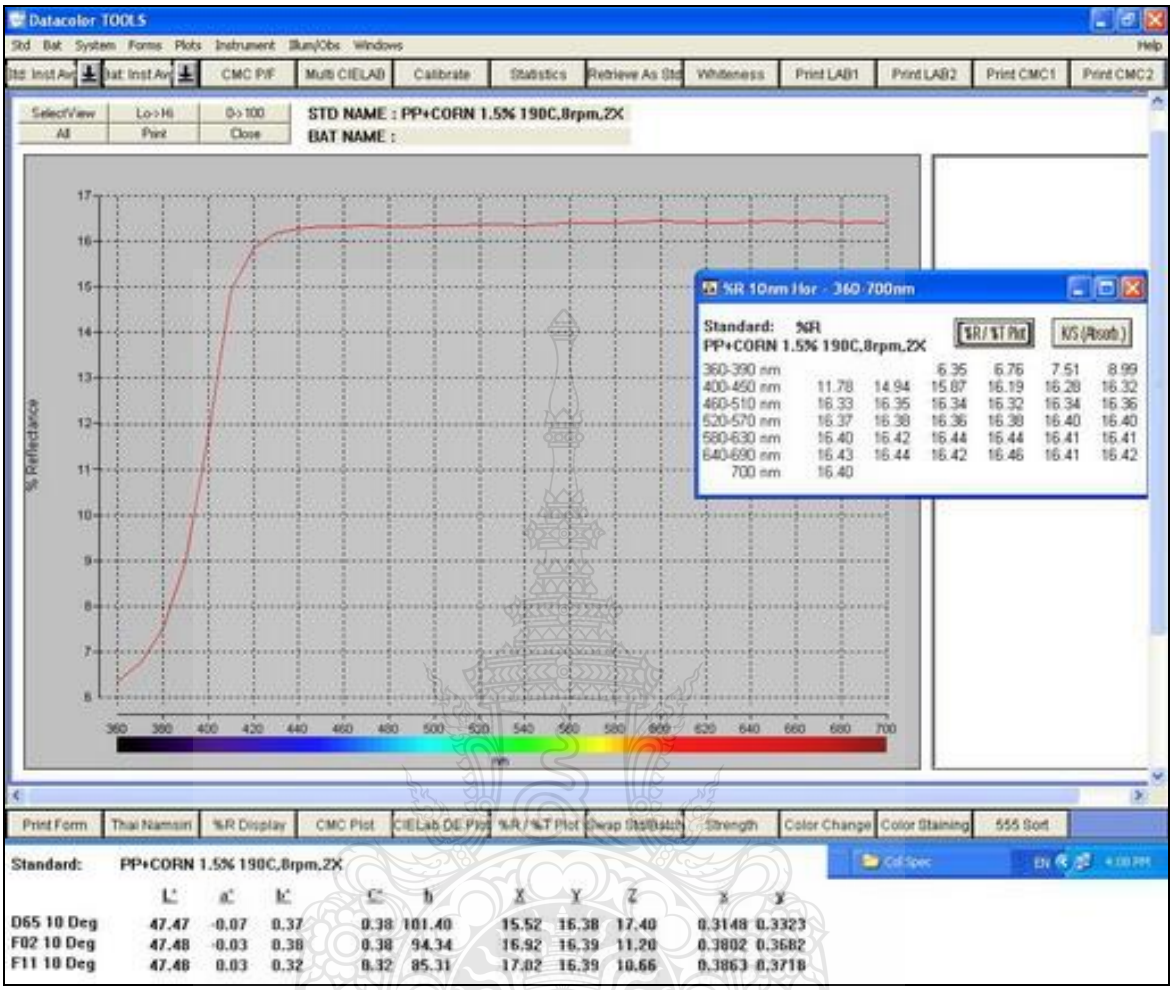
ภาพที่ ข.1 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm)ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน100%



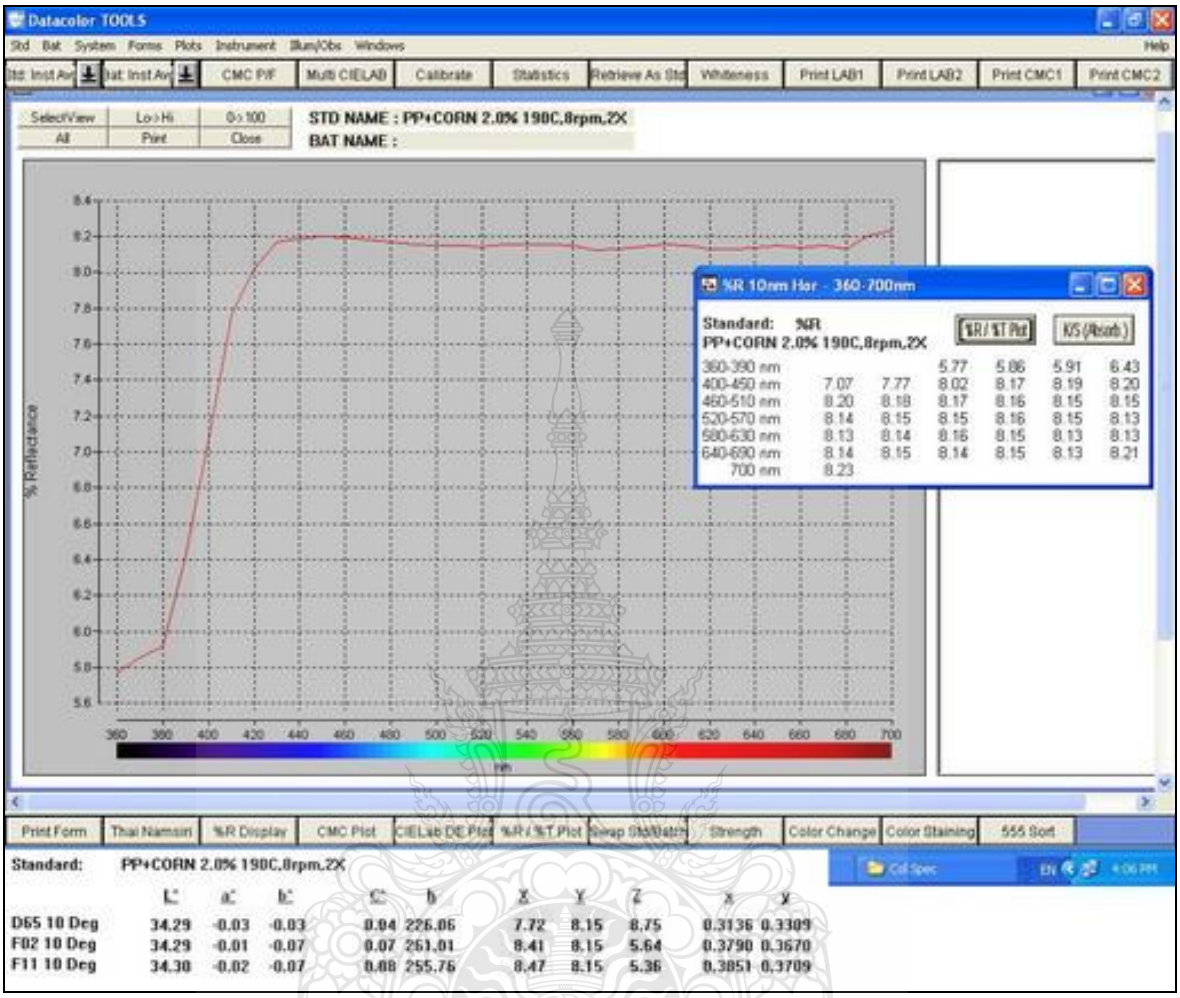
ภาพที่ ข.2 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 0.5%



