IC 361 วิทยาศาสตร์เส้นใยและผ้า

(IC 361 FIBERS AND FABRIC SCIENCE)

อ.ดร.อุษารัตน์ รัตนคำนวณ
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ

ภาคการศึกษาที่ 1/2557

fppt.com

บทที่ 1 บทนำ

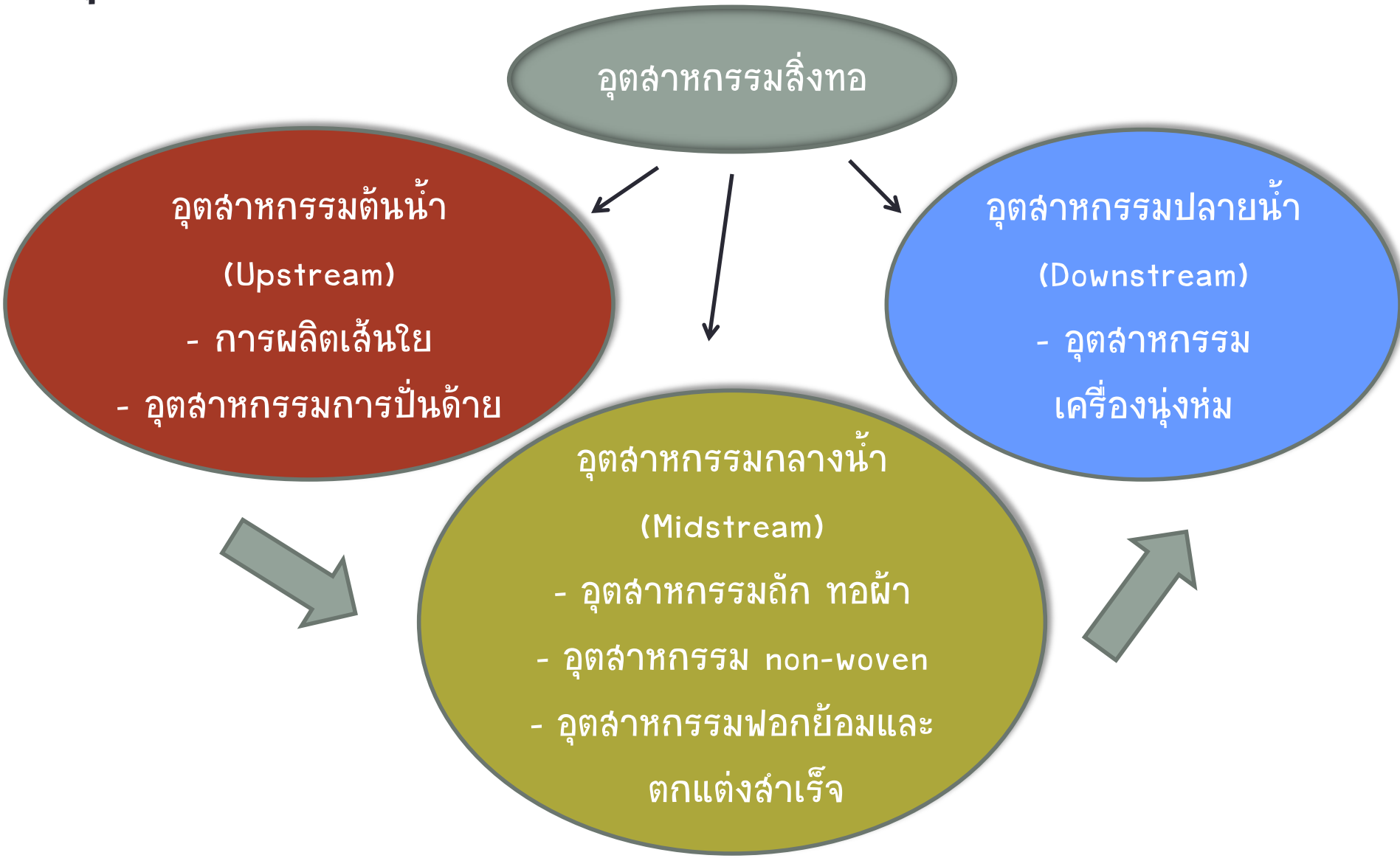
(Introduction)

อุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

- สิ่งทอถือเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเริ่มต้นจากการผลิตในครัวเรือนเพื่อใช้เฉพาะสมาชิกในครอบครัวหรือในชุมชน แต่เมื่อเศรษฐกิจเกิดการขยายตัวขึ้น ทำให้ความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้น จึงมีการนำเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการผลิตตอบสนองความต้องการภายในประเทศ
- สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2476 กระทรวงกลาโหมได้มอบให้กรมพลาธิการทหารบกจัดตั้งโรงงานทอผ้าขึ้น เพื่อผลิตผ้าไว้ใช้ในราชการทหาร ซึ่งได้ให้ชื่อว่า “โรงงานฝ้ายสยาม” และหลังจากปี พ.ศ. 2497 เป็นต้นมา รัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมเรื่อยมา ส่งผลให้อุตสาหกรรมผลิตสิ่งทอพัฒนาจากระบบอุตสาหกรรมในครัวเรือนมาเป็นระบบอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์อย่างเต็มรูปแบบ

- ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มไทยมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการพัฒนาเศรษฐกิจภายในประเทศ
- โดยมีสัดส่วนมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) เป็นอันดับ 4 รองจากอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเครื่องจักรสำนักงาน และอุตสาหกรรมยานยนต์ ตามลำดับ
- คิดเป็นมูลค่า 245 พันล้านบาท หรือร้อยละ 2.2 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ *(ปี 2554 GDP ของทั้งประเทศเท่ากับ 10,540 พันล้านบาท ซึ่งรวมมูลค่า GDP ของอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มเอาไว้ 245 พันล้านบาท, ที่มา: สถาบันพัฒนาสิ่งทอ 2555)*
- การผลิตส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อบริโภคในประเทศสูงถึง 64.19% และผลิตเพื่อส่งออก 35.81% *(ที่มา: แผนปฏิบัติการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมรายสาขาอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม)*

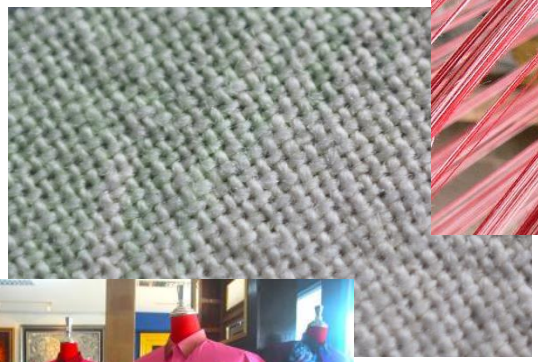
อุตสาหกรรมสิ่งทอไทย



ความหมายของเส้นใยและสิ่งทอ

คำจำกัดความ

- คำว่า “Textile” มาจากภาษาละตินจากคำว่า “texere” ซึ่งแปลว่า “ทอผ้า”
- คำนิยามเดิมจะหมายถึง ผ้าทอ เท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีการขยายความหมายครอบคลุมถึงเส้นใย เส้นด้าย ผืนผ้า หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากเส้นใย เส้นด้าย หรือผืนผ้าด้วย



ศัพท์สิ่งทอที่ควรรู้

- เส้นใย (Fiber) หมายถึง วัสดุหรือสารใดๆ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่าง ความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และจัดเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้าไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก
- ด้าย (Yarn) ประกอบด้วยเส้นใยหลายๆเส้น รวมกัน อาจมีการขึ้นเกลียว (twist) หรือไม่ก็ได้
- ผ้า (Fabric) เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบน สามารถผลิตจากสารละลาย เส้นใย เส้นด้าย หรือวัสดุพื้นฐานเหล่านี้รวมกัน
- การตกแต่งสำเร็จ (Finish) คือกระบวนการใส่สารเติมแต่งเพื่อเพิ่มสมบัติให้แก่ผ้าดิบ

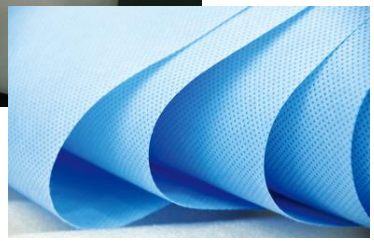
"สิ่งทอ (Textile)" มีความหมายกว้างๆ หมายถึง เส้นใย เส้นด้าย ผ้า หรือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใย เส้นด้าย หรือจากผ้า

สิ่งทอทั่วไป

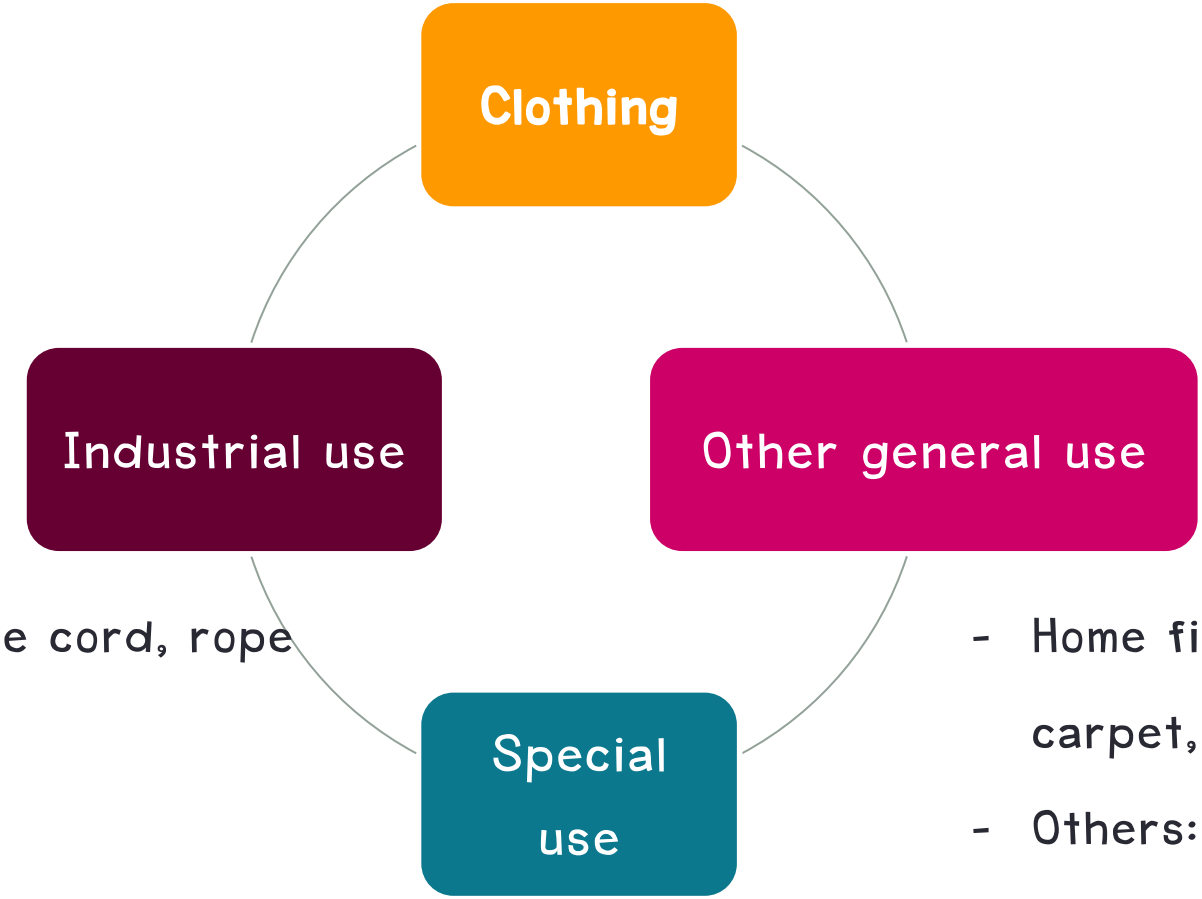
(Conventional textiles)

สิ่งทอเฉพาะทาง

(Technical textiles)



การใช้งานสิ่งทอ (Major Uses of Textile Fiber)



- Filter, tyre cord, rope

- Home finishing: curtain, carpet, blanket
- Others: towel, bag, luggage, umbrella

- High performance fiber, medical textile, geotextile

บทที่ 2 โครงสร้าง สมบัติ และการวิเคราะห์เส้นใย

(Fiber Structure, Properties and Identification)

โครงสร้างของเส้นใย

(Fiber Structure)

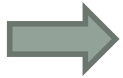
โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

- โครงสร้างทางกายภาพ เช่น ความยาว ความหยาบ ความละเอียด ลักษณะผิวของเส้นใย มีผลต่อสมบัติด้านความรู้สึกอันเกิดจากการสัมผัส ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย

- โครงสร้างทางเคมี มีผลต่อสมบัติด้านความแข็งแรง การยืดตัว ความหนาแน่น ความชื้นที่เส้นใยดูดซึมได้ การรับสีย้อม เป็นต้น

โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

เส้นใย (Fiber) มีโครงสร้างโมเลกุลที่เกิดจากการเรียงต่อกันของหน่วยพื้นฐานทางเคมี (monomer) ก่อให้เกิดโครงสร้างโมเลกุลที่ยาวต่อเนื่องเป็นลูกโซ่



polymer

ถ้าสมมุติให้ A = monomer -A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-

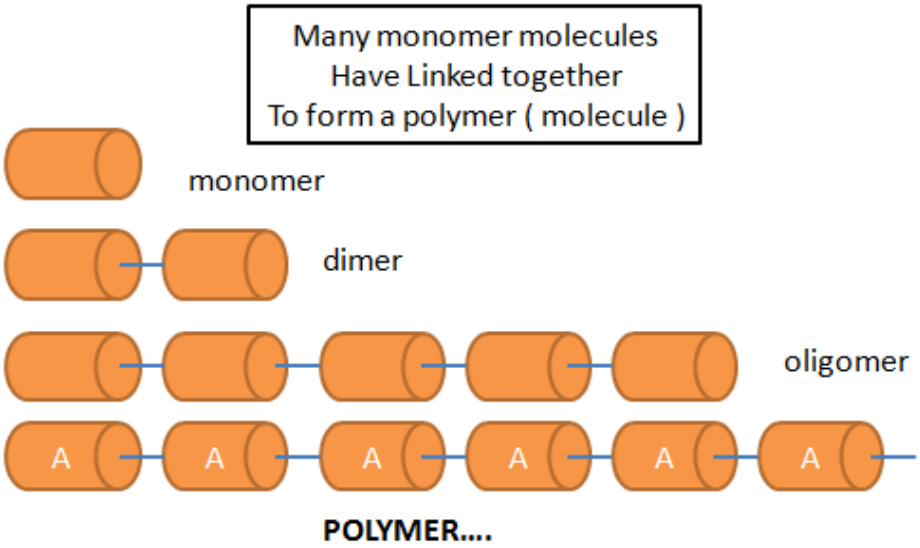
$$+A+_n$$

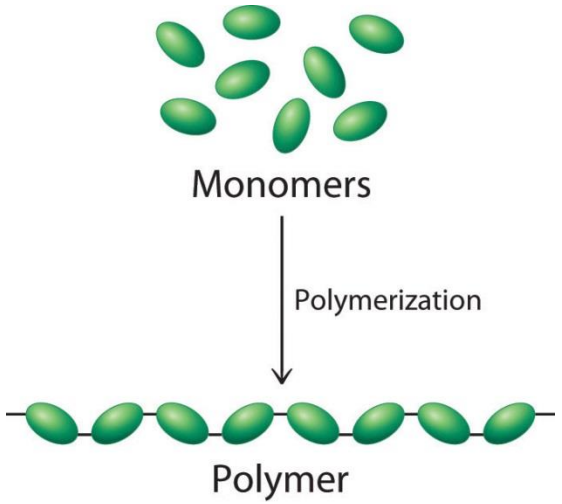
n คือ ระดับขั้นของการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of Polymerization)

ค่า n มีค่าสูงแสดงถึงจำนวนมอนอเมอร์ที่มาต่อกันมากขึ้น พอลิเมอร์นั้นก็จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูง

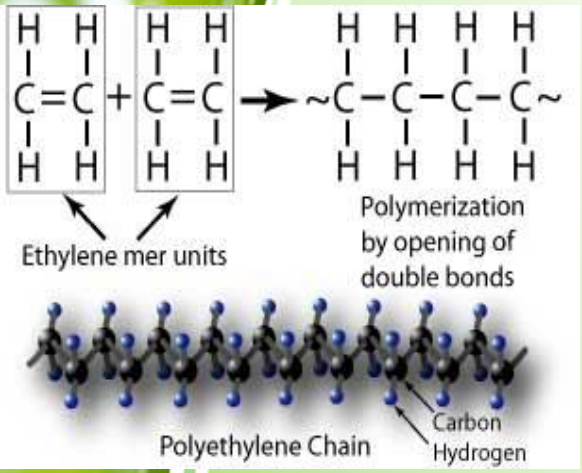
พอลิเมอร์ (Polymer) คืออะไร?