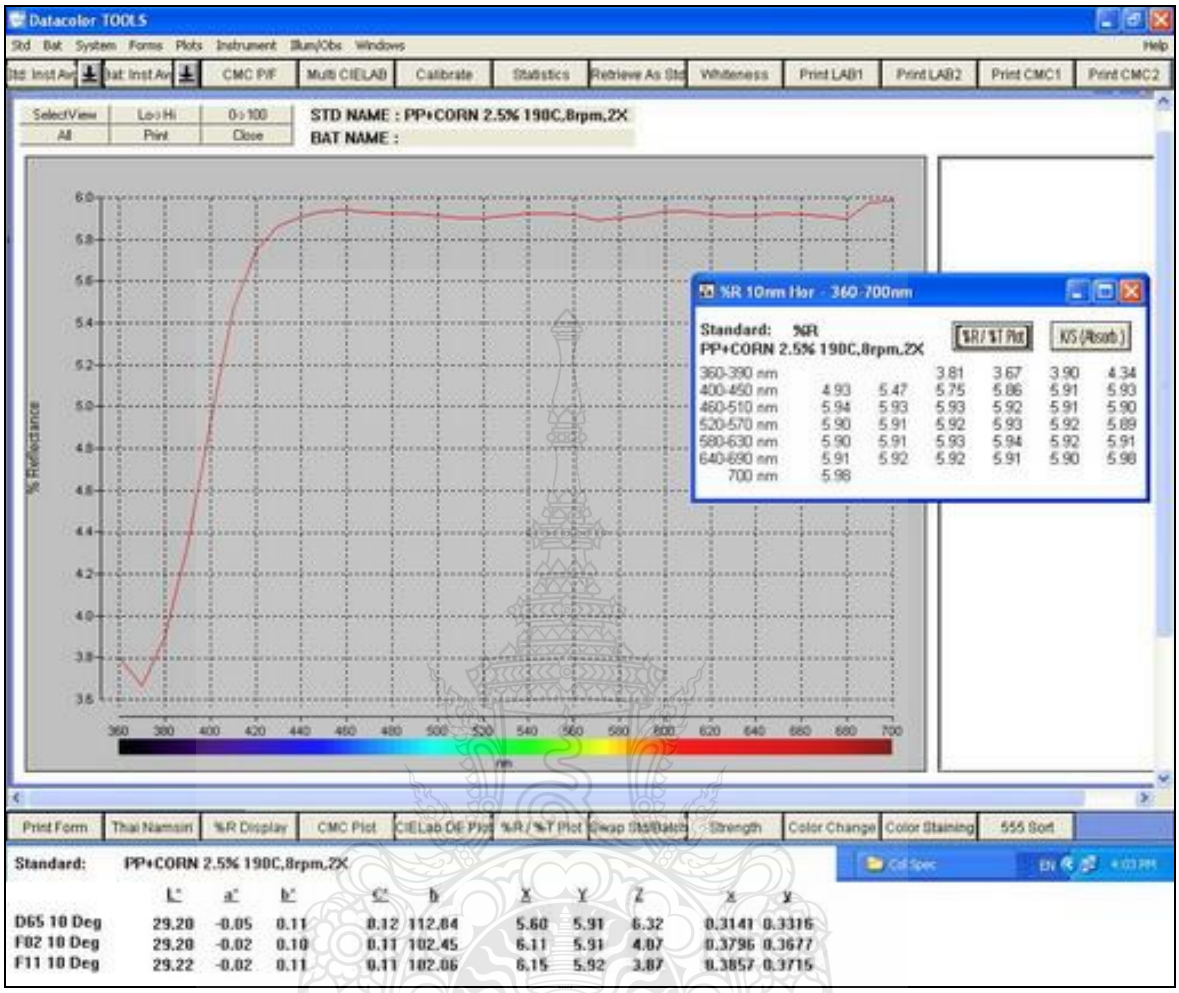
ภาพที่ ข.3 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1%



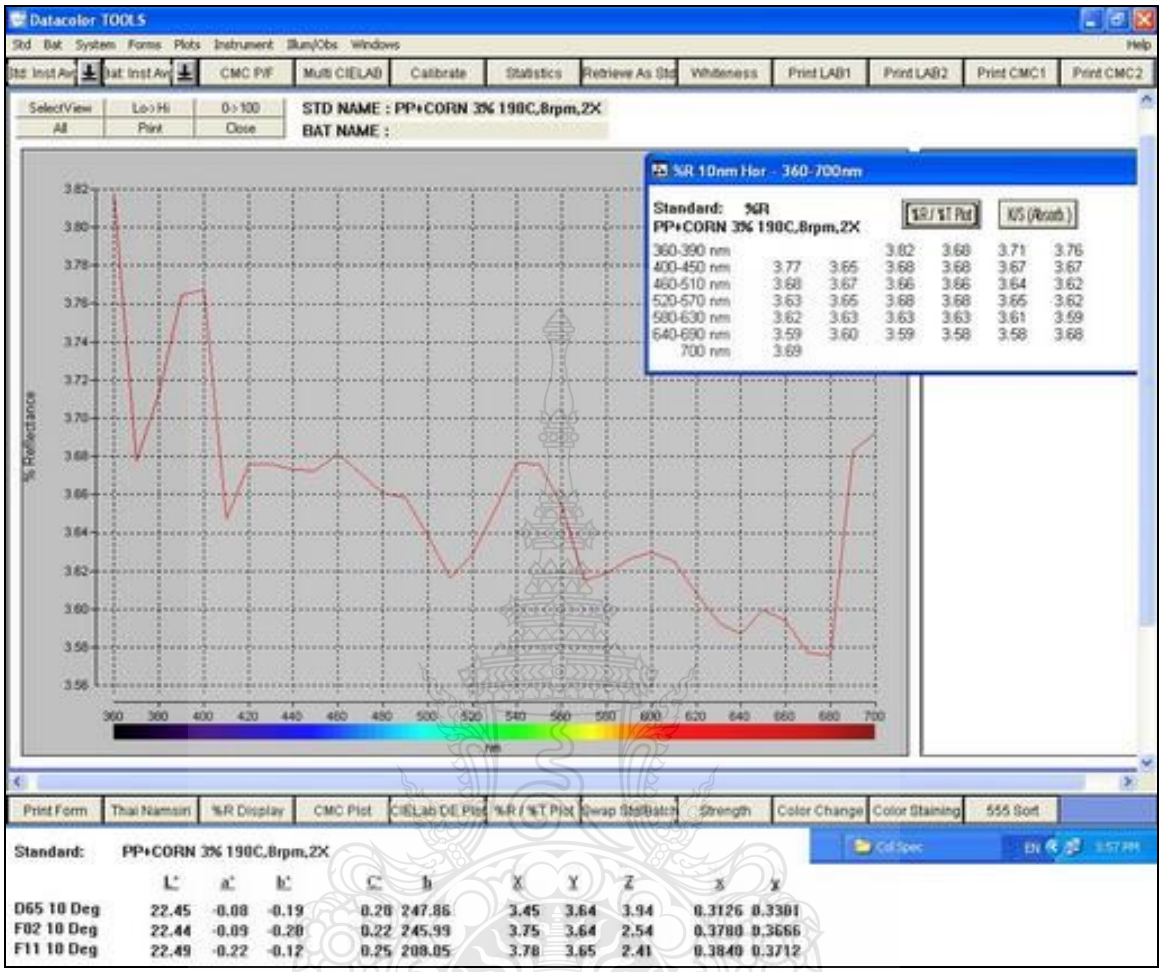
ภาพที่ ข.4 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1.5%



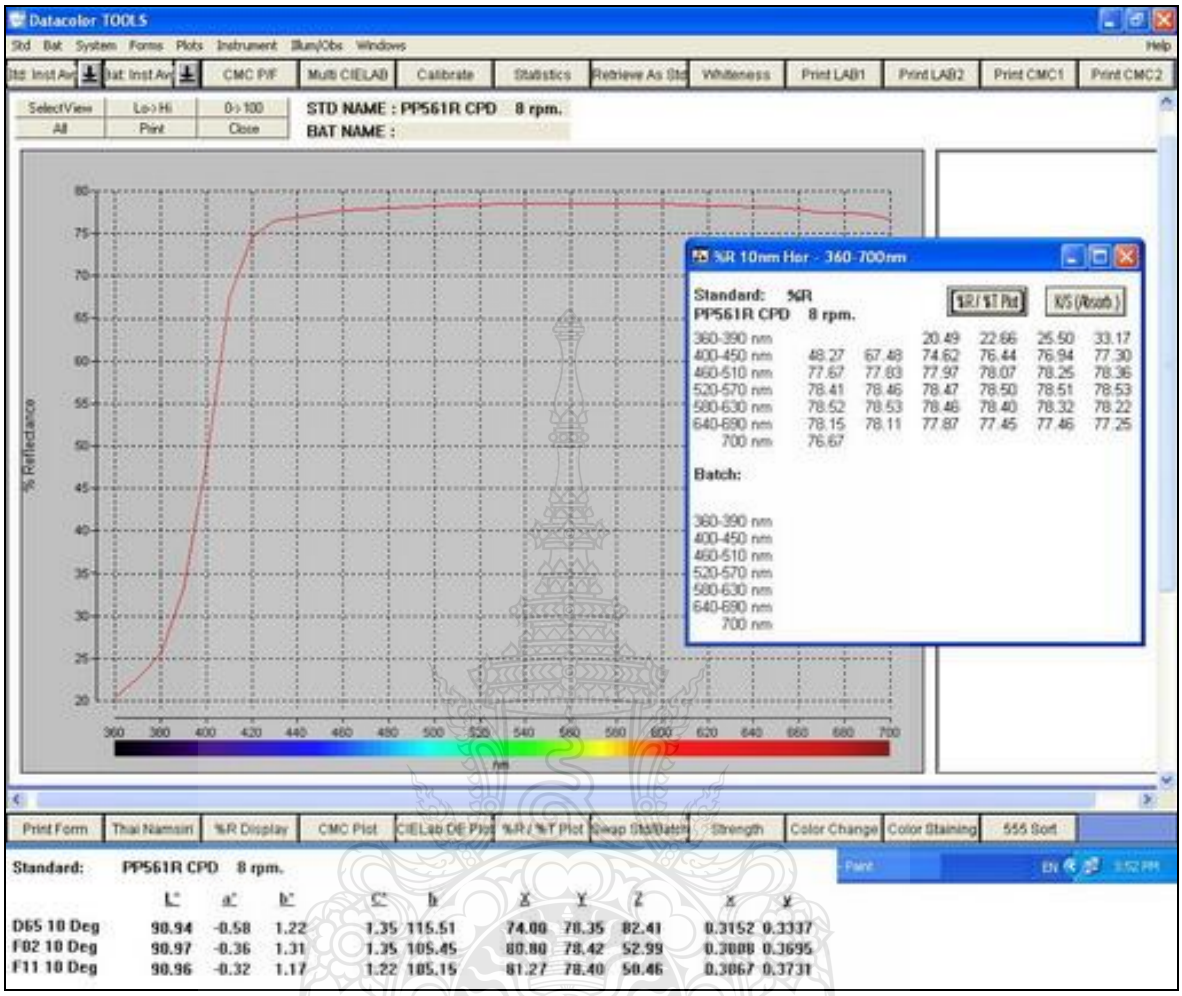
ภาพที่ ข.5 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 2%