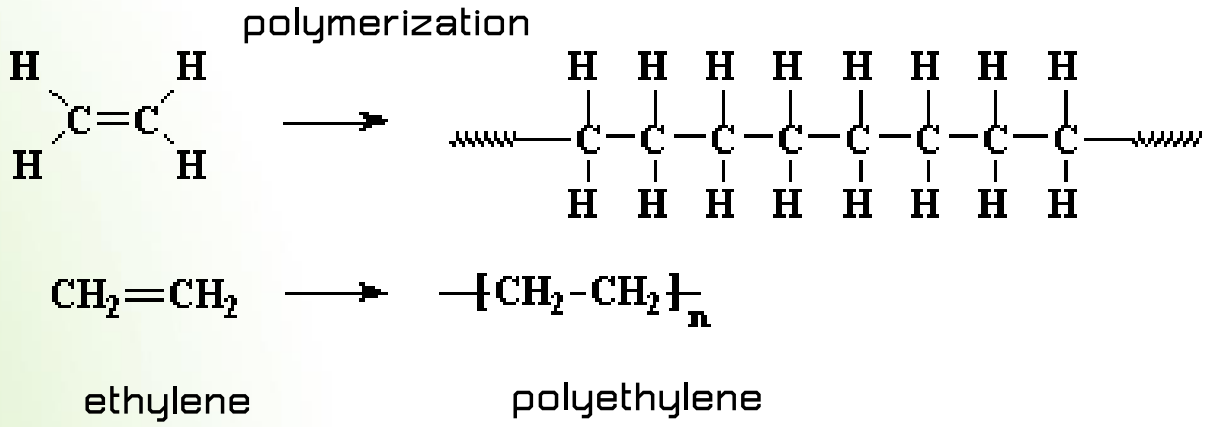
- พอลิเมอร์ (Polymer) มาจากรากศัพท์ภาษากรีก poly = many และ meros = part or unit
- พอลิเมอร์ (Polymer) หมายถึง สารโมเลกุลใหญ่ (macromolecules) และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยหน่วยที่ซ้ำๆกันที่เรียกว่า “mer” หรือ “repeating unit” จำนวนมาก มาเชื่อต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์
- Polymer = many mers

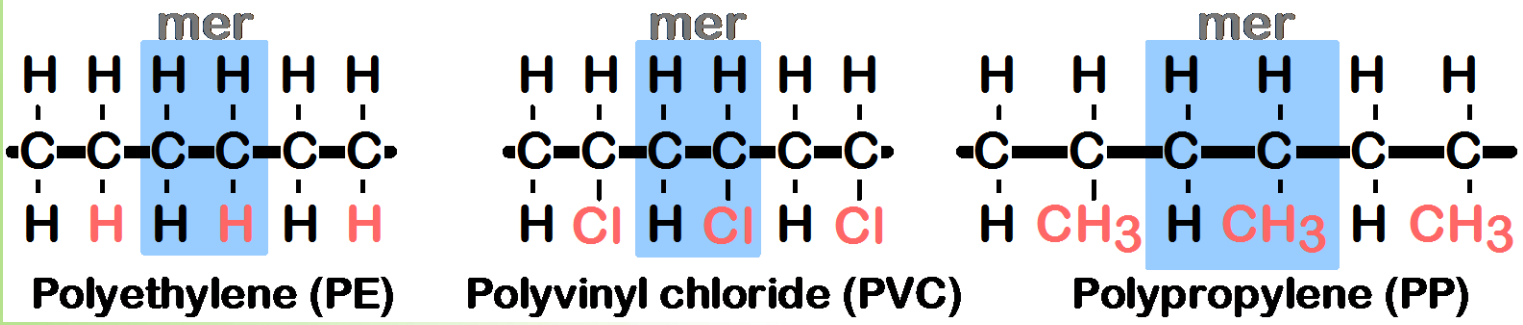




- พอลิเมอร์ เกิดจากการทำปฏิกิริยาของมอนอเมอร์ (monomer)
- มอนอเมอร์ คือ สารตั้งต้นที่ใช้ทำปฏิกิริยาเพื่อเกิดเป็นพอลิเมอร์
- ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ คือ ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization)







- พอลิเมอร์ เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ จึงกล่าวได้ว่าพอลิเมอร์เป็นสารมหโมเลกุล (macromolecule)
- Macromolecule เป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตาม สารมหโมเลกุลบางชนิด เช่น กรดนิวคลีอิก (DNA, RNA) ไม่ใช่พอลิเมอร์ เพราะโมเลกุลของกรดนิวคลีอิกไม่ได้ประกอบด้วยหน่วยที่ซ้ำๆกัน มาเชื่อมต่อกัน
- สารมหโมเลกุลอาจเป็น หรือไม่เป็นพอลิเมอร์ก็ได้ แต่พอลิเมอร์ทุกชนิดเป็นสารมหโมเลกุลเสมอ

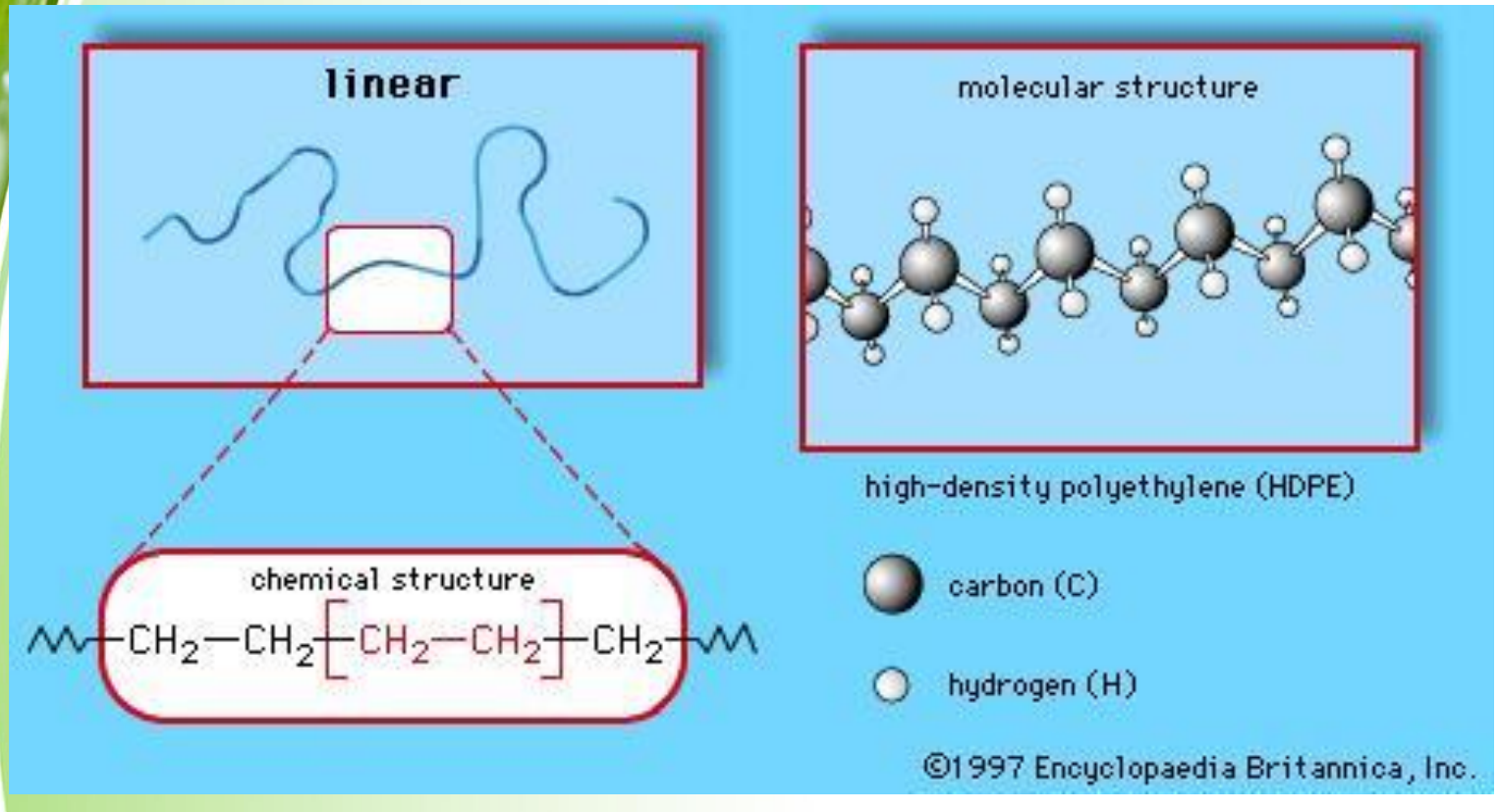
ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามแหล่งที่มา

1) พอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural Polymers) เป็นพอลิเมอร์ที่พบตามธรรมชาติ มนุษย์ได้นำเอาพอลิเมอร์เหล่านี้มาดัดแปลงเพื่อใช้ประโยชน์ เช่น แป้ง ไหม ฝ้าย ปอ ป่าน น้ำยางพารา ฯลฯ

2) พอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymers) เนื่องจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ มีปริมาณคุณสมบัติและขอบเขตการใช้งานที่จำกัด ดังนั้นมนุษย์จึงได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ขึ้นมา เช่น polyvinylchloride (PVC), polystyrene (PS), polyethylene (PE), polypropylene (PP)

ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

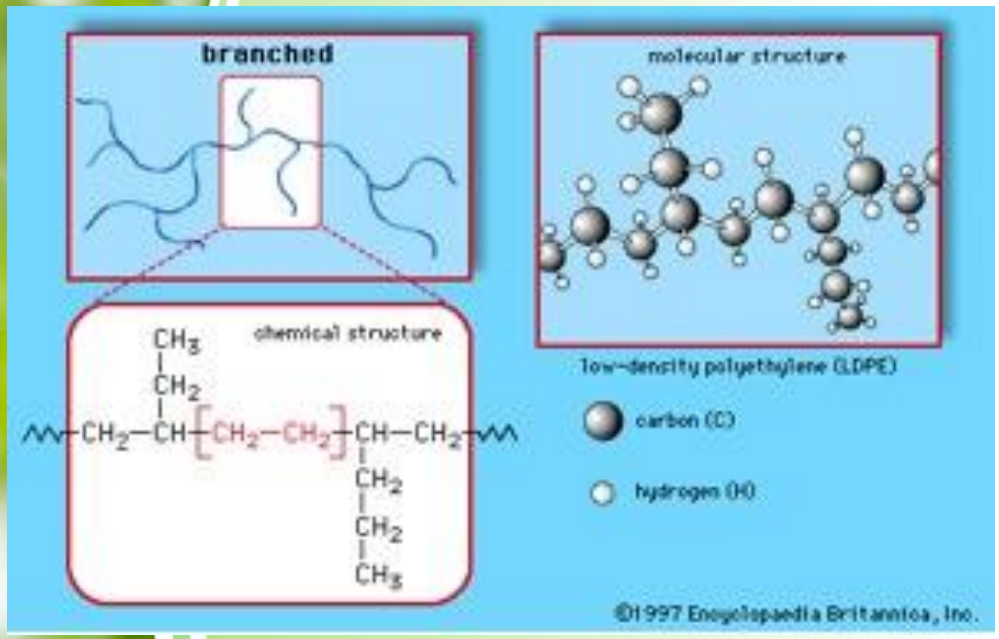
1) พอลิเมอร์แบบเชิงเส้น (linear polymers) โมเลกุลเป็นเส้น หรือสายโซ่ (chain) ยาว ที่ไม่มีกิ่งก้านหรือสาขาแยกออกมาจากสายโซ่หลัก เช่น linear polyethylene

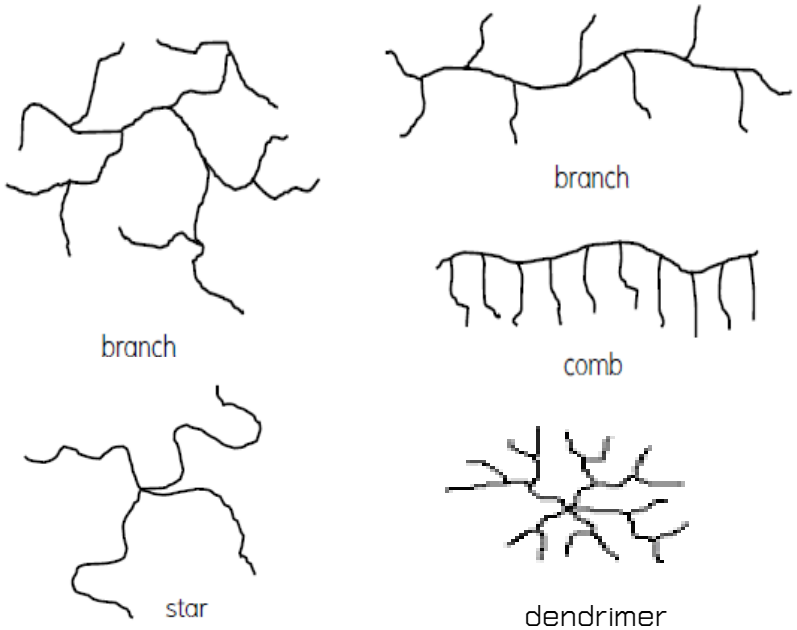


ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

2) พอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน (branched polymers) โมเลกุลมีกิ่งก้านหรือสาขาแยกออกมาจากสายโซ่หลัก

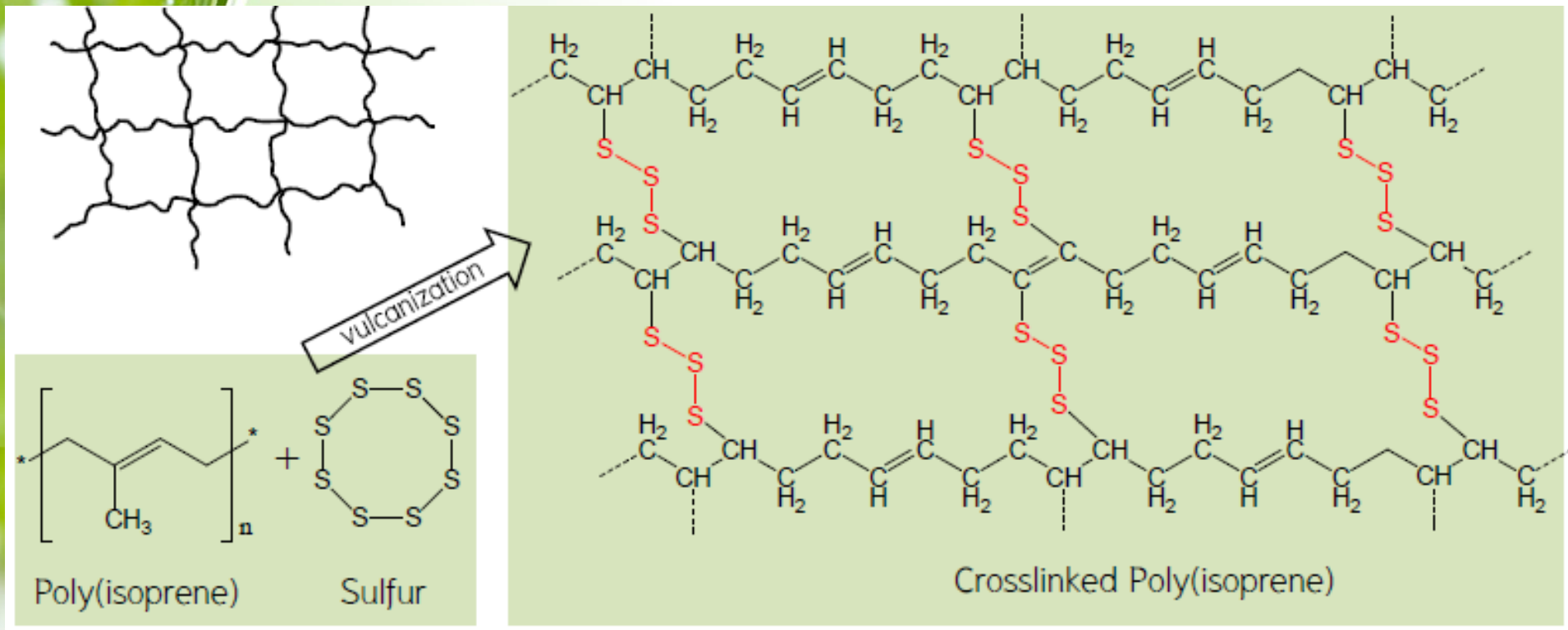
- ข้อสังเกต : กิ่งก้านที่แยกออกมาจากสายโซ่หลักจะต้องมีมอนอเมอร์ชนิดเดียวกับสายโซ่หลัก ถ้าเป็นมอนอเมอร์ต่างชนิดกันไม่ถือว่าเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน แต่จะจัดว่าเป็นโคพอลิเมอร์





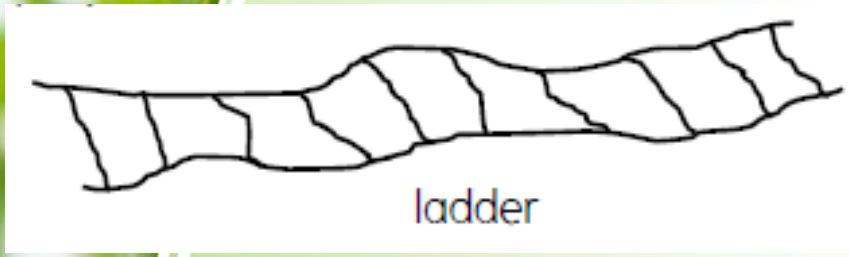
ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

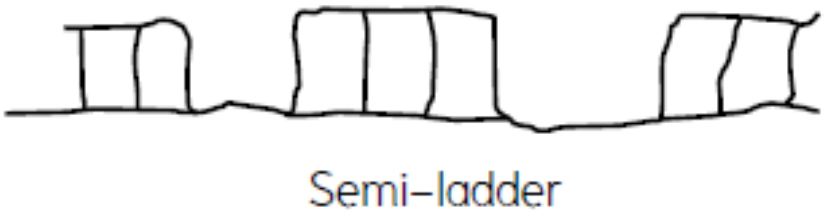
3) พอลิเมอร์แบบร่างแห (network or crosslinked polymers) โมเลกุลจะมีการเชื่อมขวางกัน เกิดโครงสร้างเป็นร่างแห

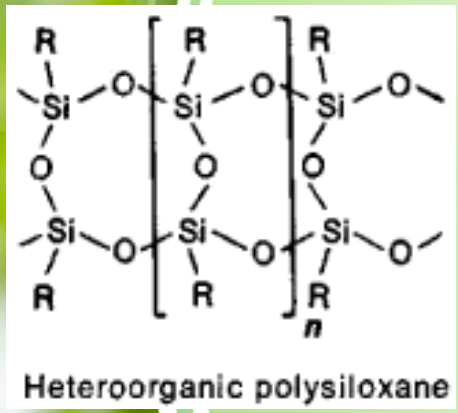


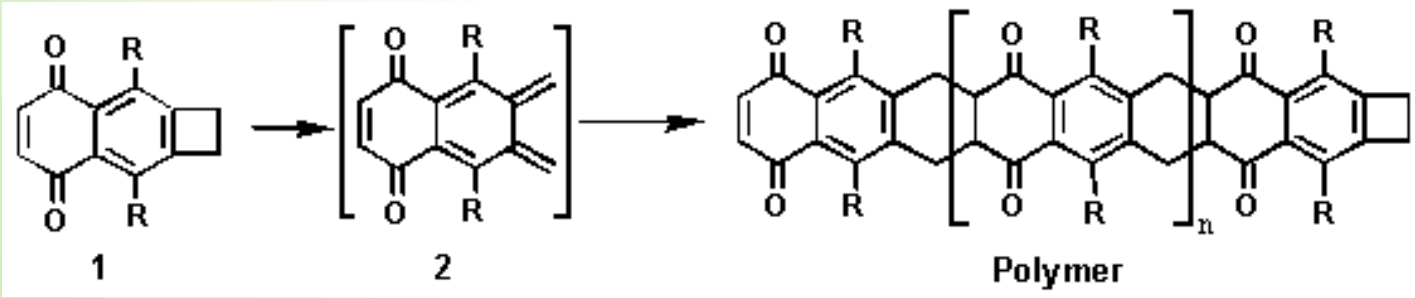
ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

4) พอลิเมอร์แบบขั้นบันได (ladder polymers) พอลิเมอร์แบบนี้เกิดจากการทำให้หน่วยซ้ำในสายโซ่หลักมีการหลอมปิดเป็นวง แต่ถ้าการปิดวงนั้นเกิดไม่สม่ำเสมอ จะเรียกว่า semi-ladder polymer



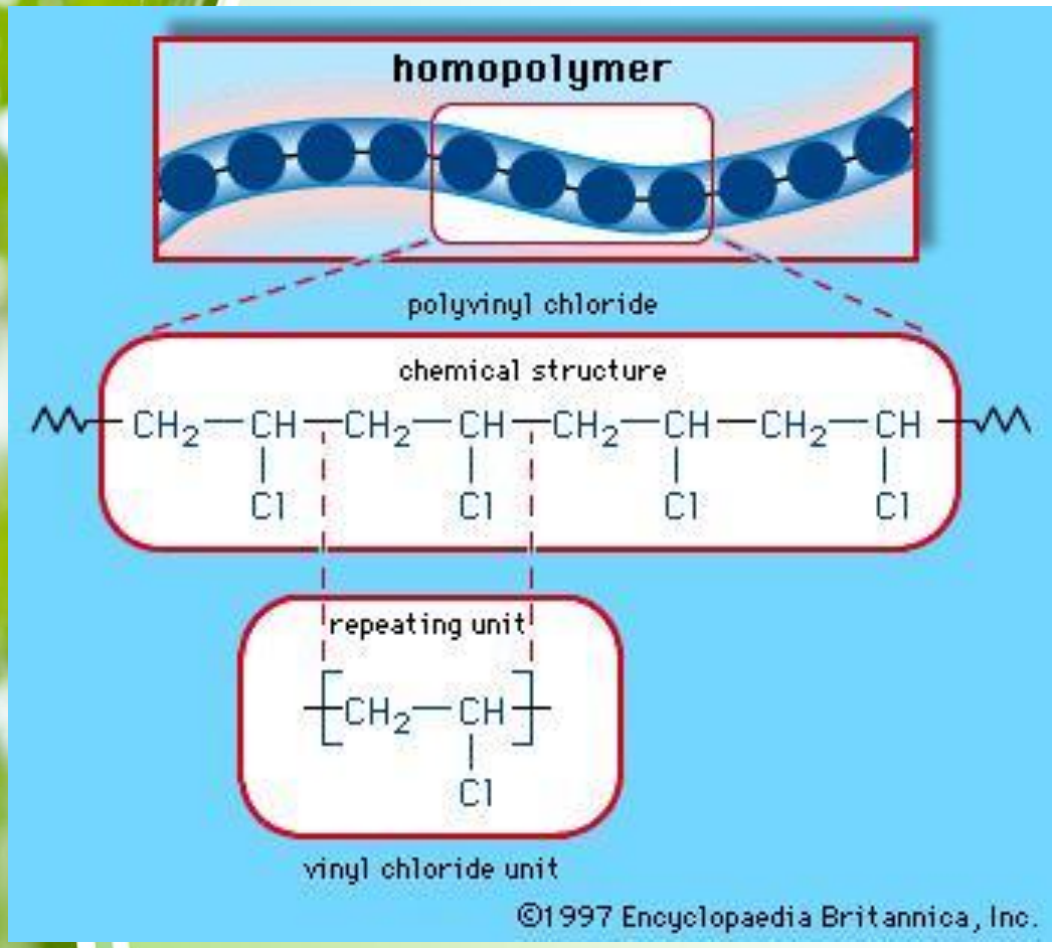


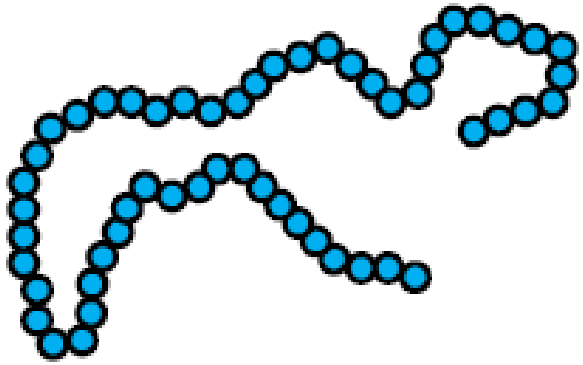




ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามจำนวนชนิดของมอนอเมอร์

1) โฮโมพอลิเมอร์ (homopolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วย repeating unit เพียงชนิดเดียว





–A–A–A–A–A–A–A–A–

ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามจำนวนชนิดของมอนอเมอร์

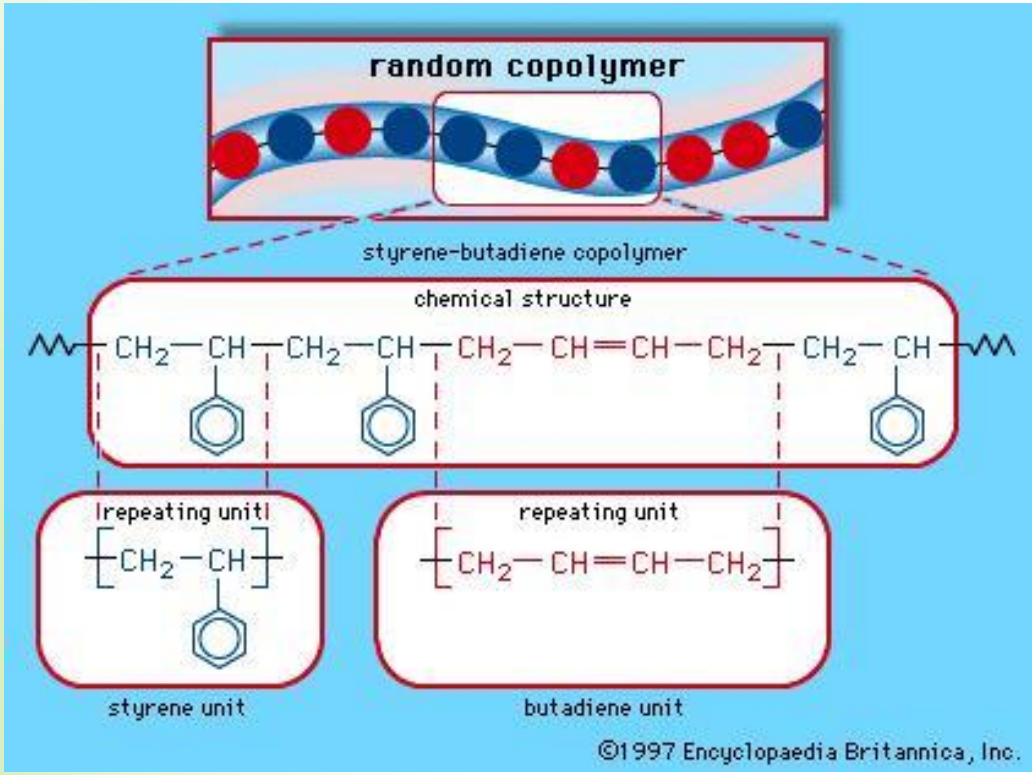
2) โคพอลิเมอร์ (copolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วย repeating unit ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป

โคพอลิเมอร์อาจแบ่งชนิดได้ตามลักษณะการเรียงตัวของ repeating unit ดังนี้คือ

copolymer	ลักษณะการจัดเรียงตัว
โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers)	~AAABBABBBBAABABBBAAAA~
โคพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers)	~ABABABABABABABABABABAB~
โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymers)	~AAAAAAAAABBBBBBBB~ หรือ ~AAAAABBBBBBCCCC~
โคพอลิเมอร์แบบกราฟ (graft copolymers)	B B B B ~AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA~ B B B

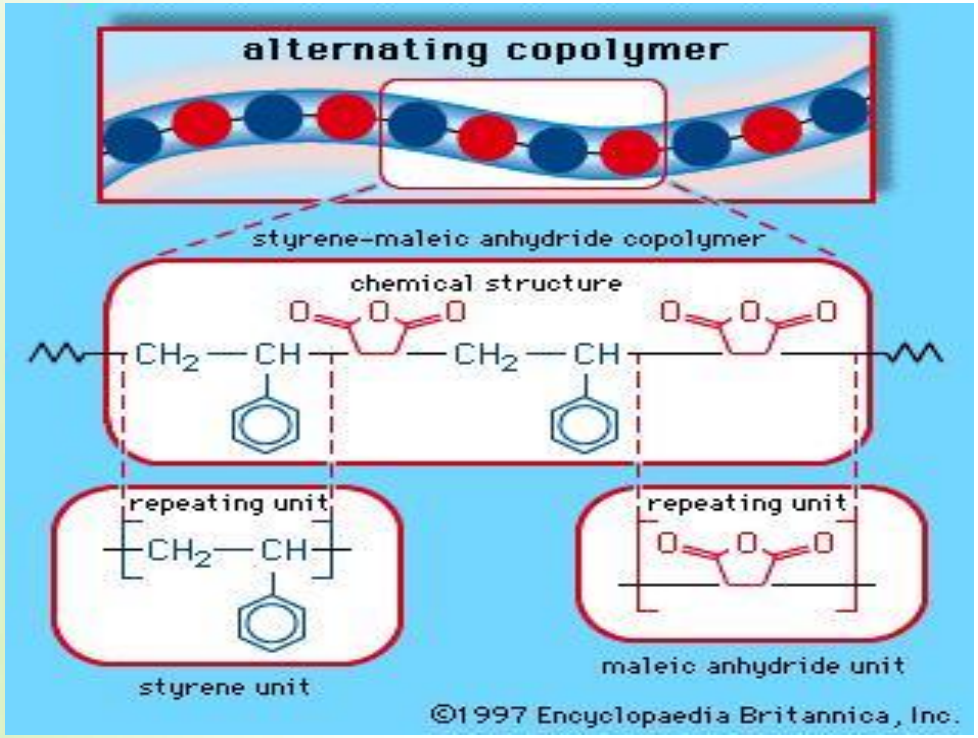
2.1 โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของ repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างไม่เป็นระเบียบ

—A—A—B—A—B—B—A—B—A—A—B—B—B—A—



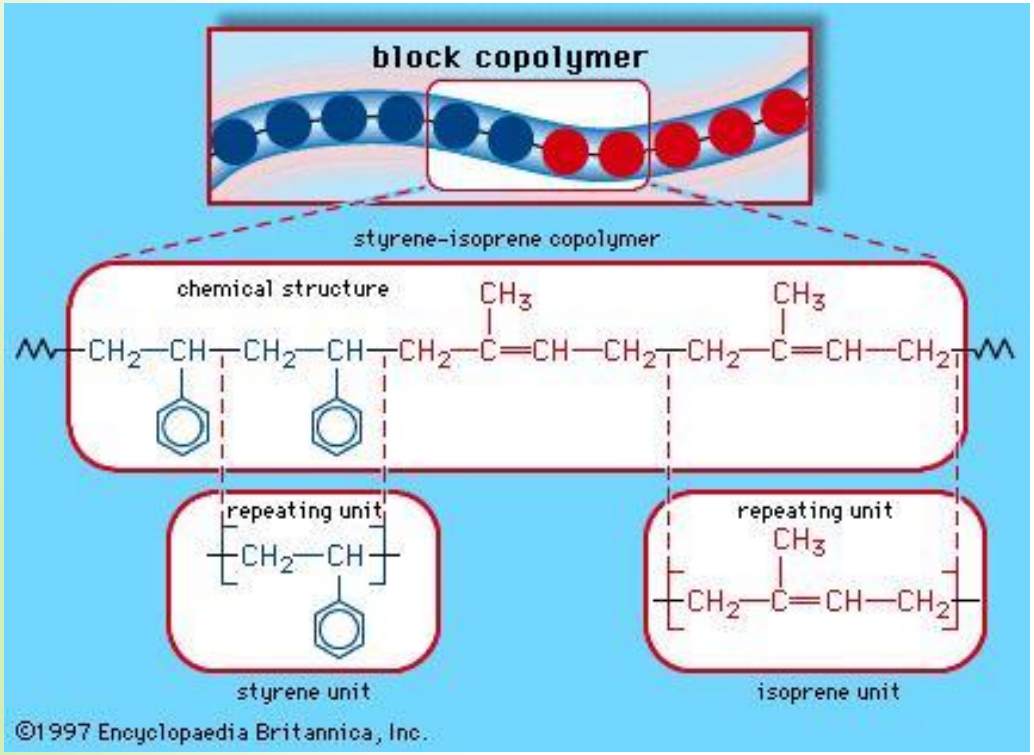
2.2 โคพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของ repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างเป็นระเบียบไปตลอดโมเลกุล

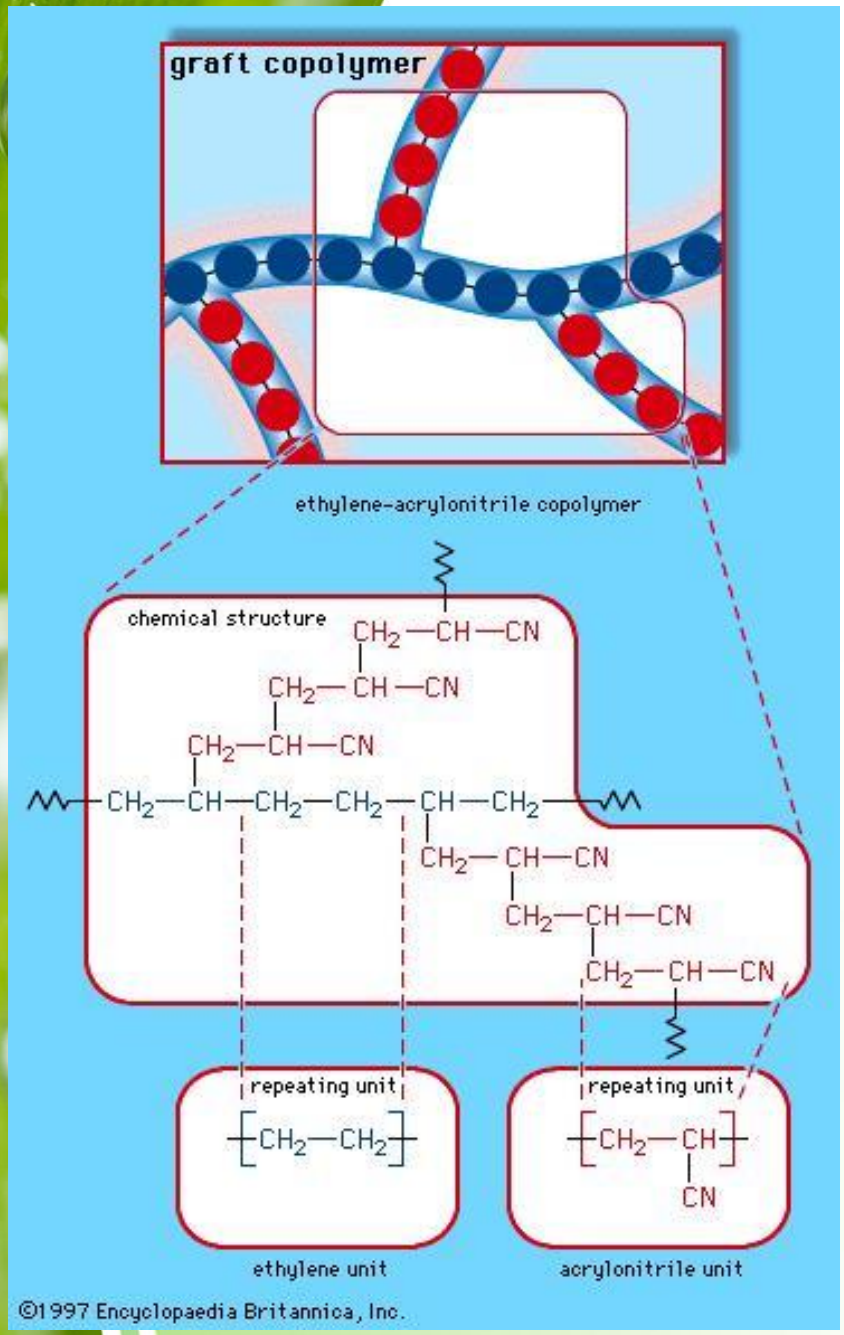
—A—B—A—B—A—B—A—B—A—B—A—B—A—B—



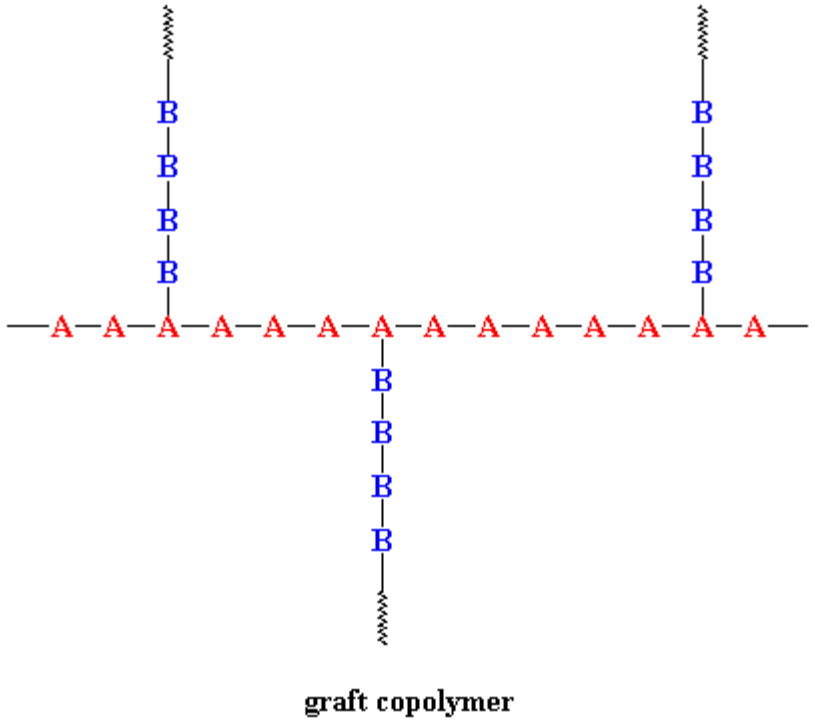
2.3 โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของกลุ่ม repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างเป็นระเบียบ

—A—A—A—A—A—A—A—B—B—B—B—B—B—B—





2.4 โคพอลิเมอร์แบบกราฟท์ (graft copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีกิ่งก้านสาขา ประกอบด้วยกลุ่มของ repeating unit 2 ชนิด ที่สายโซ่หลักต่างจากสายโซ่ที่เป็นกิ่งก้าน



ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์(Crystallinity of polymers)

สารโมเลกุลเล็ก

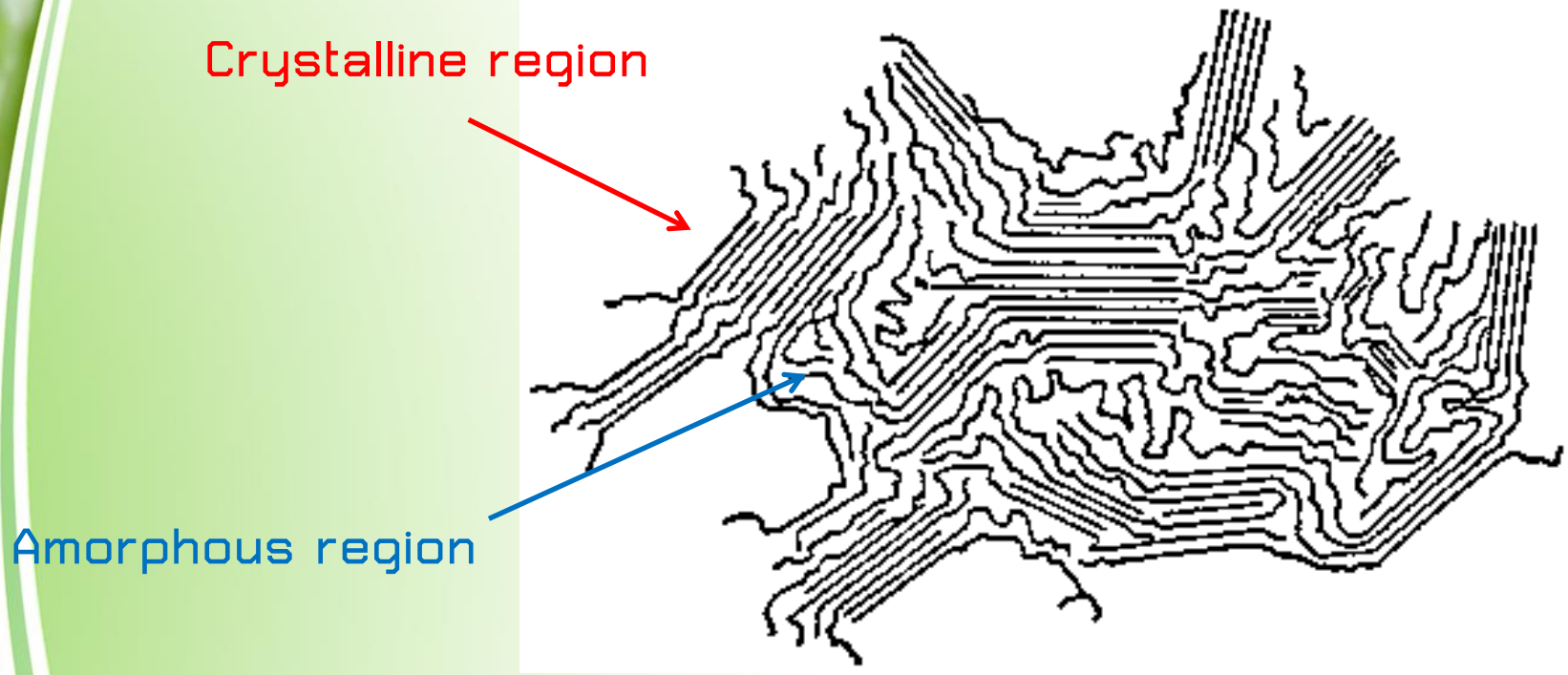
- น้ำหนักโมเลกุลต่ำา
- เกิดการตกผลึกได้ง่ายเมื่อลดออุณหภูมิลงถึงจุดหนึ่ง
- ได้ผลึกที่สมบูรณ์
- มีอุณหภูมิหลอมตัว (melting point) ชัดเจน ช่วงการหลอมเหลวแคบ