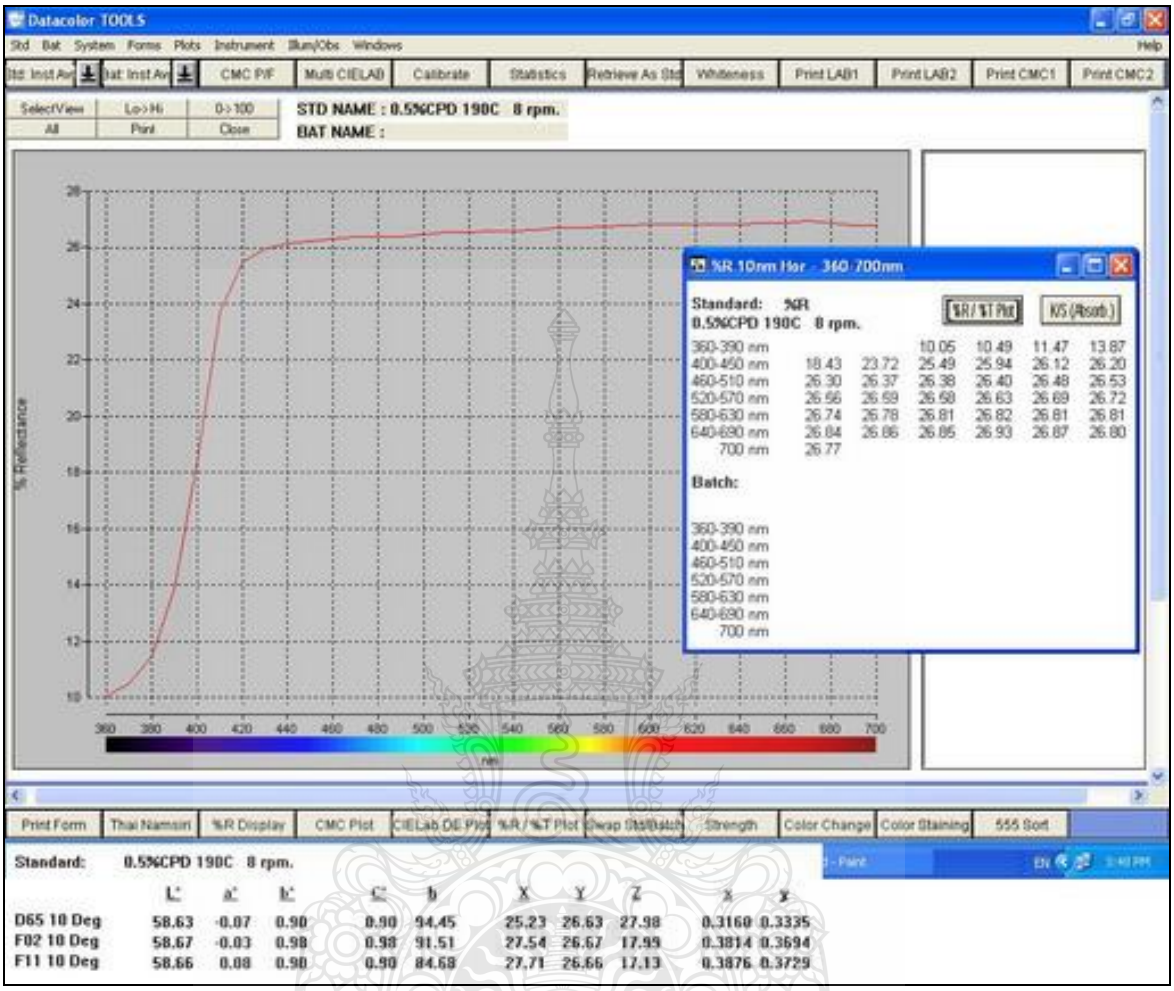
ภาพที่ข. 6 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 2.5%



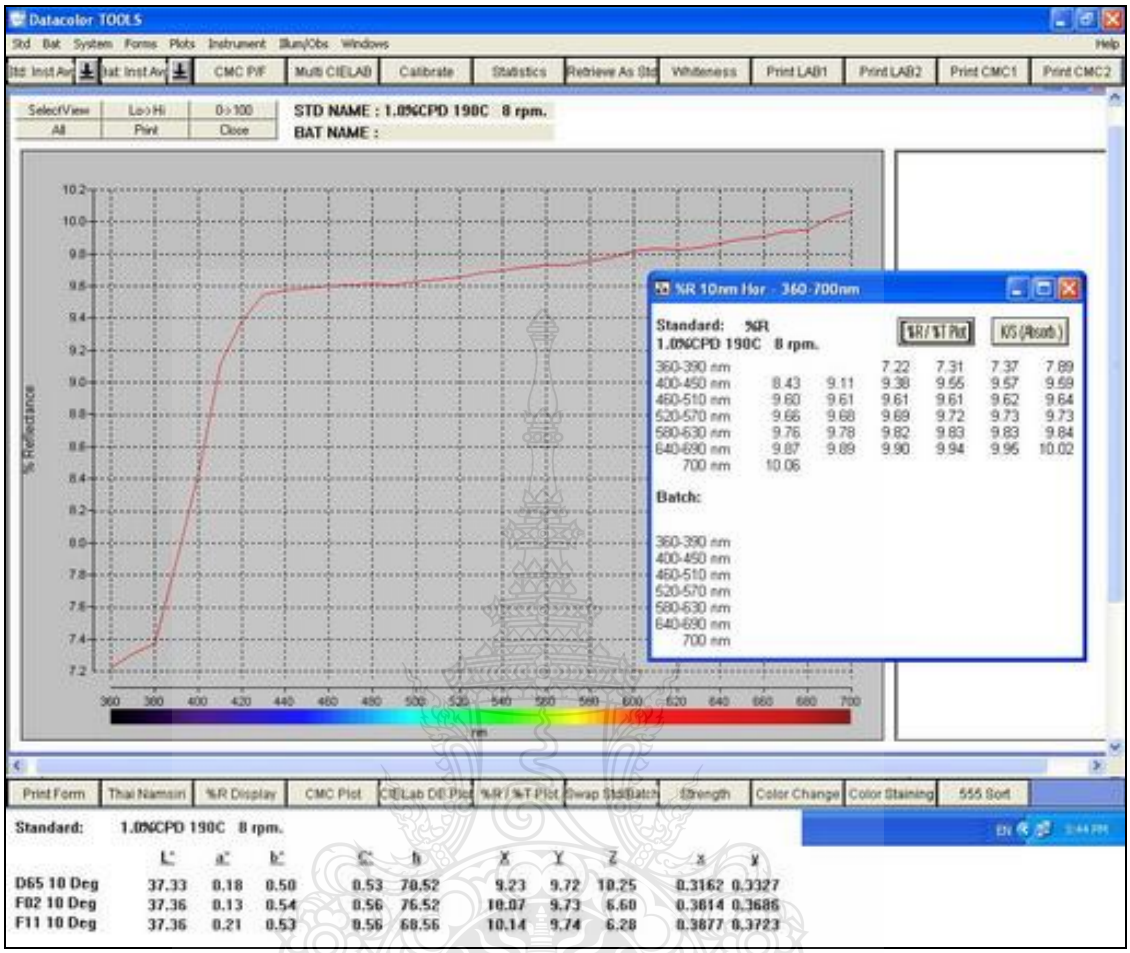
ภาพที่ ข.7 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 3%