พอลิเมอร์

- น้ำหนักโมเลกุลมาก สายโซ่โมเลกุลยาว
- โอกาสเกิดเป็นผลึกยาก
- มีทั้งพอลิเมอร์ที่เป็นผลึกสมบูรณ์ (perfectly crystalline polymers) (พบได้ยากมาก), พอลิเมอร์กึ่งผลึก (semi-crystalline polymers) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น ‘ผลึก’ (crystalline region) และส่วน ‘อสัณฐาน’ (amorphous region) และ พอลิเมอร์ที่ไม่เกิดผลึกเลย (amorphous polymers)

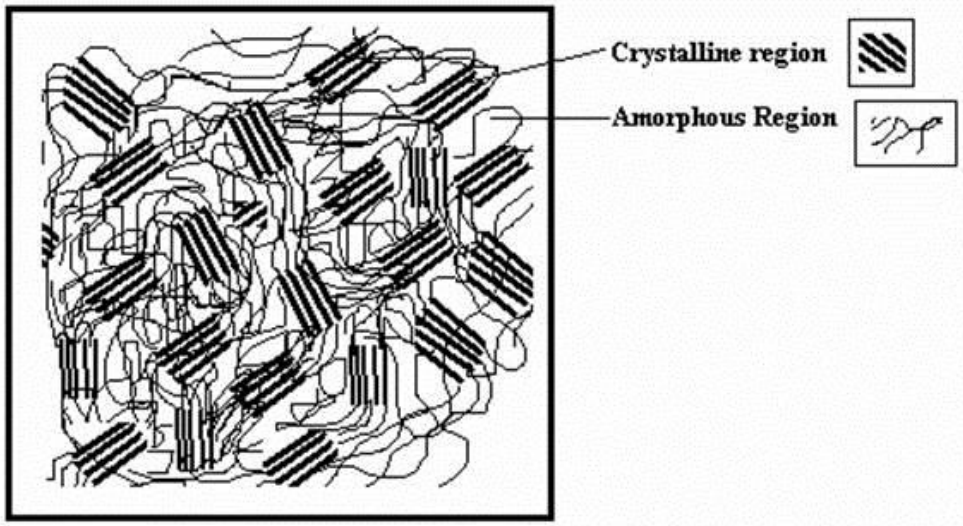
ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ (Crystallinity of polymers)

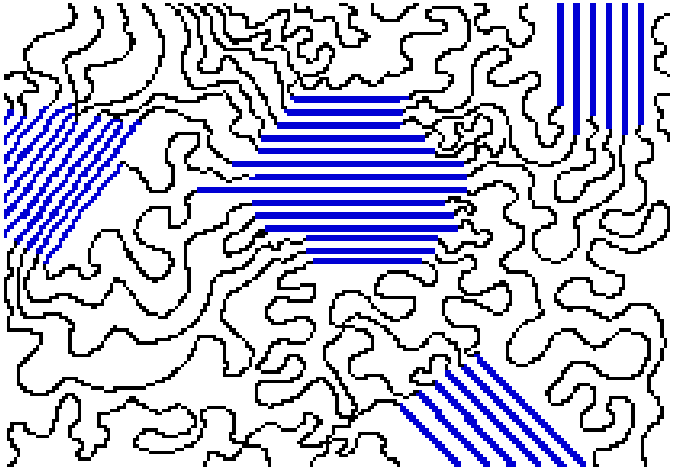
- ดีกรีของความเป็นผลึก (degree of crystallinity, 0-100) ของพอลิเมอร์ ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของโมเลกุล
- มีโอกาสพบสูง คือ semi-crystalline polymers และ amorphous polymers



โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

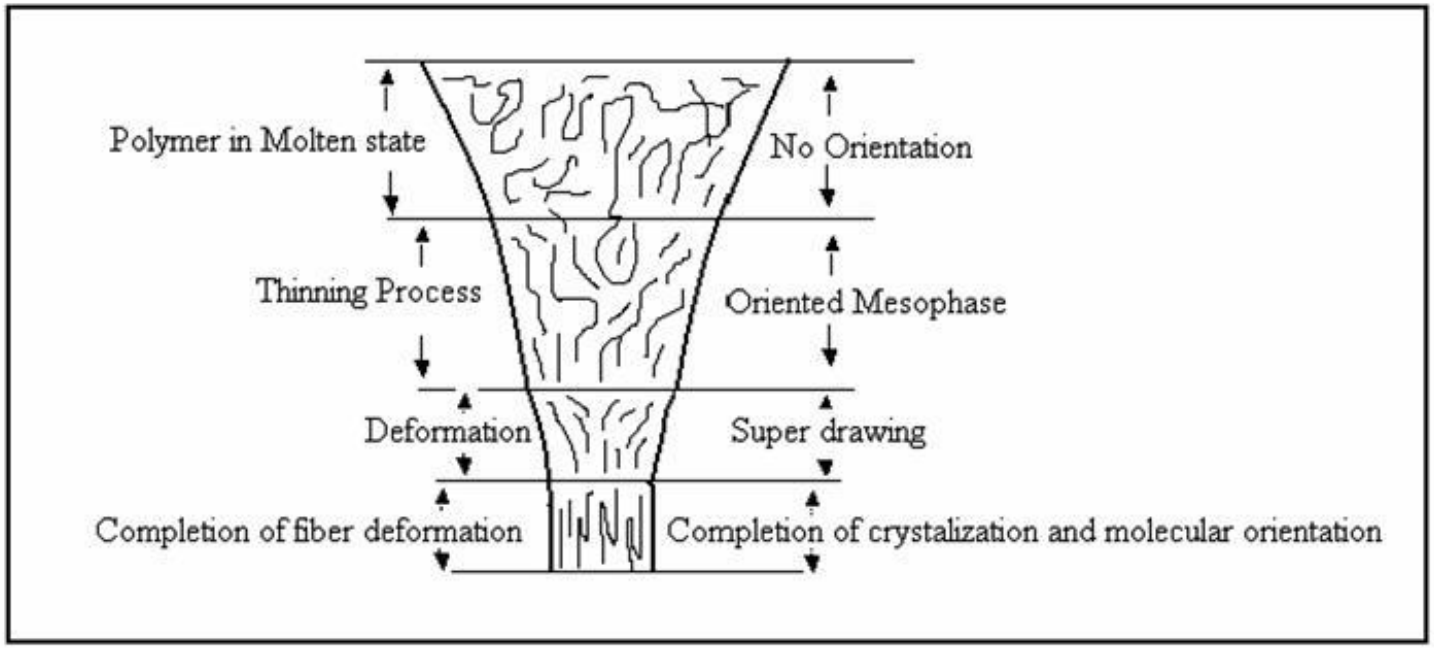
- ลักษณะการจัดเรียงตัวภายในเส้นใย โดยทั่วไป ประกอบด้วย 3 ลักษณะคือ
  1. บริเวณอสัณฐาน (Amorphous Regions) ส่วนที่โมเลกุลเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ
  2. บริเวณที่เป็นผลึก (Crystalline Regions) เป็นส่วนที่แข็งแรงของเส้นใย เนื่องจากโซ่โมเลกุลจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ





โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

3. การจัดเรียงตัวของส่วนที่เป็นระเบียบตามแนวแกนเส้นใย (Orientation) ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในด้านการทนแรงดึงตามแนวแกนเส้นใยได้



- โครงสร้างเส้นใย มีส่วนทั้งที่เป็นผลึกและส่วนอสัณฐานผสมผสานกัน แต่เนื่องจากเส้นใยแต่ละชนิดได้จากพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน และด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่เหมือนกัน เส้นใยแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างของโครงสร้างมากมาย

สมบัติของเส้นใย

(Fiber Properties)

สมบัติของเส้นใย (Fiber Properties)

สมบัติของเส้นใยถูกกำหนดโดย

- โครงสร้างทางกายภาพ
- องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี
- การจัดเรียงตัวของโมเลกุล

สมบัติของผลิตภัณฑ์สิ่งทอ

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความยาวเส้นใย (Fiber Length)

- เส้นใยสิ่งทอควรมีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางสูง (อย่างน้อย 100 เท่า)
- เส้นใยสั้น (staple fiber) = หมายถึง เส้นใยที่มีขนาดความยาวสั้นๆ วัดด้วยหน่วยเป็น เซนติเมตร มิลลิเมตร นิ้ว หรือสัดส่วนของนิ้ว ไปจนถึงเป็นฟุต
- เส้นใยยาว (filament) เส้นใยที่มีความยาวมากๆ วัดในหน่วย เมตร กิโลเมตร หรือหลา

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความละเอียดเส้นใย (Fiber Fineness)

- ใช้วิธีวัดน้ำหนักของเส้นใยต่อความยาวที่กำหนด → การวัดความหนาแน่นเชิงเส้น (Linear density)

เทกซ์ (tex) น้ำหนักเป็นกรัมของเส้นใยที่ยาว 1 กิโลเมตร (g/km)

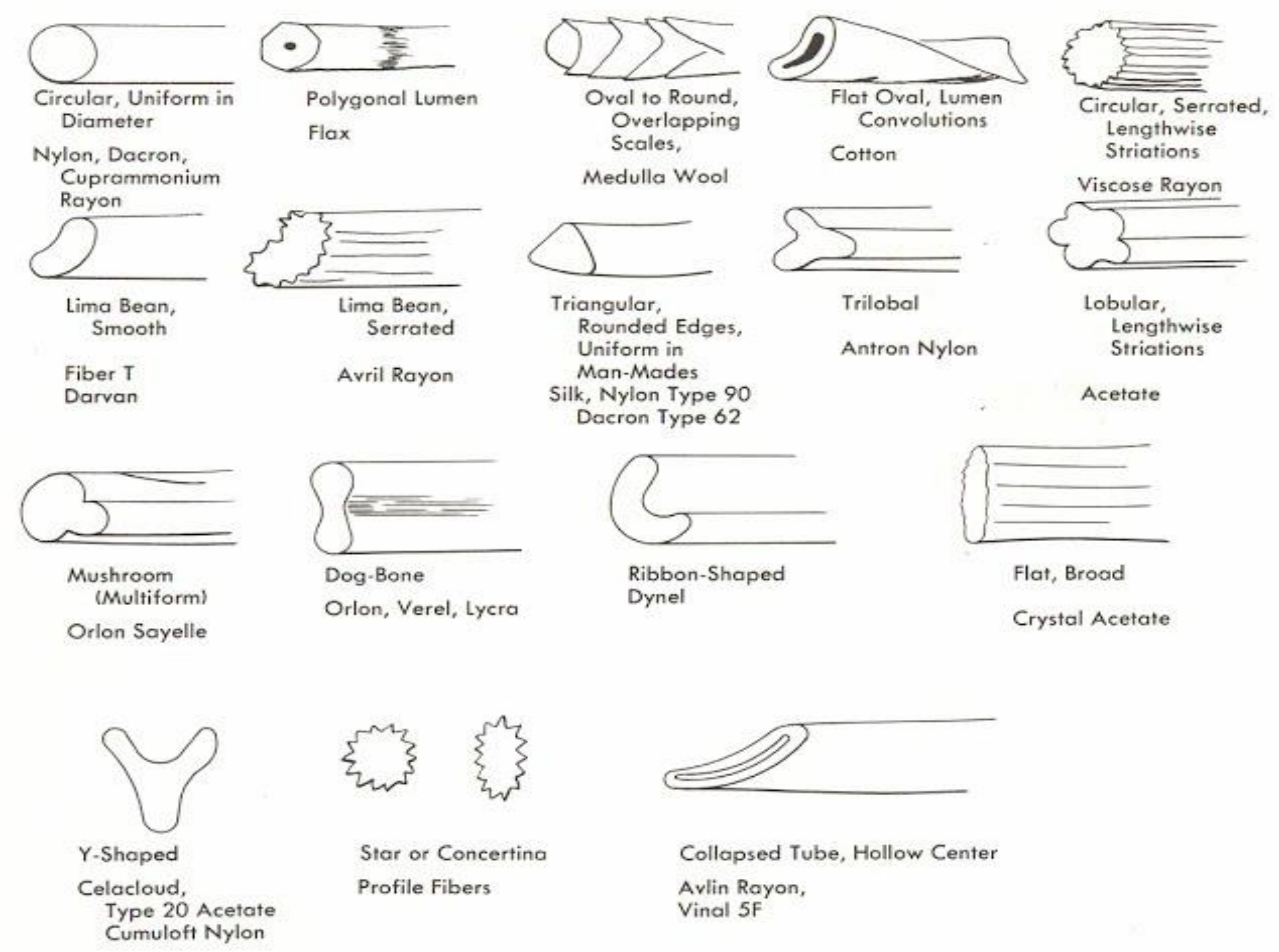
ดีเนียร์ (denier) น้ำหนักเป็นกรัมของเส้นใยที่ยาว 9000 เมตร (g/9000m)

“Denier per filament (dpf)” ค่าที่วัดความละเอียดของเส้นใยที่อยู่ในเส้นด้าย ซึ่งมีจำนว

- เป็นระบบตรง (direct system) ที่ใช้บอกเป็นเบอร์ด้าย (yarn number)
- ระบบเบอร์ด้ายที่มีความยาวคงที่ แต่น้ำหนักเปลี่ยนไปตามเบอร์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ในระบบนี้เบอร์ด้ายยิ่งสูงเส้นยิ่งใหญ่ ถ้าเบอร์ต่ำเส้นจะเล็ก

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

รูปทรงภาคตัดขวางของเส้นใย (Cross-Sectional Shape)



รูปทรงภาคตัดขวางและสภาพผิวของเส้นใยมีผลต่อ

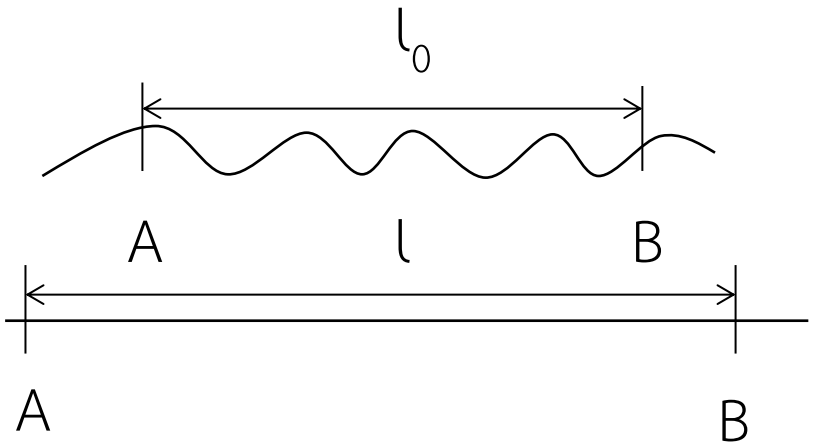
- ความมัน ความเงา
- ความฟู
- ผิวสัมผัส

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความหยิกบนเส้นใย (Fiber Crimp)

- ช่วยให้เส้นใยมีการเกาะกันเหนียวแน่นเมื่อปั่นเป็นเส้นด้าย
- ช่วยให้มีความสามารถในการคืนตัวสูง
- ทนทานต่อการขูดขีด
- เบา และอบอุ่น
- เพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำ ก่อให้เกิดความสบายเมื่อสัมผัสผิว
- แต่จะทำให้ความมันลดลง

Crimp ratio = $\frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$



สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber Strength)

- เรียกว่า tenacity หรือความทนแรงดึง ณ จุดขาด
- หาได้จากการวัดแรงดึงที่คงที่ (มีหน่วยเป็นกรัม) ที่ทำให้เส้นใย 1 เทกซ์ หรือ 1 ดีเนียร์ ขาดออกขาดออกจากกัน
- มีหน่วยเป็นกรัมต่อดีเนียร์ (g/denier) หรือ กรัมต่อเทกซ์ (g/tex)

เส้นใยสิ่งทอส่วนใหญ่จะต้องมีความเหนียวอย่างต่ำราว 2.5 g/denier

ควรพิจารณาสมบัติอื่นที่มีผลทำให้เกิดความแข็งแรงด้วย เช่น สมบัติที่เส้นใยมีการยืดตัวได้ดี (high elongation) หรือระยะยืดออก ณ จุดขาด เป็นการบอกถึงความสามารถที่จะถูกยืดดึงออกก่อนขาด มีความหมายเป็นอย่างมากต่อการใช้งานในสภาพที่สนใจต่อการยืดดึง เช่น การผลิตเสื้อยืด

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย (Spinnability)

- เส้นใยที่เหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอต้องมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ดี
- เส้นใยที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้นั้นเนื่องจากเส้นใยมีการยึดเกาะกันได้ (cohesiveness) เพราะผิวนอกของเส้นใยไม่เรียบ อาจมีร่อง มีเกล็ด หรือเส้นใยมีเส้นไม่กลม บิดตัวเป็นเกลียว เส้นใยจะเข้าเกลียวกันไม่คลายตัวออก ทำให้ได้เส้นด้ายที่มีคุณภาพดี
- เช่น การบิดของเกลียวฝ้าย การบิดของเส้นใยขนสัตว์ และการหยิกงอที่สร้างขึ้นบนเส้นใยประดิษฐ์

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความสม่ำเสมอ (Uniformity)

- เส้นใยชนิดหนึ่ง ๆ ควรมีความคล้ายคลึงหรือคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความยาว ขนาด ความกว้าง หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง การบิดตัวหรือโค้งงอใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้การนำเส้นใยไปผลิตในขั้นตอนอื่น ๆ ทำได้ง่ายและมีคุณภาพดี
- เส้นใยประดิษฐ์จะมีความสม่ำเสมอมากกว่าเส้นใยธรรมชาติ เพราะสามารถควบคุมกระบวนการผลิตเส้นใยได้แน่นอน ทั้งขนาดของพื้นที่หน้าตัด รูปทรงตลอดจนความยาว