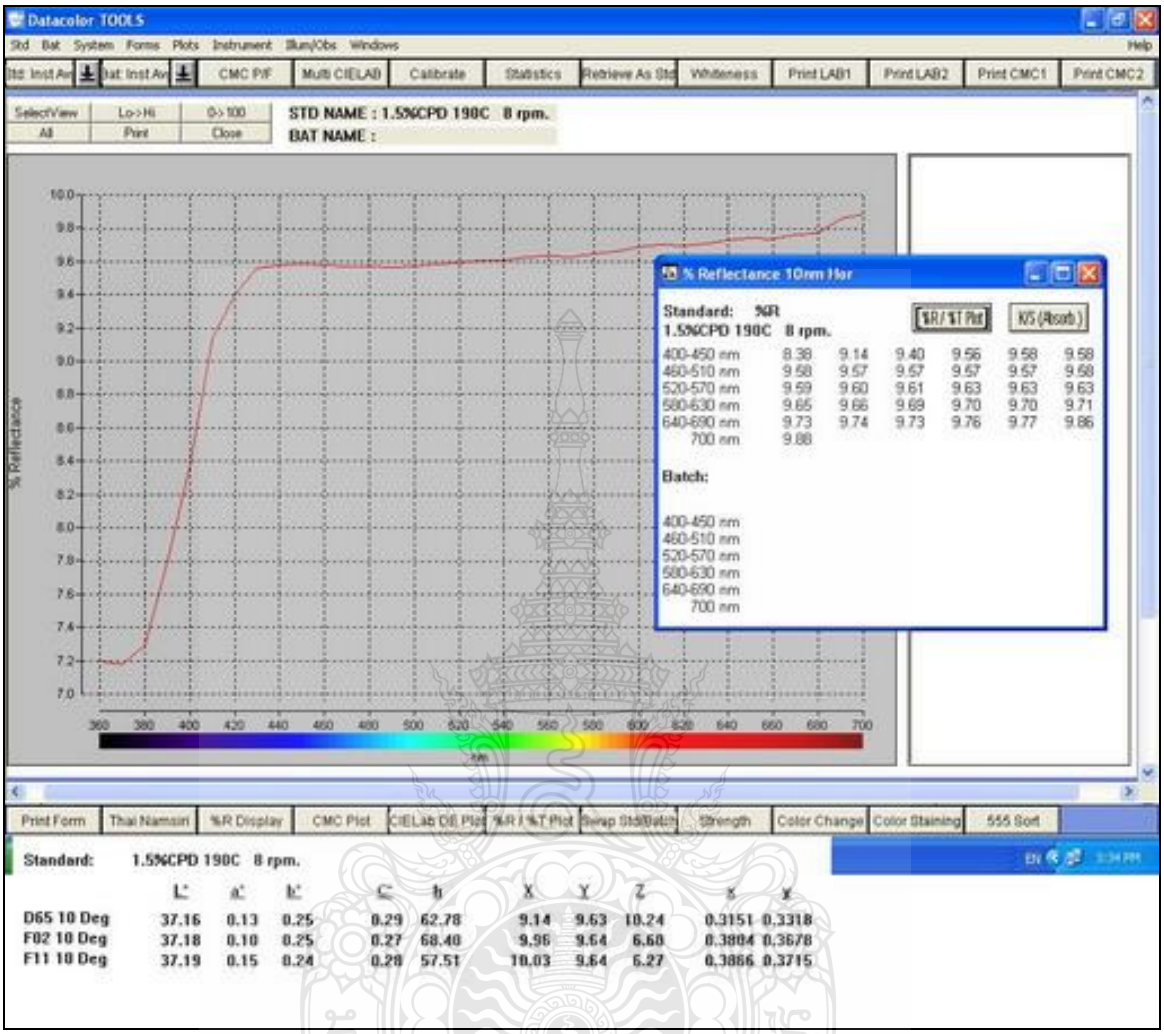
ภาพที่ ข.8 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน100%ที่ทำการคอมปาวด์



ภาพที่ ข.9 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 0.5% ที่ทำการคอมปาวด์



ภาพที่ ข.10 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1% ที่ทำการคอมปาวด์



ภาพที่ ข.11 กราฟ % Reflectance กับความยาวคลื่น(nm) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด 1.5% ที่ทำการคอมปาวด์

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการปฏิบัติงานเพิ่มเติม

1. ขั้นตอนการเตรียมซังข้าวโพด

ภาพที่ ค.1 สถานที่ปลูกข้าวโพด (ไร่สุวรรณ)

ภาพที่ ค.2 การเก็บข้าวโพด

ภาพที่ ค.3 ฝักข้าวโพด

ภาพที่ ค.4 เครื่องสีข้าวโพด

ภาพที่ ค.5 ซังข้าวโพด

2. ขั้นตอนการการเผาถ่าน

ภาพที่ ค. 6 สวนพฤกษศาสตร์ ภาคกลาง (พุแค)

ภาพที่ ค.7 เตาเผาถ่าน

ภาพที่ ค.8 เตาเผาถ่าน

ภาพที่ ค.9 ถ่านซังข้าวโพด

3. ขั้นตอนการบดและกรองขนาด

ภาพที่ ค.10 เครื่องบด

ภาพที่ ค.11 ถ่านยังไม่ผ่านการบด

ภาพที่ ค.12 ถ่านที่ผ่านการบด

ภาพที่ ค.13 ถ่านที่ผ่านการบด

ภาพที่ ค.14 ตะแกรงสแตนเลสขนาด 37 ไมโครเมตร

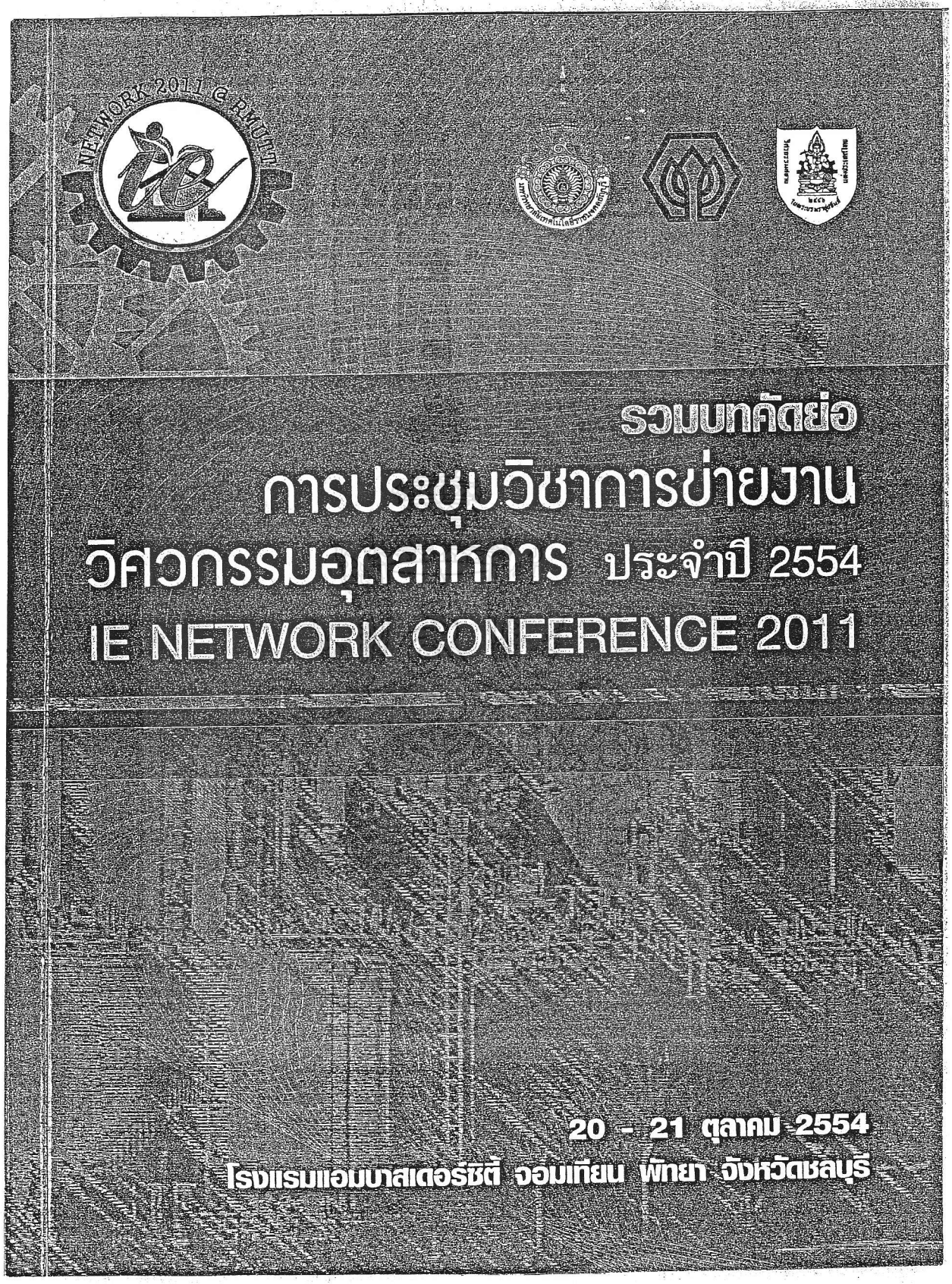
ภาพที่ ค.15 ถ่านที่ยังไม่ได้ผ่านการกรอง

ภาพที่ ค.16 ตะแกรงสแตนเลสขนาด 37 ไมโครเมตร

ภาพที่ ค.17 ผงถ่านที่ผ่านการกรองขนาด

ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่


NETWORK 2011 @ RMUTT
รวมบทคัดย่อ
การประชุมวิชาการข่ายงาน
วิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554
IE NETWORK CONFERENCE 2011
20 - 21 ตุลาคม 2554
โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
การประชุมข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2554