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความสามารถในการดัดงอ (Flexibility)

- เส้นใยที่นำไปผลิตเป็นผ้าจะต้องบิดตัวหรือโค้งงอได้ โดยไม่หักหรือขาด และเมื่อปล่อยแรงบิดหรือโค้งงอแล้วจะคืนกลับสู่สภาพเดิมได้ดี
- สมบัติของเส้นใยข้อนี้ส่งผลโดยตรงต่อความทนทานของเสื้อผ้า และเป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไปได้ของเสื้อผ้าในเรื่องต่อไปนี้ คือ
  - ✓ การทำจีบถาวร การทำให้พับ หรือจับจีบได้ดี
  - ✓ การทิ้งตัว การพลิ้วไหวของเสื้อผ้าไปกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความหนาแน่น (Density)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

หน่วย g/cm^3 หรือ lb/ft^3

- เส้นใยทุกชนิดมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ ยกเว้นเส้นใยประดิษฐ์ในกลุ่มที่เป็นโอเลฟินส์ (PE, PP)
- เส้นใยความหนาแน่นต่ำ จะมีความสามรถในการคืนกลับตัวที่ดี เนื่องจากมีจำนวนของเส้นใยต่อน้ำหนัก สูงกว่า จึงช่วยเสริมแรงให้เกิดแรงในการคืนตัวกลับที่มากกว่า
- ความหนาแน่น มีผลต่อน้ำหนักของผ้า
  - เส้นใยความหนาแน่นต่ำ ได้ผ้าที่เบา

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความมัน (Luster)

- ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกจากผิวของเส้นใยสู่สายตาของผู้มอง อาจวัดได้จากระดับของความสว่าง หรือความทึบ
- ใยธรรมชาติที่มีความมันสูง = ไหม, โมแฮร์
- ใยธรรมชาติที่มีความมันต่ำ = ฝ้าย, ขนสัตว์
- ใยประดิษฐ์ ควบคุมความมันได้ โดย
  - ควบคุมปริมาณสีสีผสมลงไป
  - ควบคุมขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย
  - เติมสารลดความมัน (delustering agent) เช่น TiO_2

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความสามารถในการดูดซึมความชื้น (Moisture Regain)

- "Hygroscopic" = the ability of a substance to attract and hold water molecule from the surrounding environment
- Fiber = Hygroscopic material วัสดุที่สามารถดูดซึมความชื้นจากอากาศได้ดี

Moisture regain → % ความชื้นที่เส้นใยดูดไว้เทียบกับน้ำหนักเส้นใยขณะแห้ง ณ สภาวะมาตรฐาน (ความชื้นสัมพัทธ์ 65%, อุณหภูมิ 70± 2°F)

Moisture absorption → % ความชื้นที่เส้นใยดูดไว้เทียบกับน้ำหนักเส้นใยขณะแห้ง เมื่อไม่ได้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความสามารถในการดูดซึมความชื้น (Moisture Regain) (ต่อ)

ชนิดเส้นใย	%การดูดความชื้นได้ที่สภาวะมาตรฐาน
ไหม	11.0
ขนแกะ	1.36-16
ฝ้าย	8.5
ลินิน	12.0

ชนิดเส้นใย	%การดูดความชื้นได้ที่สภาวะมาตรฐาน
อะซิเตท	6.5
อะคริลิก	1.0-2.5
อะรามิด	4.5
ไนลอน	3.5-5.0
โอเลฟิน	0-0.1
พอลิเอสเทอร์	0.4
เรยอน	10.7-16.0

- ความสามารถในการดูดซึมความชื้น มีผลต่อ
  - ✓ ความสบายต่อผิวสัมผัส
  - ✓ การสะสมของไฟฟ้าสถิต
  - ✓ การรักษาขนาดในน้ำ
  - ✓ ความสามารถในการย้อมสี

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

สภาพยืดหยุ่น (Elasticity)

Elasticity → สมบัติที่เส้นใยสามารถยืดตัวออกเมื่อถูกแรงดึง และหดตัวกลับเมื่อเอาแรงออก

Elastic Recovery →

- การคืนตัวจากแรงยืด คิดได้จากความยาวที่หดกลับ เทียบเป็นร้อยละของความยาวที่ยืดออก
- โดยความยาวที่ยืดออกนี้มีค่าระหว่าง 2-10%
- เส้นใยที่หดตัวกลับเท่ากับส่วนที่ยืดออกถือว่าการคืนตัวจากแรงยืดเป็น 100%

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

การยืดตัว (Elongation)

- เป็นระยะของการยืดออกในทิศทางที่ได้รับแรงดึง
- เส้นใยจะยืดออกเมื่อถูกดึงออกจนถึงจุดที่เส้นใยทนแรงดึงนั้นไม่ได้อีกต่อไป เส้นใยก็จะขาดออก
- ระยะที่ยืดออกนี้อาจวัด ณ แรงกระทำใดที่ต้องการ หรือวัด ณ จุดขาด ก็ได้
- การยืดตัวของเส้นใย มักเขียนในรูป ร้อยละที่ยืดออก (%Elongation)

$$\%\ \text{Elongation} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

- Elongation, Elasticity
  - ✓ ผ้ายืดสำหรับชุดกีฬา
  - ✓ ชุดชั้นใน
  - ✓ ถุงน่อง

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

การคืนตัวจากแรงอัด และความสามารถในการรับแรงอัด

(Resiliency and Compressibility)

Compressibility

- ความสามารถในการรับแรงอัด
- เส้นใยที่มีความอ่อนนุ่มมาก จะรับแรงอัดได้ดี

Resiliency

- เป็นการคืนตัวสู่สภาพเดิม ภายหลังจากที่ได้รับแรงอัด บิดทับ หรือโค้งงอแล้ว
- เส้นใยที่ยืดหยุ่นดี จะมีความคืนตัวที่ดี
- ผ้าที่ทำจากเส้นใยที่มีความคืนตัวดี จะไม่ยับง่าย

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความทนทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance)

- เป็นความสามารถของเส้นใยที่ทนต่อการขัดสี หรือขัดถูในการใช้งาน
- การใช้งานที่ต้องการความทนต่อการขัดถู เช่น ผ้าบุเก้าอี้ ผ้าทำกระเป๋า กางเกง ขอบหมวก ผ้าบุชั้นในกระเป๋า รองเท้าผ้า

การนำไฟฟ้า การนำความร้อน (Electrical and Thermal Conductivity)

- เป็นความสามารถของเส้นใยในการส่งผ่านประจุไฟฟ้า เนื่องจากเส้นใยมีหมู่ที่มีขั้วในโครงสร้าง
- เส้นใยที่นำไฟฟ้าต่ำจะสะสมประจุไฟฟ้าสถิต ทำให้สวมใส่ไม่สบาย

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความทนทานต่อความร้อน (Thermal Resistance)

- เส้นใยแต่ละชนิดทนต่อความร้อนได้แตกต่างกัน
  - ✓ เซลลูโลสติดไฟง่ายและลุกได้รวดเร็ว
  - ✓ ขนสัตว์ ไหม เมื่อติดไฟจะดับได้ด้วยตัวเอง
  - ✓ ใยแก้วและใยหินจะไม่ติดไฟ
  - ✓ ใยธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนสูงจะเหลืองเกรียม ลุกไหม้
  - ✓ ใยสังเคราะห์เมื่อไดรับความร้อนสูงจะอ่อนตัว และเมื่อถึงจุดหลอมเหลวก็จะหลอมเหลวเป็นยางเหนียวคล้ายพลาสติก

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

ความทนทานต่อความร้อน (Thermal Resistance)

อุณหภูมิที่ใช้รีดผ้าที่ทาด้วยเส้นใยบางชนิด

เส้นใยธรรมชาติ	อุณหภูมิที่ใช้รีด	
	°F	°C
ฝ้าย	425	220
ลินิน	450	230
ไหม	300	150
ขนสัตว์	300	150

เส้นใยประดิษฐ์	อุณหภูมิที่ใช้รีด	
	°F	°C
เรยอน	375	190
ไนลอน 66	350	180
พอลิเอสเทอร์	325	160
อะซิเตท	325	160
สแปนเดกซ์	300	150
มอดาคริลิก	215	100

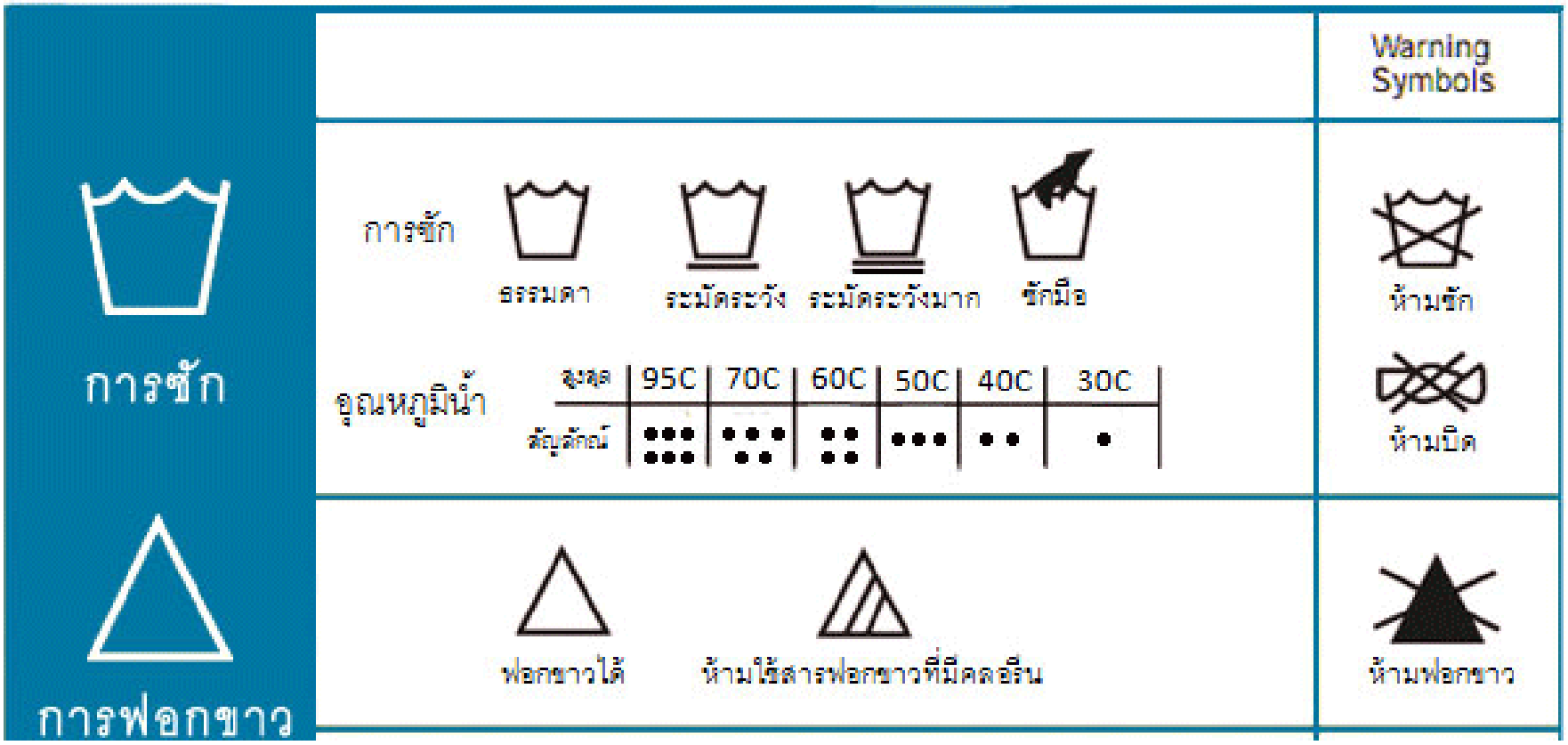
สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

- ความทนต่อกรด - ด่าง
- ความทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์
- ความทนต่อสารฟอกขาว
- ความทนต่อแสงแดด

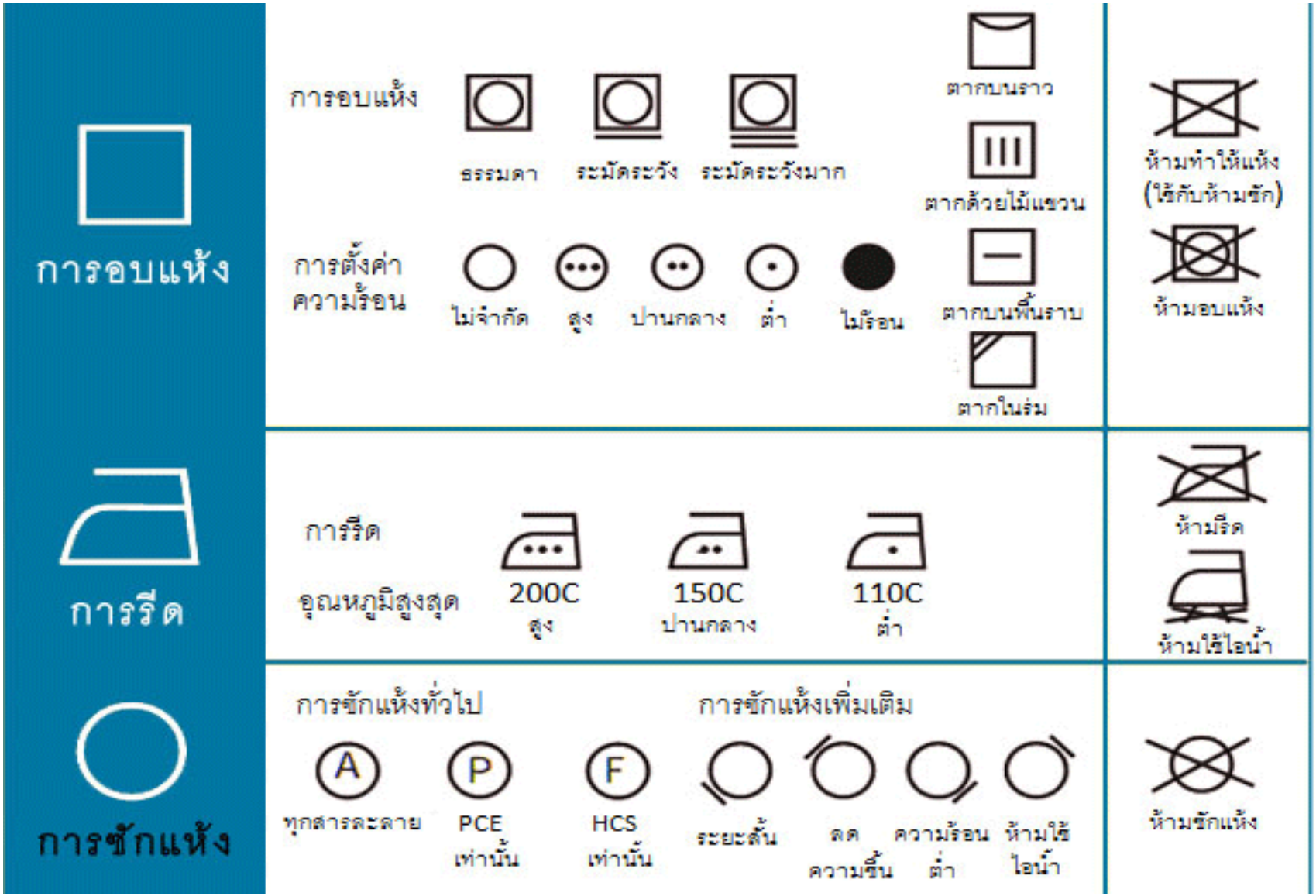
ส่งผลต่อ

- ✓ การเลือกใช้ชนิดของสีย้อม
- ✓ การเลือกใช้สารเคมีตกแต่งผ้า
- ✓ การใช้งาน
- ✓ การทำความสะอาดและการดูแลรักษา

สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)



สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)



สมบัติทางชีวภาพ (Biological Properties)

- สมบัติทางชีวภาพของเส้นใยจะแสดงออกและเปลี่ยนแปลง เมื่อเส้นใยสัมผัสหรือถูกกัดกินโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เห็ด รา แบคทีเรีย
- เส้นใยธรรมชาติมักจะไม่มีความต้านทานต่อเห็ด รา แบคทีเรียหรือแมลงเท่ากับเส้นใยสังเคราะห์

การวิเคราะห์เส้นใย

(Fiber Identification)

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

1. การตรวจสอบด้วยสายตาและการสัมผัส (Visual and Touch Inspection)
2. การทดสอบด้วยการเผา (Burning Test)
3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)
4. การทดสอบความสามารถในการละลาย (Solubility Test)
5. การทดสอบโดยการย้อมสี (Staining Test)
6. การทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย (Fiber Density Test)

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

1. การตรวจสอบด้วยสายตา และการสัมผัส (Visual and Touch Inspection)

เส้นใย	เย็น / อบอุ่น	ยืดหยุ่น / ไม่ยืดหยุ่น	เรียบ / ขรุขระ	อ่อนนุ่ม / กระด้าง	แห้ง / เหนอะหนะ	ยับ / ไม่ยับ
ฝ้าย	เย็น	ไม่ยืดหยุ่น	เรียบ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ยับ
ลินิน	เย็น	ไม่ยืดหยุ่น	เรียบ	กระด้าง	แห้ง	ยับ
ไหม	อบอุ่น	ไม่ยืดหยุ่น	เรียบ	กระด้าง	แห้ง	ยับ
ขนแกะ	อบอุ่น	ยืดหยุ่น	ขรุขระ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ไม่ยับ
อะคริลิก	เย็น	ยืดหยุ่น	เรียบ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ไม่ยับ
ไนลอน	เย็น	ยืดหยุ่น	เรียบ	อ่อนนุ่ม	เหนอะหนะ	ไม่ยับ
พอลิเอสเทอร์	เย็น	ยืดหยุ่น	เรียบ	อ่อนนุ่ม	เหนอะหนะ	ไม่ยับ

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

2. การทดสอบด้วยการเผา (Burning Test)