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ.ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช
ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย
ผศ.ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน
รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา
ผศ.ดร.ดาริชา สุธีวงศ์
ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปฏิภาณ จุ้ยเจิม
ดร.สุดารัตน์ วงศ์กีรเกียรติ
ดร.ปุณณมี สัจจกมล
ดร.สุวิชภรณ์ วิชกูล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
ดร.ศิริรัตน์ หมื่นวณิชกูล
อ.จันจิรา คงชื่นใจ
ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ
ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

ผศ.ชานนท์ มูลวรรณ
อ.ประภาพรรณ เกษราพงศ์
ดร.ศักดิ์ชาย รักการ
อ.จักรินทร์ กลั่นเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รศ.ดร.พรเทพ ขอขจายเกียรติ
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว
ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์
ดร.ปาพจน์ เจริญอภิปาล
รศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล
ผศ.ดร.ดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์
ดร.ธนา ราษฎร์ภักดี

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.วิชัย ฉัตรทินวัฒน์
ผศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
ผศ.ดร.สรรฐติชัย ชีวสุทธิศิลป์
ผศ.ดร.อรรถพล สมุทคุปต์
ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
ดร.อนิรุท ไชยจารุวณิช
รศ.ดร.วิมลิน เหล่าศิริถาวร
ผศ.ดร.วัสสนัย วรรธนัจฉริยา
ผศ.ดร.อภิชาต โสภาแดง
ดร.กรกฎ ใยบัวเทศ ทิพยาวงศ์
ดร.วสวัชร นาคเขียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป
รศ.ดร.บวรโชค ผู้พัฒน์
รศ.ดร.สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล
รศ.สันติรัฐ นันสะอาง
ผศ.ดร. เจริญชัย โชมพัตราภรณ์
ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์
ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์
ดร.วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์
ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น
อ.ปรัชาญา เพียสุระ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.วันชัย แหลมหลักสกุล
ดร.กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ
รศ.ดร. ฤดี มาสุจันท์
ผศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต
ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข
ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม
ดร.ชุมพล ยวงใย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผศ.พิชัย จันทร์มณี
ผศ.วิชาญ ช่วยพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล

ผศ.ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.นเรศ อินต๊ะวงค์
ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ
ผศ.มนวิภา อาวิพันธุ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ
ผศ.เดช เหมือนขาว
ผศ.สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผศ.ดร.พรศิริ จงกล
ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย
ดร.ปภากร สุนานนท์
ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์
อ.นรา สมัตถภาพงศ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์
ผศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
ผศ.ดร.สวัสดิ์ ภาระราช
รศ.ดร.จิรศิริรพงศ์ เจริญภัณฑารักษ์
ผศ.ดร.วรารัตน์ กังสัมฤทธิ์
ผศ.ดร.เสมอจิตร หอมรสสุคนธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
ดร.ภาณุ บูรณจารุกร
อ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
ผศ.ศิษฎา สิมารักษ์
ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล
อ.ธณิกานต์ ธงชัย

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ดร. ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป
ผศ.ดร.บพิธ บุปผโชติ
ดร.นิดา ชัยมูล
ผศ.ดร.สุดสาคร อินธิเดช
ดร.อรอุมา ลาสุนนท์

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์
ดร.จิรพรรณ เลี่ยงโรคาพาธ
ผศ.ดร.วเรศรา วีระวัฒน์
ผศ.ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยรังสิต

ผศ.ดร.ธนวรรณ อัศวไพบูลย์
ผศ.สินี สุขกรมใส
อ.ศิลปชัย วัฒนเสย
อ.พรรคพงษ์ แก่นณรงค์
ผศ.ดร.เพียงจันทร์ จริงจิตร
ดร.พิษณุ มนัสปิติ
อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า
อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ผศ.ดร. กฤษดา พิศัลยบุตร
อ.นุกูล อุบลบาน
ดร.เลิศเลขา ธนะชัยขันธ์
อ.นันทวรรณ อ่ำเอียม

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รศ.ธนรัตน์ แต้วัฒนา
ผศ.ดร.นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์
ดร.สิริเดช ชาตินิยม
ผศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผศ.พัฒนพงศ์ อริยสิทธิ์
อ.จักร์พันธ์ กัณหา
อ.ธนิน ศรีวะรมย์
อ.วรพจน์ พันธ์คง
ดร.ธริณี มณีศรี
อ.ชวลิต มณีศรี
อ.พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์
อ.สุพัฒตรา เกษราพงศ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
ผศ.ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ
ผศ.สุขุม โฆษิตชัยมงคล
ดร.กัญจนา ทองสนิท
ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม
ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์
ผศ.วันชัย ลีลากวีวงศ์
ผศ.สุวัฒน์ เณรโต
ดร.ณัฐพล ศิริสว่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.นิกร ศิริวงศ์ไพศาล
รศ.สมชาย ชูโฉม
ผศ.ดร.เจษฎา วรรณสินธุ์
ผศ.ดร.นภิสพร มีมงคล
ผศ.ดร.รัญชนา สินธวาลัย
ผศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์
ผศ.เจริญ เจตวิจิตร
ผศ.ยอดดวง พันธ์นรา
รศ.วนิดา รัตนมณี
ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา
ผศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล
ผศ.ดร.ประภาส เมืองจันทร์บุรี
ผศ.ดร.สุภาพรรณ ไชยประพัทธ์
ผศ.ดร.องุ่น สังขพงศ์
ผศ.พิเชฐ ตระการชัยศิริ
ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
อ.จิตลดา ชิ้มเจริญ
อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฎ์
อ.อรอุมา กอสนาน
อ.นิศากร สมสุข
อ.อัญชลี สุพิทักษ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม
ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี
ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์
ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง
ผศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์
ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล
ดร.สัณณ์ โอฬาพิริยะกุล

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ดร.กรกฎ เหมสถาปัตย์
ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผศ.ชัยพฤกษ์ อาภาเวท
อ.เจษฎา วงศ์อ่อน
ผศ.ประยูร สุรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผศ.ดร.ณฐา คุปตัษเฐียร
ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง
ผศ.ดร.สมหมาย ผิวสอาด
ดร.กุลชาติ จุลเพ็ญ
ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ
ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์
ผศ.สุรัตน์ ตรัยวนพงศ์
รศ.มานพ ตันตระบัณฑิตย์
ผศ.ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์
ผศ.ดร.วารุณี อริยวิริยะนันท์
ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล
ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์
ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง
ดร.ระพี กาญจนะ
ดร.สุมนมาลย์ เนียมหลาง

สารบัญ (ต่อ)

MPM57 อิทธิพลของอัตราป้อนที่มีผลกับรอยแตกร้าวในการเชื่อมอลูมิเนียมกับอลูมิน่าด้วยวิธีการเชื่อมแบบเสียดทาน 187
ธรรมะสุข มิ่งเมือง สุขอังคณา ลี

MPM58 การปั่นเส้นด้ายจากขนสุนัข 188
กฤษณ์ พุ่มเฟือง ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์

MPM59 การศึกษาอิทธิพลของรัศมีลูกกลิ้งหัวกดที่มีผลต่อการขึ้นรูปถ้วยอลูมิเนียมโดยกระบวนการหมุนรีดขึ้นรูป 189
ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ เฉลิมพล คล้ายนิล กุลชาติ จุลเพ็ญ

MPM60 การประยุกต์ใช้แหวนจิกเพื่อเพิ่มคุณภาพชิ้นงานในงานแม่พิมพ์ตัด 190
ณัฐศักดิ์ พรพุฒิศิริ คมกริช ละวรรณวงษ์ ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง

MPM61 ผลกระทบของสภาวะการเย็นตัวต่อโครงสร้างจุลภาค โครงสร้างผลึกและชั้นสารประกอบเชิงโลหะระหว่างโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.7Cu และ Sn-0.3Ag-0.7Cu กับโลหะพื้นทองแดง 191
นิวัฒน์ มูเก็ม

MPM62 การศึกษาปัจจัยการเชื่อมที่มีอิทธิพลต่อรูปร่างของรอยเชื่อมที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สคลุม สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม JFE429 192
ธีรวุฒิ เขื่อนแก้ว กรรณชัย กัลยาศิริ

MPM65 การศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล 193
เจษฎา มังกะโรทัย ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์

MPM66 อิทธิพลของอุณหภูมิหล่อและความเร็วรอบในการเหวี่ยงที่มีผลต่อความสามารถในการไหลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะสังกะสีผสมในกระบวนการหล่อแบบหมุนเหวี่ยง 194
อภิรัฐ โกสิตานนท์ สิริพร โรจนนันต์ สุรศิษฐ์ โรจนนันต์
สมพงษ์ ศรีมโนเสาวภาคย์

การศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล

The study effect of carbon from corncob in polypropylene fibers on mechanical properties

เจษฎา มังกะโรทัย*[1] ธีรพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์*[2]
*[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
E-mail: jessada@ptw-valveclub.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นศึกษาผลกระทบของการเติมถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล โดยการนำซังข้าวโพดที่เป็นของเหลือใช้จากไร่สุวรรณ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา มาผลิตเป็นเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมกับผงถ่านจากซังข้าวโพด โดยวิธีการนำซังข้าวโพดมาทำการเผาที่เตาเผาถ่านแบบเตาอิฐ เพื่อให้ได้ออกมาเป็นถ่านซังข้าวโพด แล้วนำถ่านซังข้าวโพดที่ได้มาทำการบดให้ละเอียด เพื่อให้อนุภาคของถ่านมีขนาดเล็กลง และมีขนาดเท่ากับความละเอียด 400 MESH หลังจากนั้น นำผงถ่านข้าวโพดที่ได้ไปผสมกับกับผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) แล้วอัดรีดผ่านเครื่องฉีดเส้นใยแบบปั่นหลอม (Melt spinning) เพื่อให้ได้เป็นเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมถ่านซังข้าวโพด แล้วนำไปทดสอบหาสมบัติทางเชิงกล ผลการศึกษาที่ได้พบว่าเส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดมีสมบัติสามารถนำไปผลิตเป็นเส้นใยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้

คำหลัก พอลิโพรพิลีน, ซังข้าวโพด, คอมปาวด์, เอ็กซ์ทรูด

1. บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้รายได้ส่วนใหญ่ของประเทศมาจากภาคเกษตรกรรม ข้าวโพดที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะส่งไปจำหน่าย ยังต่างประเทศทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละประมาณ 6,000 ล้านบาท ส่วนที่เหลือจะนำไปเลี้ยงสัตว์และเก็บไว้ปลูกต่อไป โดยในบางประเทศประชาชนนิยมรับประทานข้าวโพดเป็นอาหารหลักคล้ายๆ กับคนไทยรับประทานข้าว นอกจากนั้นส่วนต่างๆของข้าวโพดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้อีกมาก จึงนับว่าข้าวโพดเป็นพืชที่มีความสำคัญของโลกชนิดหนึ่งรองจากข้าวเจ้า และข้าวสาลี

ข้าวโพดจึงนับเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรไทยนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย โดยข้าวโพดที่ปลูกกันมากในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ข้าวโพดฝักสดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ [1]

ข้าวโพดฝักสดได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเทียน ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดคั่ว โดยข้าวโพด ฝักสดส่วนใหญ่จะนำมาใช้รับประทานและประกอบอาหาร ในประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกข้าวโพดหวานทั่วประเทศในปี 2549 ประมาณ 500,000 - 600,000 ไร่ และมีแนวโน้มจะมีการขยายพื้นที่ในการปลูกเพิ่มเป็น 800,000 ไร่ ในปี 2550 [2]

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี 2551 (4,249,354 ตัน) ,ปี2552 (4,430,393ตัน) [3] เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยการนำเอาฝักข้าวโพดไปสีด้วยใช้เครื่องสีข้าวโพด เพื่อทำการคัดแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากซังข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการสีแยกเมล็ดแล้วจะถูกนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ ส่วนซังข้าวโพด ก็จะนำไปทิ้งหรือไม่ก็จะทำการเผาทิ้งทำให้เกิดควันเศษฝุ่นละอองและก๊าซพิษส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน จากการศึกษาพบว่าสมบัติของถ่านซังข้าวโพดมีสมบัติในการดูดซับสูง เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมากและขนาดของรูพรุนมีลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิต และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน จากประเด็นปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะทำการค้นคว้าและนำซังข้าวโพดที่เป็นของเหลือใช้ในทางการเกษตรและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาทำการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาต่อยอดด้วยการผลิตเส้นใยจากผงถ่านซังข้าวโพดผสมกับพอลิโพรพิลีน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

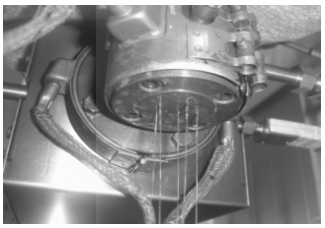
การดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน100%

การผลิตเส้นใยพอลิโพรพิลีน(PP)100% ศึกษาข้อมูลและทำการผลิตเส้นใยที่สาขาวิศวกรรมเส้นใยสังเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยการนำผง PP 100% มาผ่านเครื่องอัดรีดแบบปั่นหลอม ที่อุณหภูมิ 190 °C แล้วฉีดผ่านหัว Spinerahe ขนาด 0.5 มิลลิเมตร ให้ได้เป็นเส้นใยทำการลดขนาด 2 เท่า โดยเส้นใยจะถูกดึงผ่านชุด Roller ที่

ความเร็วต่างกันหลังจากนั้นเส้นใยที่ได้จะถูกดึงผ่านชุด winder พันเก็บเข้าหลอด

รูปที่ 1 เครื่อง single screw extruder



รูปที่ 2 เส้นใยที่ถูกฉีดผ่านหัว spinnerate

3.2 ขั้นตอนการเตรียมซังข้าวโพด

ทำการจัดหาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452 ที่ได้จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ) อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาโดยการเก็บฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่แห้งแล้วและมีอายุได้ 120 วัน มาทำการสีเพื่อคัดแยกเมล็ดข้าวโพดออกจากซัง

รูปที่ 3 ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ (ไร่สุวรรณ)

รูปที่ 4 เครื่องสีข้าวโพด

รูปที่ 5 ซังข้าวโพด

จากการศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล จะพบได้ว่าผลการเตรียมซังข้าวโพดที่น้ำหนักข้าวโพด 100 กิโลกรัม จะได้เมล็ดข้าวโพด 82% เป็นซังข้าวโพด 18%

3.3 การเผาถ่าน

การเผาถ่านโดยทำการเผาด้วยเตาอิฐ

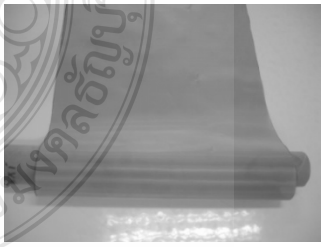
รูปที่ 6 เตาเผาถ่าน

รูปที่ 7 ถ่านซังข้าวโพด

จากการเผาถ่านซังข้าวโพดมีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม จะได้ถ่านซังข้าวโพด 1.2 กิโลกรัม

3.4 การบดละเอียดและกรองขนาด

นำซังข้าวโพดที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว มาทำการบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนที่จะนำไปใส่ลงในของเครื่องปั่นผลไม้ครั้งละปริมาณน้อยๆโดยใช้เวลาในการบดประมาณ 5 นาที จากนั้นนำผงถ่านที่บดแล้วไปผ่านตะแกรงสแตนเลสที่มีความละเอียดเท่ากับ 400 Mesh



รูปที่ 8 ตะแกรงสแตนเลส 400 Mesh

รูปที่ 9 ผงถ่านที่ผ่านการกรองขนาด

3.5 ขั้นตอนการเตรียมผลิตก่อนการขึ้นรูป

นำผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ชนิด 700 HP 561R มาผสมกับผงถ่านจากซังข้าวโพดโดยใช้อัตราส่วนของผงถ่านซังข้าวโพด คือ 0.5% , 1% , 1.5% , 2% , 2.5% , และ 3%

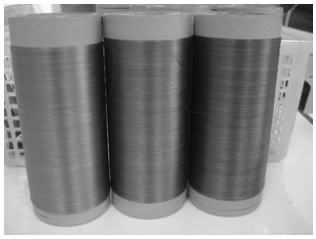
รูปที่ 10 ชั่งผงPPผสมผงถ่านซังข้าวโพด

นำผง PP ผสมผงถ่านจากซังข้าวโพดที่ชั่งตามอัตราส่วนที่ต้องการไปใส่ที่ Hopper ของเครื่องผสมโดยใช้เวลาในการผสม 5 นาที

รูปที่ 11 เครื่องผสม

3.6 การขึ้นรูปเส้นใย

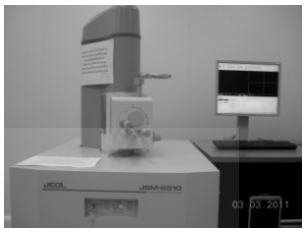
นำผงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่เตรียมไว้ ไปขึ้นรูปเส้นใยแบบปั่นหลอม ด้วยเครื่อง Single screw extruder ที่ความเร็วรอบสกรู 8 rpm อุณหภูมิ 190 °C เมื่อผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพด หลอมตัวผ่านหัว Spinnerate ออกมาเป็นเส้นใย หลังจากนั้นนำไปผ่านขั้นตอน Drawing ทำการลดขนาด 2 เท่า โดยเส้นใยจะผ่านชุด Roller I ด้วยความเร็ว 583 rpm และจะถูกดึงผ่านชุด Heater เพื่อทำการเซ็ทตัว จากนั้นเส้นใยจะถูกดึงผ่านชุด Roller II ด้วยความเร็ว 1,220 rpm ในช่วงนี้เส้นใยจะถูกดึงเพื่อลดขนาดเส้นใยให้เล็กลง หลังจากนั้นเส้นใยจะถูกดึงผ่านเข้าชุด winder เพื่อพันเก็บเข้าหลอด



รูปที่ 12 เส้นใยพอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพด

3.7 การทดสอบเส้นใย

1. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผงถ่านซังข้าวโพดด้วยการดูภาพขยายด้านภาพตัดขวางและวัดขนาดโดยการดูภาพขยายลักษณะผิวผงถ่านซังข้าวโพดโดยการใช้เครื่อง Scanning electro microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 13 เครื่อง Scanning electro microscope (SEM)

2. การทดสอบความสามารถในการไหล (Melt Flow Index : MFI) ทำการตั้งอุณหภูมิที่เครื่องทดสอบ 230 C นำเม็ดพอลิเมอร์ที่น้ำหนัก 6 กรัม ใส่ลงด้านบนของเครื่องทดสอบ Melt Flow Index ใช้แท่งเหล็กกดเม็ดพอลิเมอร์ในกระบอกให้แน่น เพื่อไล่อากาศ รอจนมีเสียงเตือนแล้วใส่ตุ้มน้ำหนัก 2.16 kg. ที่ด้านบนเครื่องจะเริ่มทำการหลอมละลาย และตัดพอลิเมอร์ที่ไหลลงมาที่ 10 วินาที นำเส้นพอลิเมอร์ไปทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าอัตราการไหล

รูปที่ 14 เครื่องทดสอบความสามารถการไหล

3. การทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope ; OM) นำเส้นใยที่ได้จากการขึ้นรูปไปส่องกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 10 เท่า เพื่อดูการกระจายตัวของผงถ่านซังข้าวโพดในเส้นใยและลักษณะรวมถึงขนาดของเส้นใย

รูปที่ 15 กล้องจุลทรรศน์อีเล็คตรอนยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CX41

4. การทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลสแกนนิงแคลลอรีเมทรี (Differential Scanning Calorimetry , DSC) โดยการนำเม็ดพอลิเมอร์บรรจุลงในถาด Plan จากนั้นปิดฝา Plan อัดให้แน่น แล้วนำ Plan ที่บรรจุตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบ DSC เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิในการหลอมเหลว ปริมาณความร้อนในการหลอมผลึก อุณหภูมิที่เกิดผลึก

รูปที่ 16 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน

5. การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength) ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวของเส้นใยตามมาตรฐาน ASTM D 2256-9 นำเส้นใยที่จะทดสอบไปใส่ที่ปากจับเส้นใยทั้งสองด้านให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของเครื่องทดสอบ แล้วทำการเปิดเครื่อง เครื่องจะทำการดึงเส้นด้ายไปจนกระทั่งเส้นใยนั้นขาด เครื่องจะหยุดการทำงาน จากนั้นทำการบันทึกค่าการยืดตัวและแรงดึงของเส้นใย

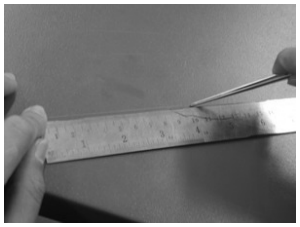
รูปที่ 17 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength tester) ยี่ห้อ Instron รุ่น 5569

6. การทดสอบการหดตัวของเส้นใย (Shrinkage) นำเส้นใยในแต่ละอัตราส่วนผสมมาทำการตัดให้มีความยาว 10 cm. แล้วนำไปต้มจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำเส้นใยมาทำการวัดขนาดว่ามีการหดตัวหรือขยายตัว

$$\% \text{ Shrinkage} = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \qquad (1)$$

L_0 เป็นความยาวของเส้นใยก่อนอบ / ต้ม

L_1 เป็นความยาวของเส้นหลังอบ / ต้ม



รูปที่ 18 วัดขนาดเส้นใย

7. การทดสอบหาเบอร์ด้ายนำเส้นใยแต่ละอัตราส่วนผสมที่ต้องการหาเบอร์ด้าย มาจัดความยาวให้มีความยาวเท่ากับ 20 เมตร เมื่อได้เส้นใยแล้วให้นำไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเบอร์ด้าย

สูตรการคำนวณ $\frac{\text{นน.(กรัม)} \times 9{,}000}{\text{ความยาว(เมตร)}}$ (2)

4 ผลการทดสอบ

4.1 ผลการเตรียมซังข้าวโพด

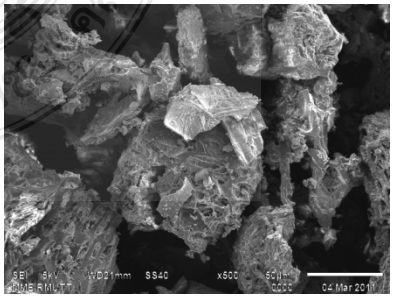
1.1 ซังข้าวโพด ปริมาณน้ำหนักข้าวโพด 100 กิโลกรัม จะได้เป็นเมล็ดข้าวโพด 82% เป็นซังข้าวโพด 18%

1.2 การเผาถ่าน การเผาซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 4452 ที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม จะได้ถ่านซังข้าวโพดน้ำหนัก 1.20 กิโลกรัม

1.3 การบดละเอียดและการกรองขนาด การกรองขนาดผงถ่านซังข้าวโพดสามารถผ่านตะแกรงสแตนเลสที่มีความละเอียดเท่ากับ 400 Mesh ได้

4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผงถ่านซังข้าวโพด

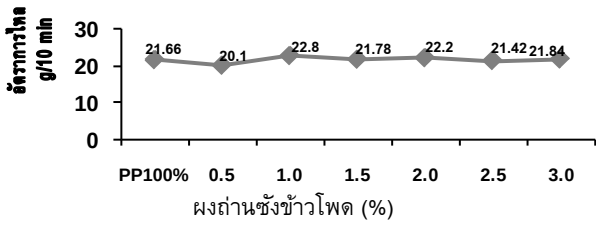
โดยการดูภาพขยายจากเครื่อง Scanning electro microscope โดยที่ลักษณะของผงถ่านซังข้าวโพดนั้นส่วนใหญ่จะมีขนาดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และผิวมีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมาก ซึ่งน่าจะมีสมบัติด้านของการดูดซับ กลิ่นได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 19 ผิวของผงถ่านซังข้าวโพด

4.3 ผลการทดสอบค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสม (Melt Flow)

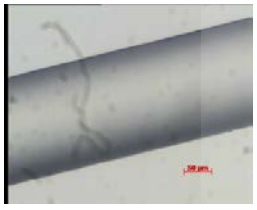
พบว่าการไหลของพอลิเมอร์ มีอัตราการไหลค่อนข้างคงที่



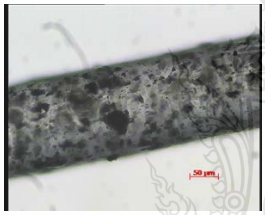
รูปที่ 20 พอลิโพรพิลีนผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านCompound

4.4 ผลการทดสอบการกระจายตัวของผิวเส้นใย

ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope;OM) โดยใช้กำลังขยาย 10 เท่าพบว่าเส้นใย PP 100% จะมีลักษณะกลมโปร่งแสงและมีผิวเรียบสม่ำเสมอ ส่วนเส้นใย PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดจะมีลักษณะทึบแสง มีการกระจายตัวของผงถ่านในเส้นใยไม่สม่ำเสมอผิวของเส้นใยขรุขระ



รูปที่ 21 เส้นใย PP 100%



รูปที่ 22 เส้นใยPPผสมผงถ่านซังข้าวโพด 2%

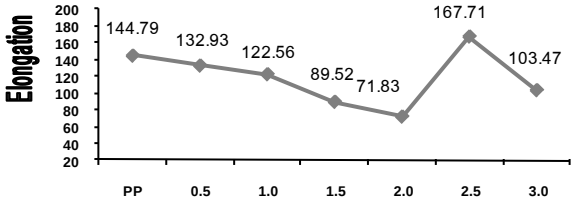
4.5 ผลการทดสอบสมบัติเชิงทางความร้อน

ตารางที่ 1 การทดสอบทางความร้อน

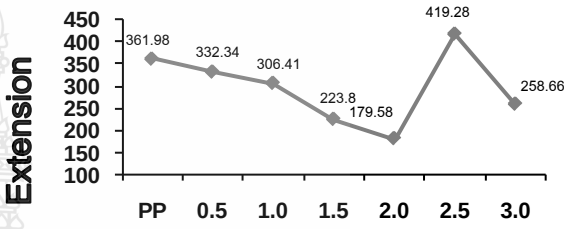
Polymer	Tm(°c)	Heat of fusion(J/g)	Tc(°c)
PP Compound (Chip)	169.9	84.16	111.7
PPผงถ่านข้าวโพด 0.5%Compound(Chip)	169.5	82.58	117.5
PPผงถ่านซังข้าวโพด 1% Compound (Chip)	168.7	81.52	116.4
PPผงถ่านซังข้าวโพด 1.5%Compound(Chip)	168.4	83.08	117.3
PPผงถ่านข้าวโพด2% Compound(Chip)	169.7	75.23	118.2
PPผงถ่านซังข้าวโพด 2.5%Compound(Chip)	169.6	80.46	119.1
PPผงถ่านซังข้าวโพด 3% Compound(Chip)	168.8	77.88	119.1