- สังเกตว่าเส้นใยติดไฟทันที หรือหดตัวออกจากเปลวไฟ
- สังเกตว่าลุกไหม้ต่อไปหรือค่อยๆ ดับเอง
- สังเกตว่าเส้นใยไหม้ไฟหรือไม่เมื่อติดไฟแล้วดึงออกจากเปลวไฟ
- ดมกลิ่นควัน โดยวิธีใช้มือโบกควันมาใกล้จมูกผู้ทดสอบ
- สังเกตสีและลักษณะของเถ้าขณะเย็นตัวลงแล้ว

http://www.youtube.com/watch?v=kb4tCcnA6jo#t=41

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

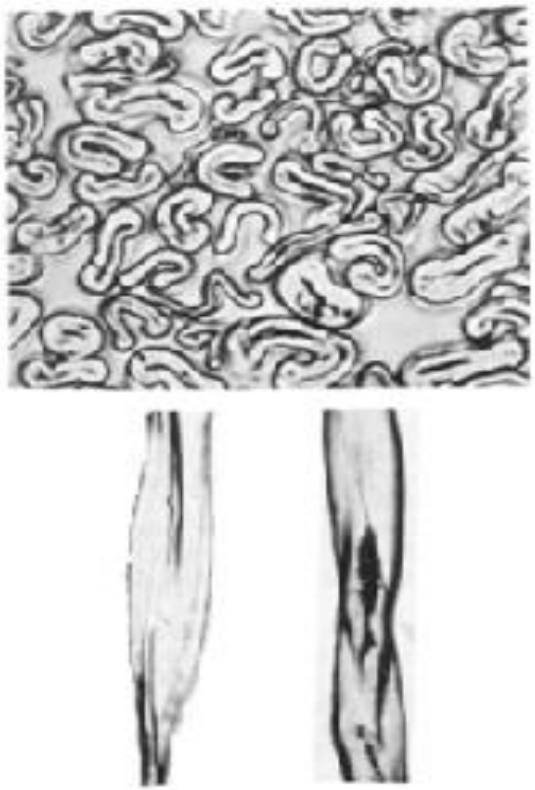


Fig.1 Cotton, not mercerized

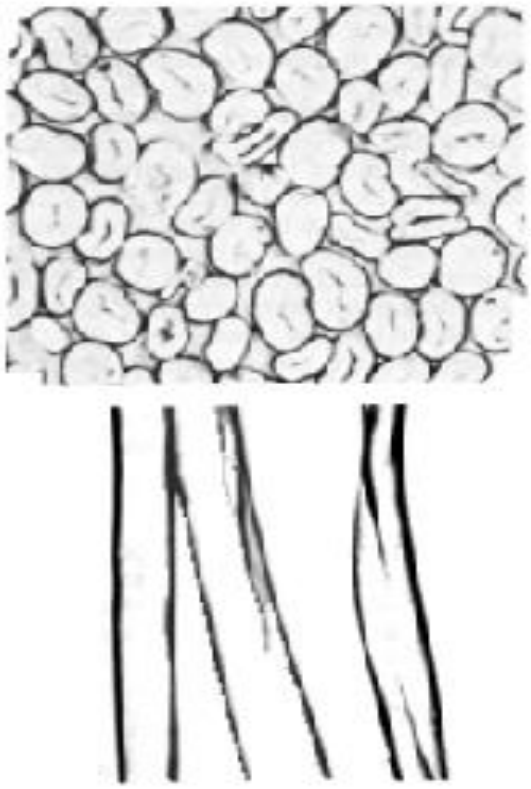


Fig. 2 Cotton, Mercerized

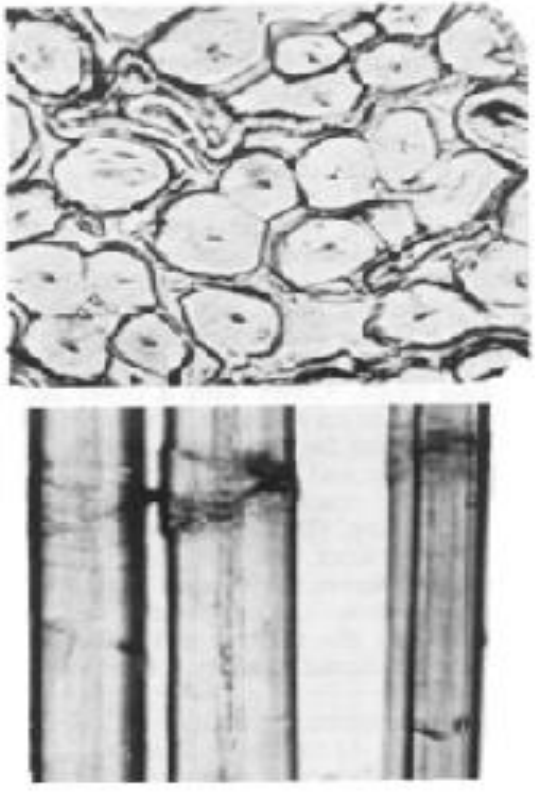


Fig. 3 Flax

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

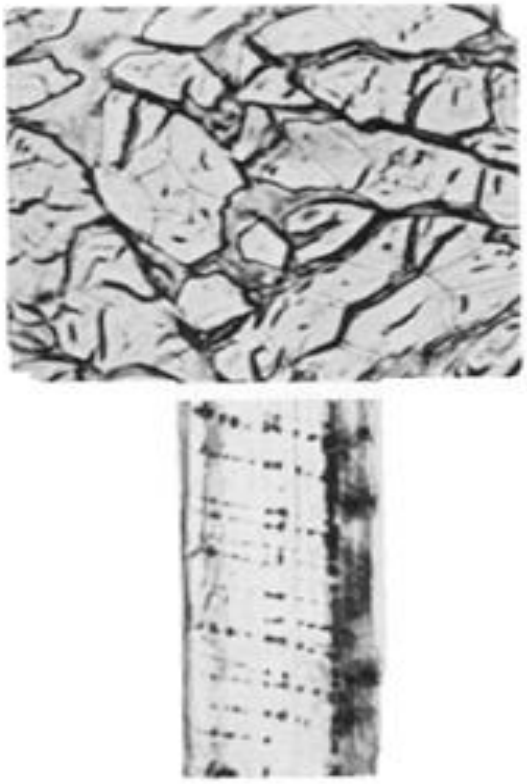


Fig. 4 Hemp

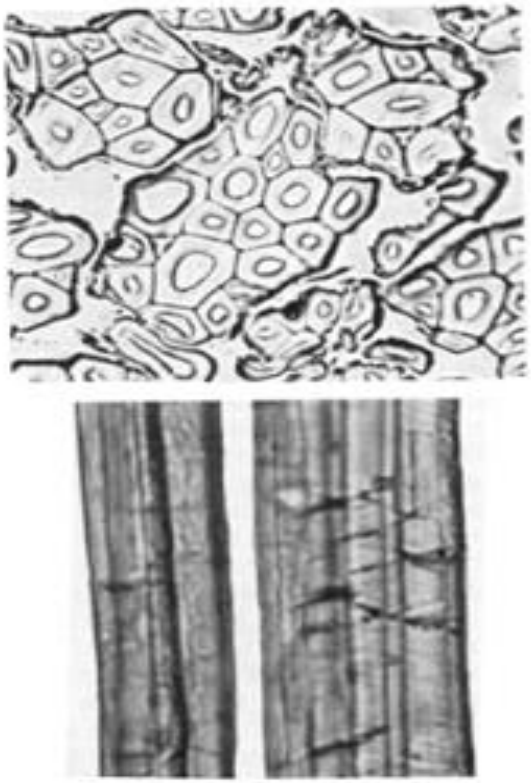


Fig. 5 Jute

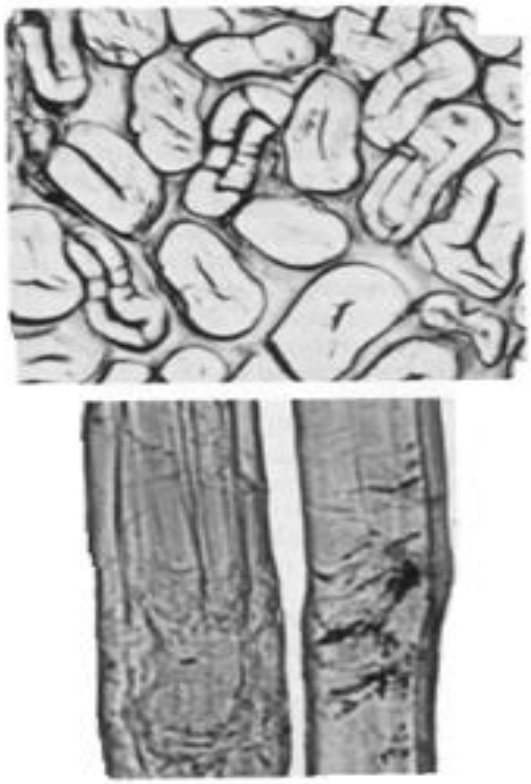


Fig. 6 Ramie

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

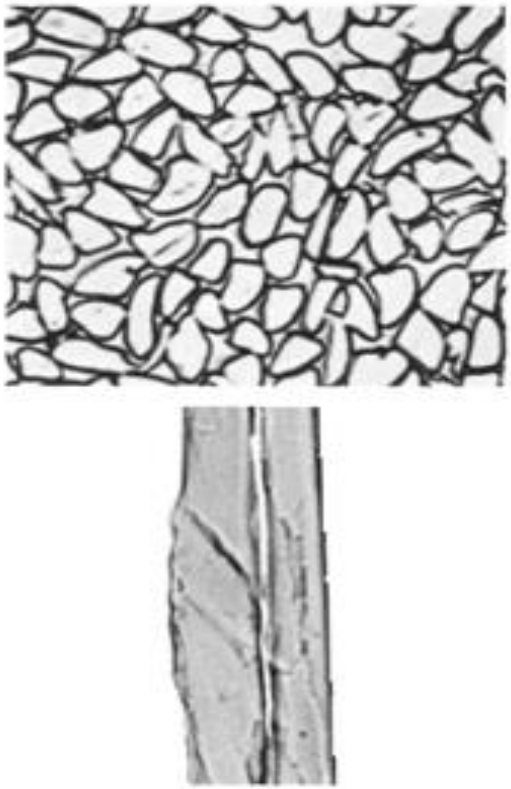


Fig. 7 Silk

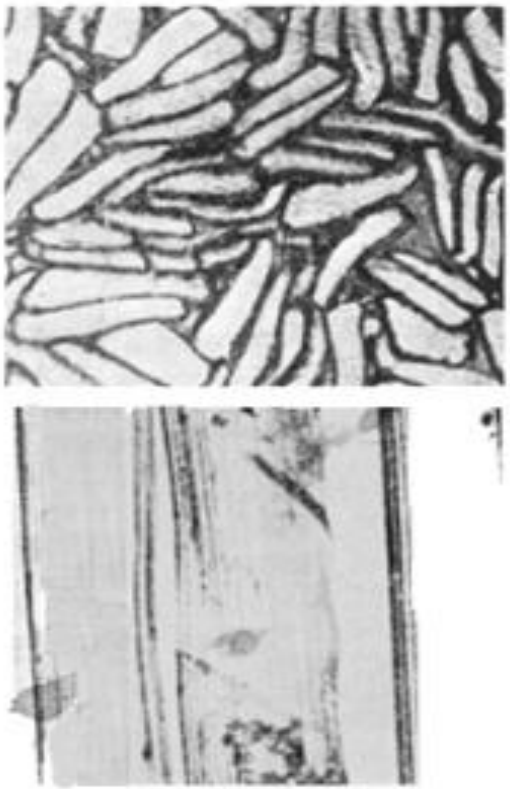


Fig. 8 Silk, Tussah

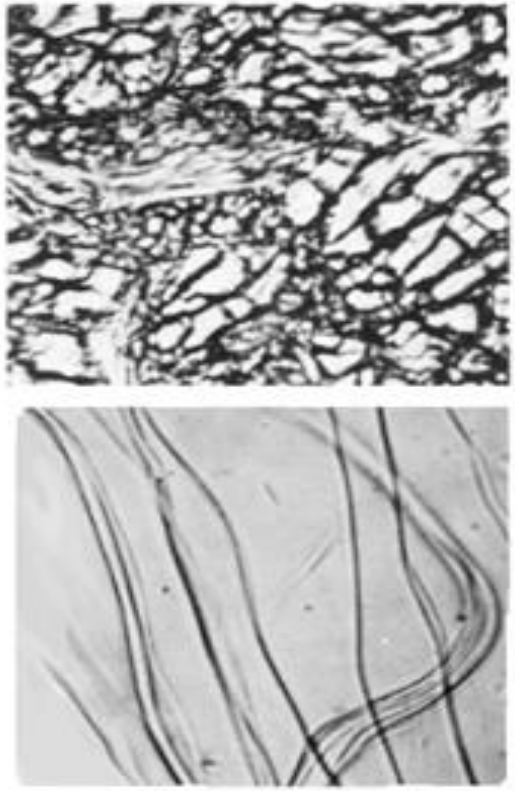


Fig. 9 Asbestos

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

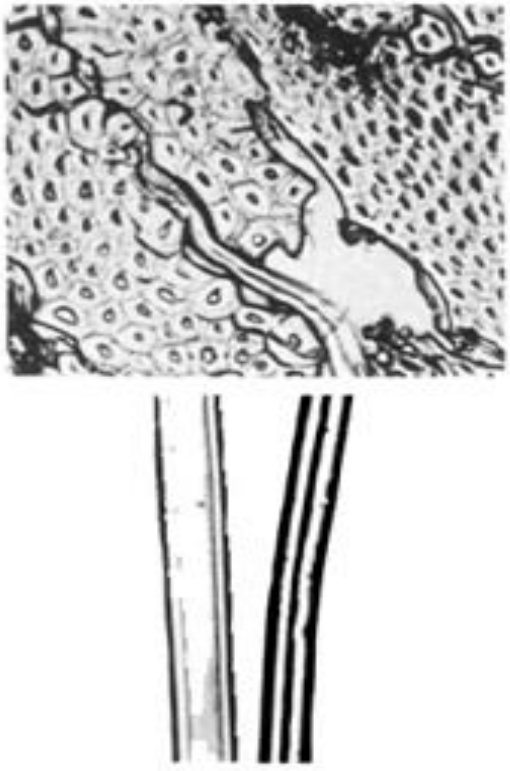


Fig. 10 Phormium

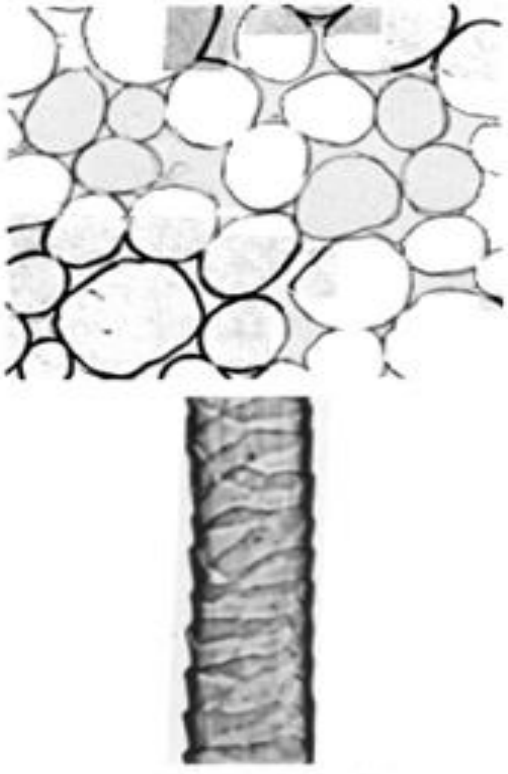


Fig. 11 Wool

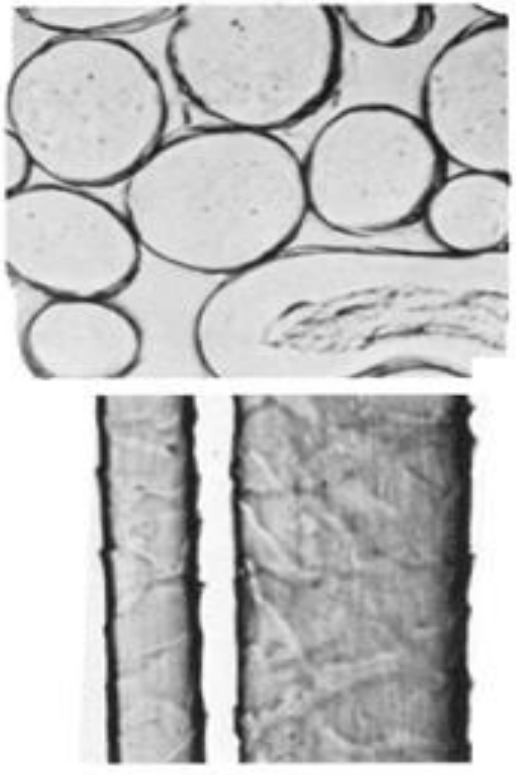


Fig 12. Mohair

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

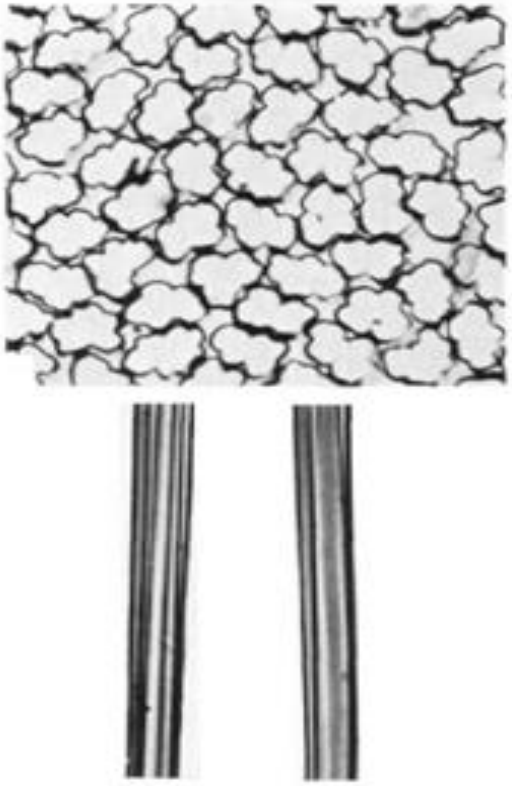


Fig. 13 Acetate, Secondary

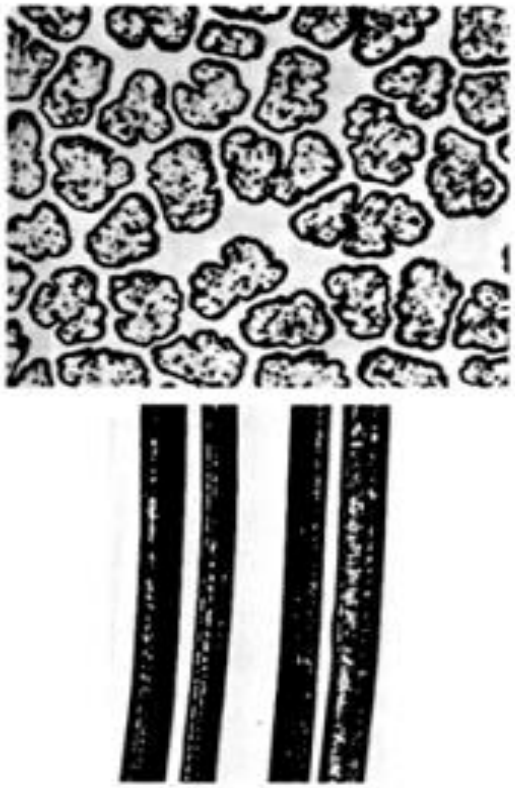


Fig. 14 Triacetate 2.5 Den, dull luster

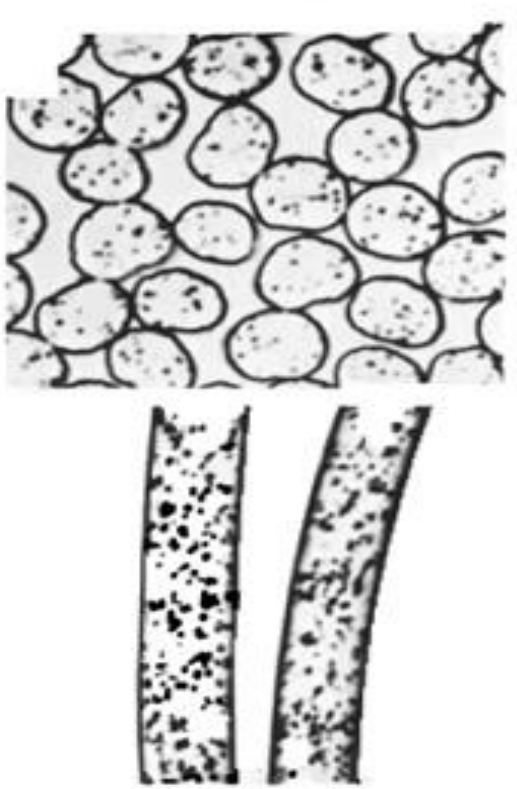


Fig. 15 Acrylic, Reg. wet spun, Semi dull

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

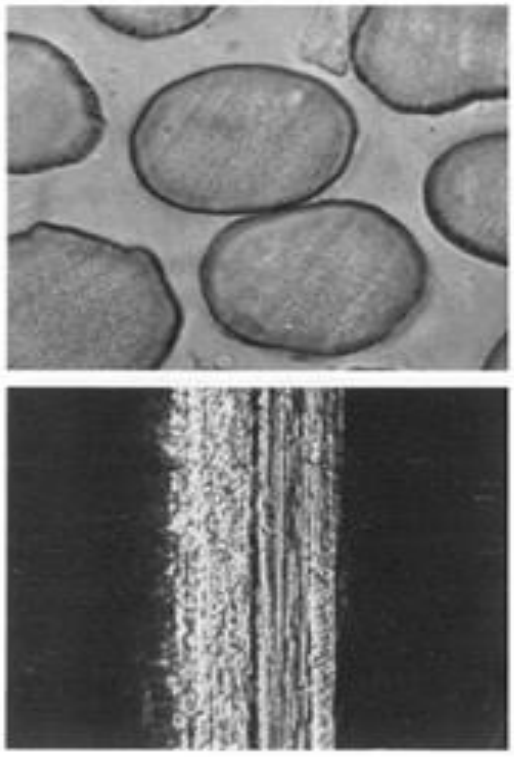


Fig. 16 Modacrylic

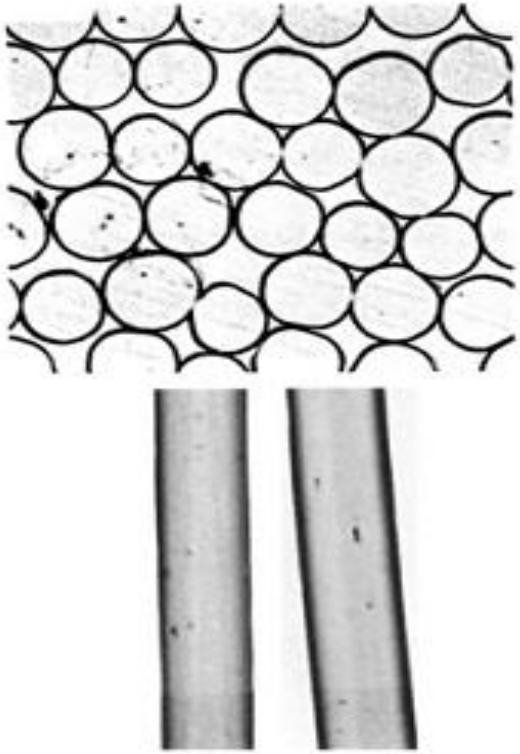


Fig. 17 Nylon, bright

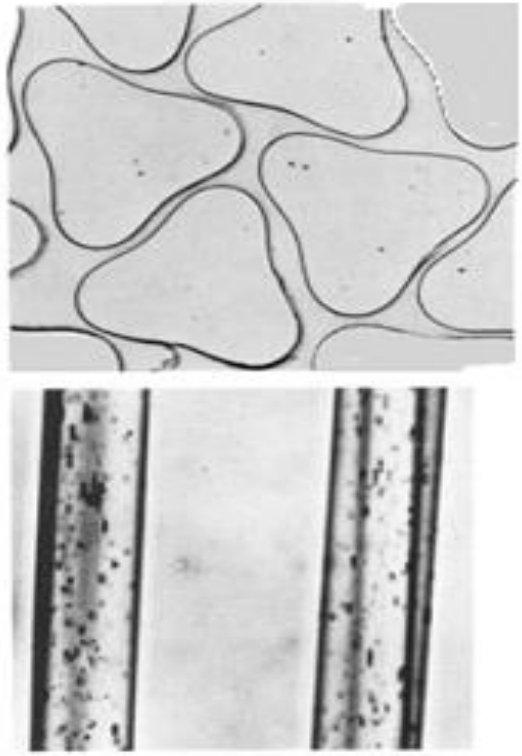


Fig. 18 Nylon, Low modification ratio, trilobal

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

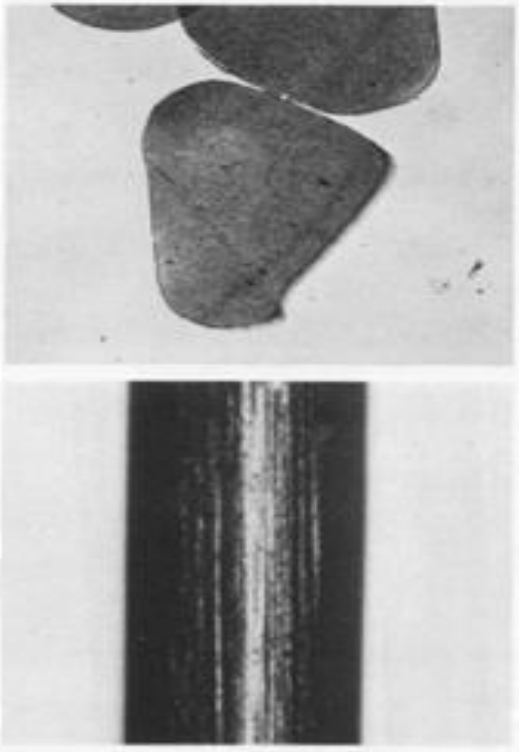


Fig. 19 Polyethylene, medium density

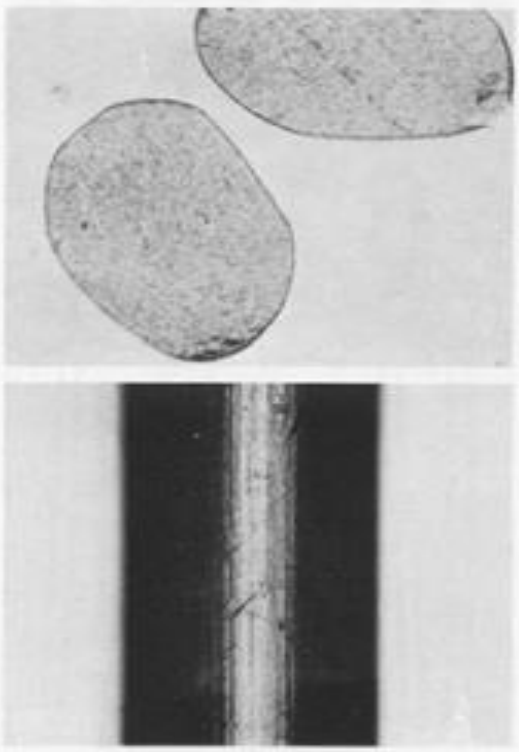


Fig. 20 Polyethylene, high density

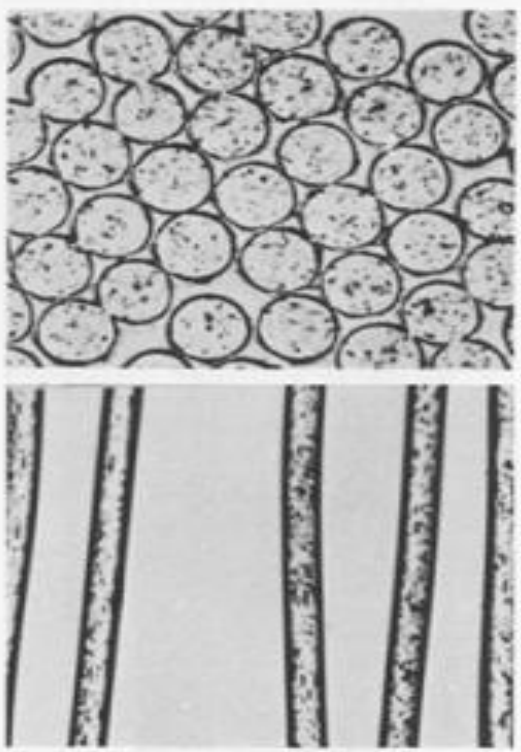


Fig. 21 Polyester, Regular melt spun, 3.0 denierper filament, semi dull

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

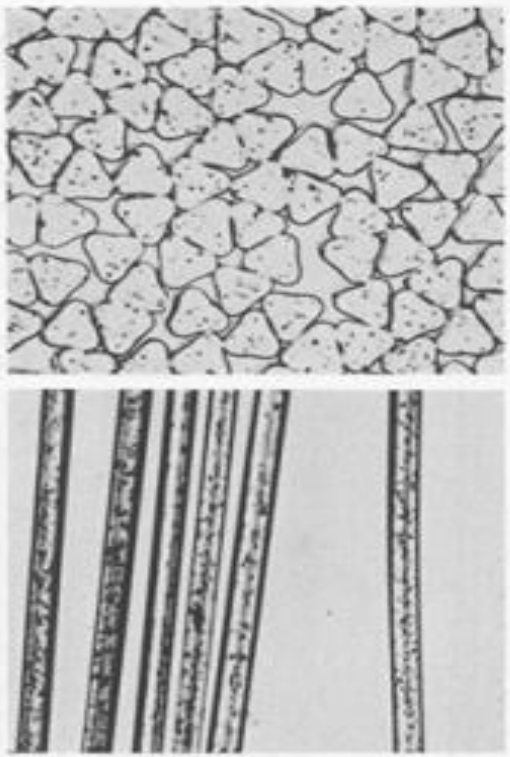


Fig. 22 Polyester, low modification ratio trilobal, 1.4 denier per filament, semi-dull luster

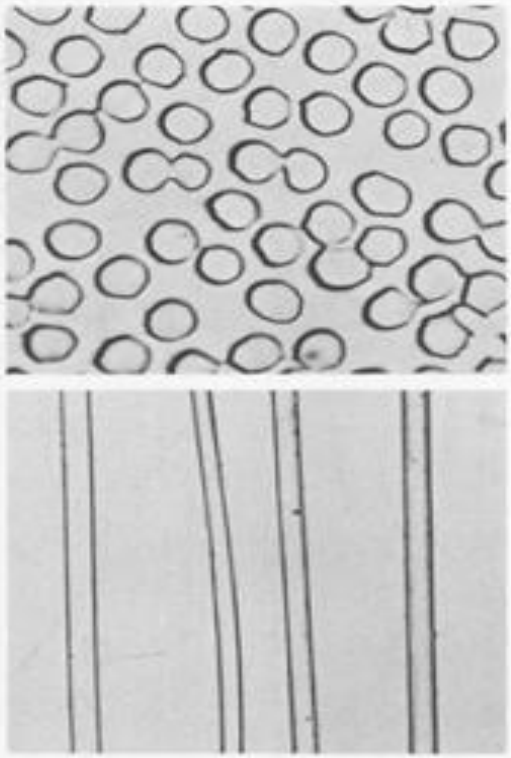


Fig 23 Rayon, cuprammonium 1.3 denier per filament, bright luster

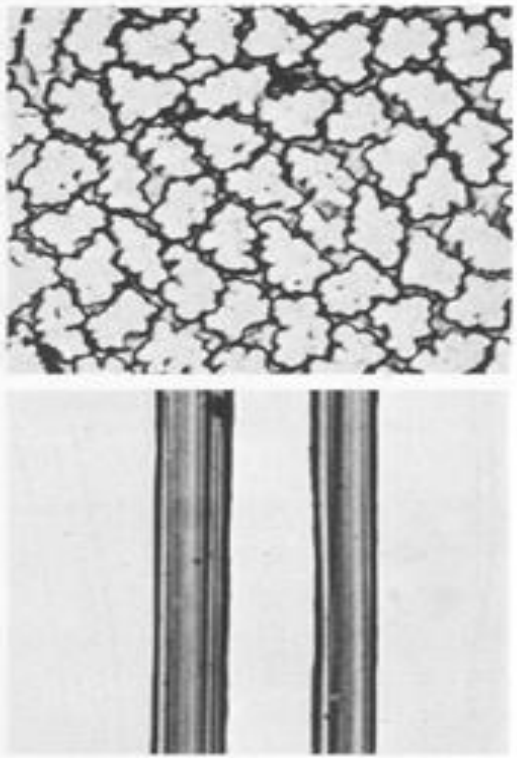


Fig. 24 Rayon, viscose, Regular tenacity

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

3. การทดสอบความสามารถในการละลาย (Solubility Test)

- สังเกตปฏิกิริยาของเส้นใยต่อ กรด ด่าง และสารเคมีเฉพาะอย่าง
- แช่ผ้าในสารละลาย (ตามลำดับ)
- สังเกตลักษณะการละลาย

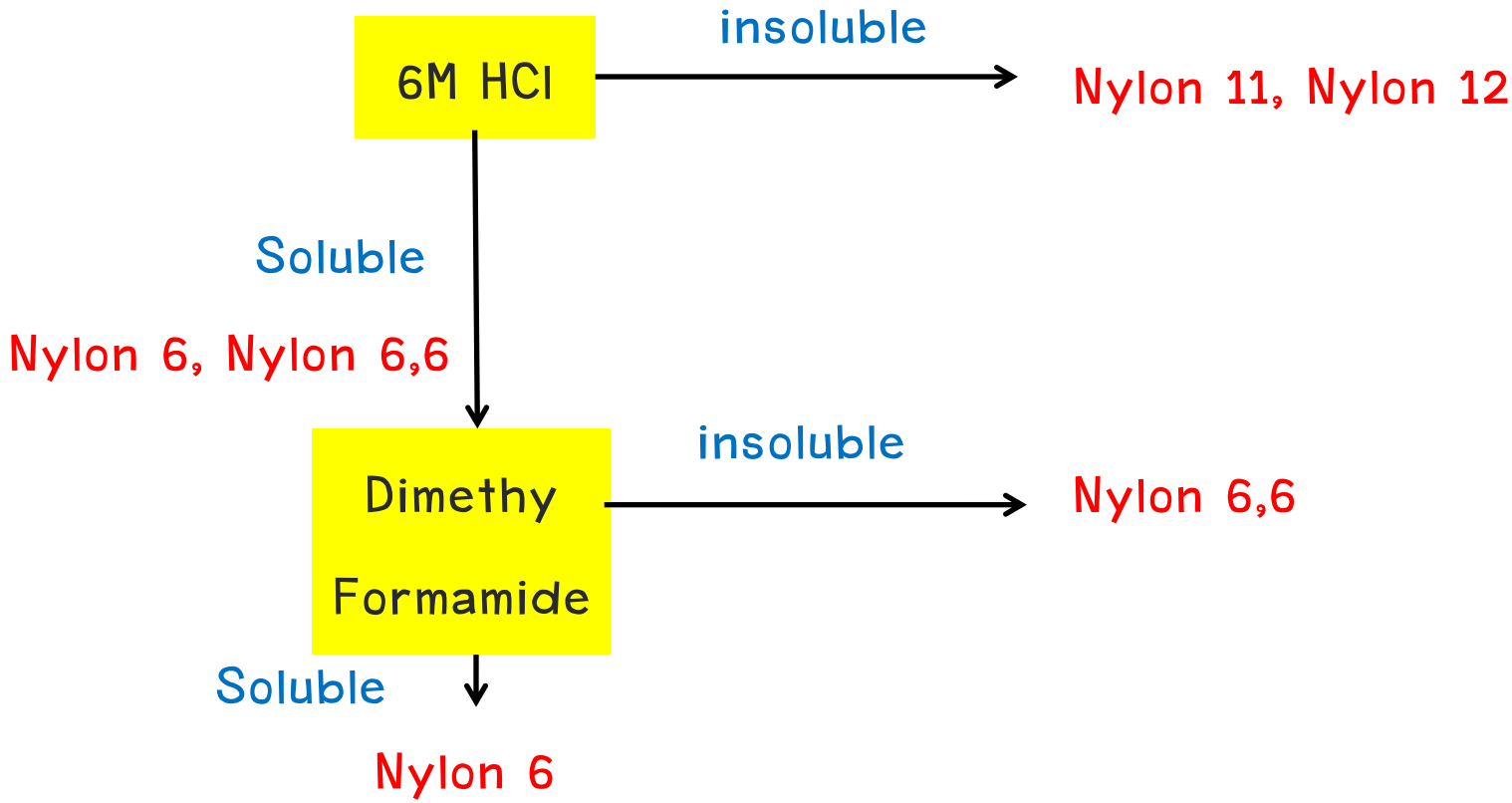
สารละลาย	เส้นใยที่จะถูกละลายออก
กรดอะซิติก 75 F	Acetate, Triacetate
กรด HCl (20% w, 75 F)	Nylon 6, Nylon 6,6
Sodium hypochlorite (5% Cl, 75 F)	Silk, Wool
Dioxane (212 F)	Saran
m-Xylene (bp)	Olefins

สารละลาย	เส้นใยที่จะถูกละลายออก
Ammonium Thiocyanate (70%w, bp)	Acrylic
Butyrolactone (70 F)	Modacrylic
DMF (200 F)	Spandex
Sulfuric acid (75%w, 70 F)	Cotton, Linen, Rayon, Nylon
m-Cresol (200 F)	Polyester, Nylon, Acetate

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

4. การทดสอบความสามารถในการละลาย (Solubility Test)

** Nylon Solubility Test



การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

5. การทดสอบโดยการย้อมสี (Staining Test)

- ทดสอบด้วยชุดสีย้อมทดสอบ แล้วเทียบกับมาตรฐานสี
- ใช้ได้กับเส้นใยสีขาวหรือสีอ่อนเท่านั้น
- หลักการ ⇨ ทำเส้นใยให้เปียกด้วยน้ำร้อน แล้วย้อมสีเส้นใยตัวอย่างโดยจุ่มลงในสีย้อม นำตัวอย่างขึ้นและล้างออกด้วยน้ำเปล่า ปล่อยให้แห้งและนำไปประเมิน

การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

6. การทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย (Fiber Density Test)

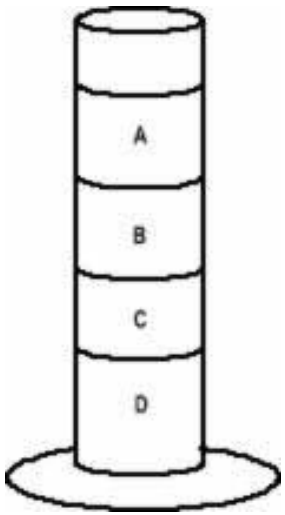
- Gradient column
- Sink & Float Method
  - เตรียมสารละลายผสมของตัวทำละลาย 2 ชนิดที่ทราบ ρ ในอัตราส่วนต่างๆ เช่น CCl_4/Xylene, Toluene/Tetrachloroethylene
  - ใส่ Fiber Bundle ลงไปเพื่อสังเกตการลอยตัว

$$\rho_m = \frac{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2}{v_1 + v_2}$$

$\rho_f > \rho_m$ ➡ sink

$\rho_f < \rho_m$ ➡ float

$\rho_f = \rho_m$ ➡ suspend



บทที่ 3 การแบ่งชนิดเส้นใย

(Fibers Classification)

การแบ่งชนิดเส้นใย (Fiber Classification)

เส้นใย

เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fiber)

- Cellulose Fiber : cotton, flax, jute, ramie
- Protein Fiber : wool, silk, mohair
- Mineral Fiber : asbestos, glass fiber

เส้นใยประดิษฐ์

(Man-Made Fiber)

- Regenerated Fiber : rayon, acetate
- Synthetic Fiber : nylon, polyester. acrylic

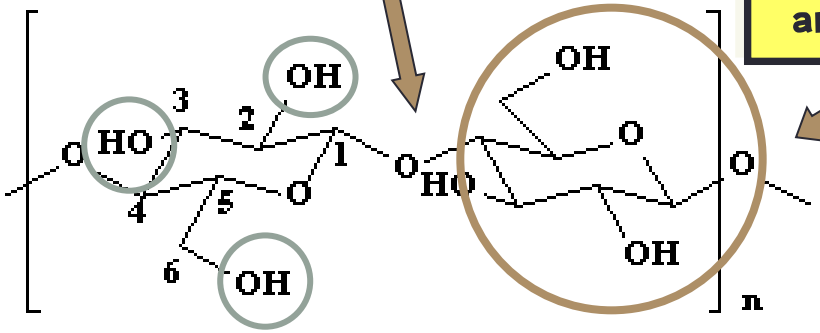
เส้นใยธรรมชาติจากพืช

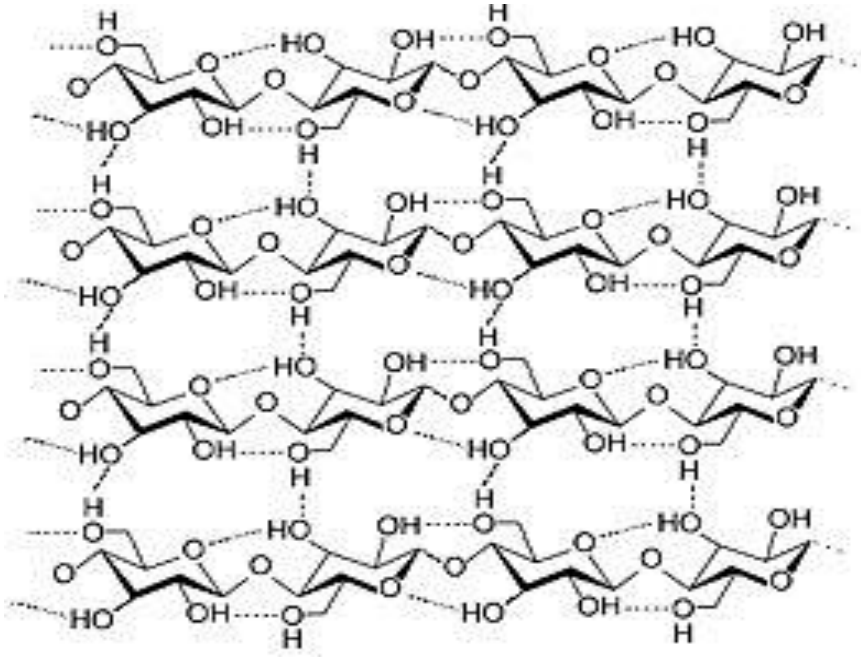
(Cellulose Fiber)

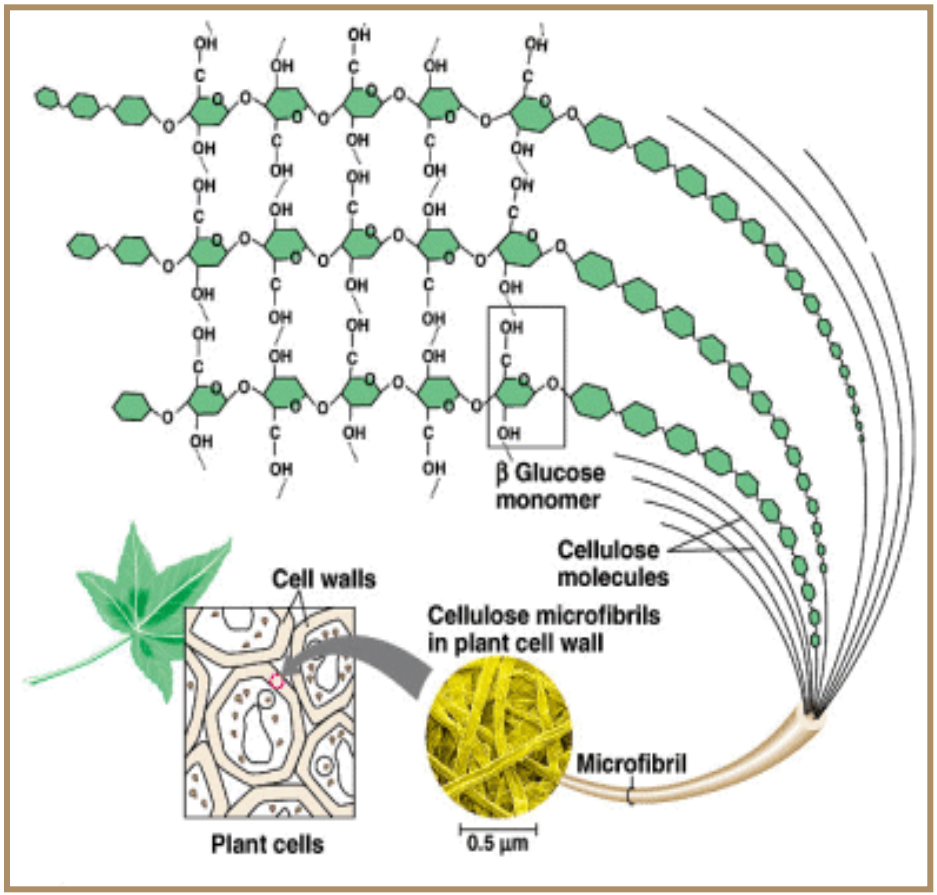
Cellulose fibers

β-1,4 glycosidic bond

anhydro-d-glucose unit $(C_6H_{10}O_5)_n$







Cellulose fibers

เส้นใยจากเมล็ด

- cotton
- kapok

เส้นใยจากลำต้น

- flax
- hemp
- ramie
- jute

เส้นใยจากใบ

- sisal
- pineapple leaf

เส้นใยจากผล

- coir

Cellulose fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☺ การดูดซึมความชื้นได้ดี	ใส่สบาย
☺ นำความร้อนได้ดี	ทำให้ผ้าเย็นสบายในหน้าร้อน
☺ ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง	ต้มผ้าในหม้ออบได้ เพื่อการทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรค รีดผ้าด้วยความร้อนสูงได้
☺ เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะเป็นด้าย	สามารถทอเป็นผ้าที่มีโครงสร้างแน่น ถี่ กันลมดี
☺ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี	ไม่สะสมประจุไฟฟ้า
☺ ความหนาแน่นสูง	ผ้าที่ทอขึ้นมีน้ำหนักดี
☺ ทนต่อแมลง	ง่ายต่อการเก็บรักษา

Cellulose fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☹ การคืนตัวจากแรงอัดต่ำ	ผ้ายับง่าย
☹ ถูกทำลายได้ด้วยกรดแร่ (mineral acid) แต่มีผลเล็กน้อยกับกรดอินทรีย์	รอยเปื้อนจากผลไม้จะต้องรีบกำจัดทันทีก่อนที่จะติดผ้านานจนซักไม่ออก
☹ ถูกทำลายด้วยรา	ผ้าสกปรกควรจะระวังอย่าให้ชื้น
☹ จุดติดไฟได้รวดเร็ว	เสื้อผ้าบางหรือทอแบบหลวมๆ ไม่ควรเข้าใกล้เปลวไฟ

ฝ้าย (Cotton)

Cellulose fibers

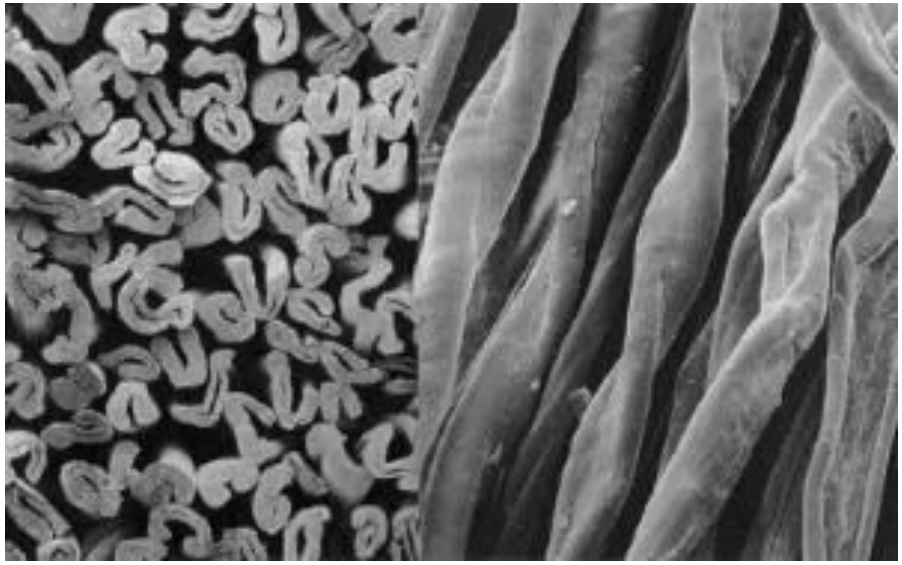
❖ เป็นเส้นใยจากเมล็ดที่มีการใช้งานมากที่สุด

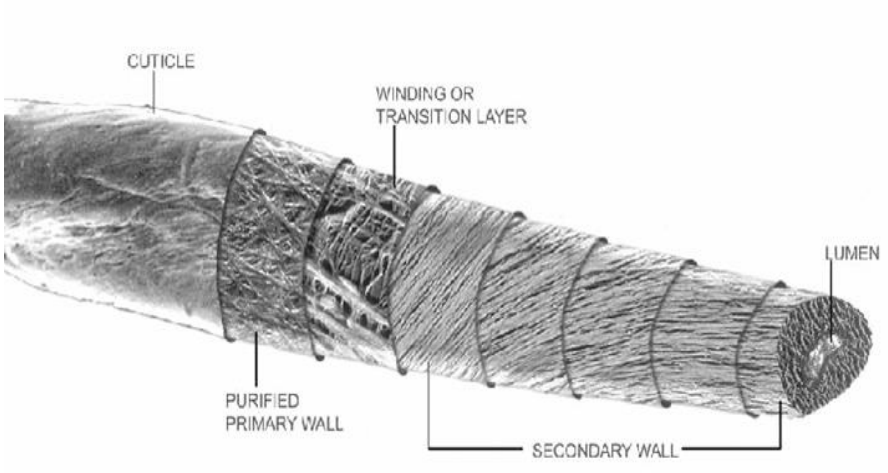
สมบัติทางกายภาพ

- เส้นใย: สั้น (Staple) ความยาว 0.3-6 cm
- สี: ขาว ครีม น้ำตาล
- ความมัน: น้อย
- ความแข็งแรง: ปานกลาง (tenacity = 3-5 g/deneir)
- การยืดตัว: ค่อนข้างดี
- การคืนตัวจากแรงอัด: ต่ำ ทำให้ผ้ายับง่าย
- การดูดความชื้น: ค่อนข้างดี (7-10%)
- การทนต่อความร้อน: สูง (204-218 $^{\circ}$C)
- การติดไฟ: ติดไฟและเผาไม้รวดเร็ว

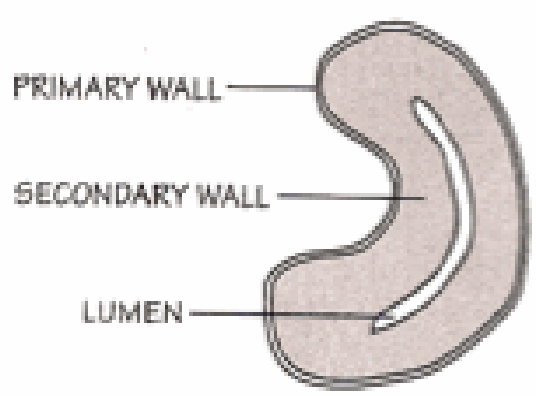
ฝ้าย (Cotton)

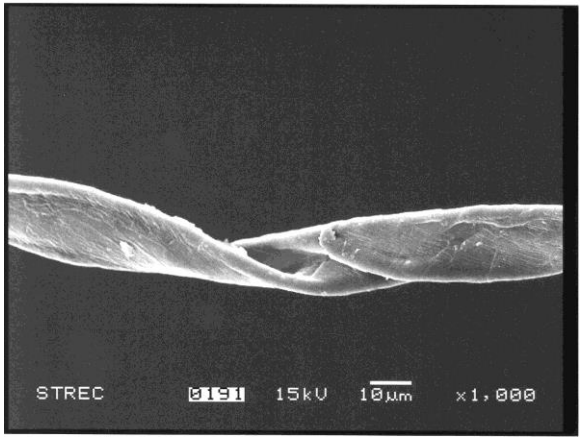
Cellulose fibers





Cuticle





ฝ้าย (Cotton)

Cellulose fibers

สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนสารฟอกขาว, ทนต่อด่างและสารละลายอินทรีย์ ไม่ทนกรด
- แสงแดด: ทนได้ดี แต่เกิดการออกซิเดชั่นเปลี่ยนสี เสื่อมสภาพ เมื่อทิ้งไว้นาน
- ราและแมลง: ไม่ค่อยทน

การใช้ประโยชน์

- เสื้อผ้าทั่วไป ผ้ายีนส์ ผ้าทำปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง
- งานตกแต่งและของใช้ในบ้าน: ผ้าม่าน ผ้าปูโต๊ะ ผ้าเช็ดปาก เบาะ ผ้าเช็ดตัว

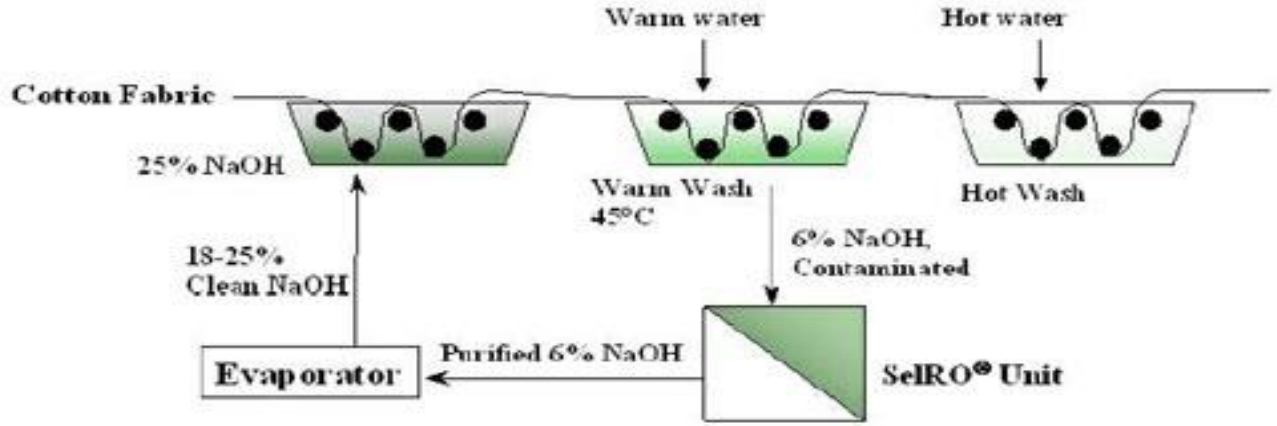
ฝ้าย (Cotton)

Cellulose fibers

Mercerization

กระบวนการปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ฝ้ายหรือด้ายฝ้าย โดยการทำปฏิกิริยากับด่าง เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

- ★ ความแข็งแรงสูงขึ้น สามารถทนต่อแรงดึงมากขึ้นประมาณ 15-20%
- ★ มีความมันมากขึ้น สะท้อนแสงได้ดีขึ้น มีความสวยงามมากขึ้น
- ★ ดูดซึมความชื้นได้สูงขึ้น เพิ่มความสามารถในการรับน้ำและสีย้อม



นุ่น (Kapok)

Cellulose fibers

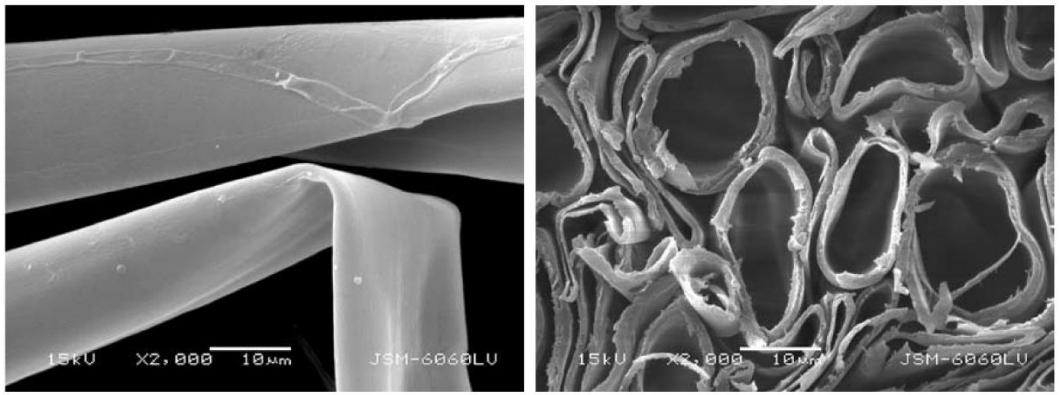
- ใยนุ่นได้จากส่วนที่เป็นเมล็ดของต้นนุ่น (Seed fiber)
- ฝักนุ่นมีลักษณะยาวหัวท้ายแหลม มีขนาด 3-6 นิ้ว เมื่อแก่เปลือกแห้งแตกเปิดให้เห็นเส้นใยหรือปุยนุ่นซึ่งติดอยู่กับเมล็ด แล้วจึงนำปุยนุ่นแยกออกจากเมล็ด

นุ่น (Kapok)

Cellulose fibers

สมบัติทางกายภาพ

- เส้นใย: สั้น (Staple) ความยาว 1-3.5 cm
- สี: ขาว ครีม
- ลักษณะพื้นผิวเส้นใยจะเรียบ ลักษณะเส้นใยมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีการบิดเป็นเกลียวน้อย
- ผนังเซลล์บางและประกอบไปด้วยแว๊กซ์จำนวนมาก ช่องส่งน้ำ (Lumen) มีขนาดกว้าง ภายในกลวงเป็นโพรงอากาศ ลักษณะภาคตัดขวางจะมีรูปร่างเป็นวงรีไปจนถึงทรงกลม



(a) (b)

นุ่น (Kapok)

Cellulose fibers

การใช้ประโยชน์

- วัสดุยัดเบาะ ฟูก หมอน ที่นอน ถุงนอน ตุ๊กตา และเครื่องเรือนอื่นๆ
- เคยมีการนำเอาใยนุ่นไปทำเสื้อชูชีพเพราะคุณสมบัติที่เบา ลอยน้ำแล้ว สามารถพยุงน้ำหนักได้ถึง 30 เท่า และไม่อุ้มน้ำ
- acoustic insulation, industrial wastewaters filtration