*Tm อุณหภูมิในการหลอมเหลว
J/g ปริมาณความร้อนในการหลอมผลึก
Tc อุณหภูมิที่เกิดผลึก

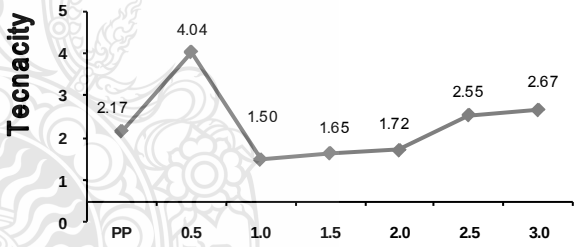
4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile strength)



รูปที่ 23 การยืดตัวก่อนขาดของเส้นใย



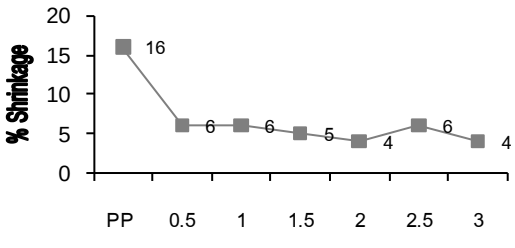
รูปที่ 24 การยืดหยุ่นตัวของเส้นใย



รูปที่ 25 ความเหนียวของเส้นใย

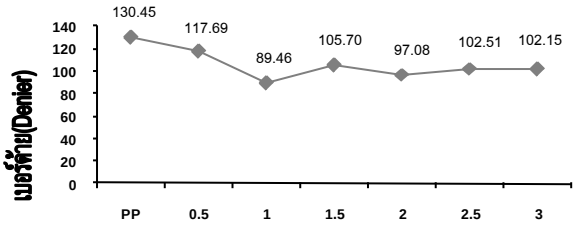
4.7 ผลการทดสอบการหดตัวของเส้นใย

พบว่า PP100% มีความหดตัว 16% ส่วน PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ทุกอัตราส่วนมีผลทำให้การหดตัวของเส้นใยน้อยลงกว่า PP 100%



รูปที่ 26 % Shrinkage โดยไม่ผ่านการCompound

8. ผลการทดสอบหาเบอร์ด้าย



รูปที่ 29 ผลการทดสอบหาเบอร์ด้าย

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบของการเติมผงถ่านจากซังข้าวโพดในเส้นใยพอลิโพรพิลีนต่อสมบัติเชิงกล พบว่าการเติมผงถ่านซังข้าวโพดที่อัตราส่วนต่าง ๆ นั้นไม่ทำให้สมบัติของพอลิโพรพิลีนเปลี่ยนไปจากเดิม , ผลการกระจายตัวของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 10 เท่า พบว่าเส้นใย PP 100% จะมีลักษณะความโปร่งแสงและมีผิวสม่ำเสมอส่วนเส้นใย PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดจะมีลักษณะทึบแสง มีผิวของเส้นใยขรุขระและมีการกระจายตัวของผงถ่านไม่สม่ำเสมออย่างเห็นได้ชัด , ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อน พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวของ PP 100% มีค่า 169.9°C เมื่อเติมผงถ่านซังข้าวโพดตามอัตราส่วนจะพบว่า PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่อัตราส่วน 0.5% ใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวสูงสุดมีค่า 169.5°C จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนจะใช้อุณหภูมิใกล้เคียงกันและในการเติมผงถ่านซังข้าวโพดลงใน PP นั้นไม่มีผลต่ออุณหภูมิในการหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน , ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง พบว่าเส้นใย PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดมีความแข็งแรงลดลงกว่าเส้นใน PP 100% อย่างเห็นได้ชัด ฉะนั้นการเติมปริมาณผงถ่านที่อัตราส่วนผสมนั้นมีผลทำให้ความแข็งแรงน้อยลง , ผลการทดสอบการหดตัวเส้นใย พบว่า PP100% มีความหดตัวเท่ากับ 16% ส่วน PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดที่ทุกอัตราส่วนมีผลทำให้การหดตัวของเส้นใยน้อยลงกว่า PP 100% สรุปได้ว่าการเติมผงถ่านซังข้าวโพดที่อัตราส่วนต่าง ๆ นั้นมีผลทำให้การหดตัวของเส้นใยลดลง

การนำผง PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดไปทำผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ คณะผู้วิจัยได้นำเส้นใย PP ผสมผงถ่านซังข้าวโพดไปทดสอบถักเป็นถุงเท้าได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรกรรมมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยการนำซังข้าวโพดมาทำเป็นผงถ่านแล้วนำไปผสมกับผงพอลิโพรพิลีนทำการขึ้นรูปเส้นใย งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากหลายหน่วยงาน จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ดร.นที ศรีสวัสดิ์, ดร.สรพงษ์ ภวสุปรีย์ ตลอดจนผู้ช่วยวิจัยที่ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ ขอขอบคุณ อาจารย์สุรพล เช้าฉ้อง ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ(ไร่สุวรรณ) ที่ให้คำแนะนำเรื่องข้าวโพด รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทรุ่น 4 และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยจะนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ หากมีความผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 414 “ ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2552” กรุงเทพ,สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2553 หน้า 11-12

[2] ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร “ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมษายน 2553” กรุงเทพ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553

[3] ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ “สุวรรณ1 ข้าวโพดพันธุ์ดีเด่นของไทย ” สถาบันอินทรีจันทรสถิตย์ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาด้านพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2536

[4] ชัชวาลย์ ศรีกำพล , นางสาวนิภาพร พันทอง (2546) การผลิตกระดาษจากต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพด

[5] สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์ , “สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชนฯเล่ม 3 กรุงเทพ”,

[6] วินัย ปัญญาธัญญะ , จิระพงษ์ คูหากาญจน์ ,มยุรี จิตต์แก้ว “เทคนิคการเผาถ่านไม้ไผ่, กรุงเทพ ,สำนักงานวิจัยเศรษฐกิและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ,2547 หน้า 23-26”

[7] อัจฉรา ไศละตสูต, ความรู้เรื่องผ้า, บริษัทต้นทรการพิมพ์จำกัด กรุงเทพ 2542, หน้า 182-185

[8] รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา , วิทยาศาสตร์เส้นใย (Fiber Science) , โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,กรุงเทพ 2542 หน้า 124-134

[9] จตุพล ทองเหม , เกรียงศักดิ์ ปานกำเนิด , ศักดิ์ดา เกริกเทมินทร์ (2544) ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณที่เหมาะสมของพอลิโพรพิลีนที่ใช้มาทดแทนเพื่อลดปริมาณพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการผลิตเส้นใย

[10] นายนที ศรีสวัสดิ์ และคณะ(2551)ผลิตเส้นใยพอลิ เอสเตอร์ผสมถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว

[11] วินัย ศรวัต กรมวิชาการการเกษตร.2550 http://www.doa.go.th/pl_data/BA_CORN/1STA/st01.ht ml

[12] ชุตาภรณ์ , เรื่องของเส้นใย (Fibers) ONLINE Availiable: http://www.chug.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=531280&Ntype=1 ,1/กันยายน/2553

[13] http://www.madehow.com,SPANDEX,ONLINE Availiable : http://www.madehow.com/Volume-4/Spandex.html,1/กันยายน/2553

[14] POLYMER RHEOLOGY - VISCOSITY BEHAVIOR AND FLOW TYPES http://www.che.lsu.edu ,ONLINE Availiable:http://www.che.lsu.edu/faculty/dooley/rheo1.htm,กันยายน/2553

[15] บริษัท นนทรี จำกัด, Inovative Engineering Solution, ONLINEAvailiable:http://74.125.153.132search?q=cache:6HfoAAc4qnIJ:www.nontrico.com/PDF/CF.pdf+carbon+fiber&cd=11&hl=th&ct=clnk&gl=th , 19 มีนาคม 2553

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายเจษฎา มังกะโรทัย
วัน เดือน ปีเกิด	30 มีนาคม 2514
ที่อยู่	600/2 ต.ตลาด อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งทอ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2538
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ.2534 - 2536 ตำแหน่งผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท เซาท์อีทส์ เท็กซ์ไทล์ จำกัด พ.ศ.2537 - 2539 ตำแหน่งรองผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท ที อินเตอร์เทรด จำกัด พ.ศ.2541 - ปัจจุบัน ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท โปรเทค เวิลด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี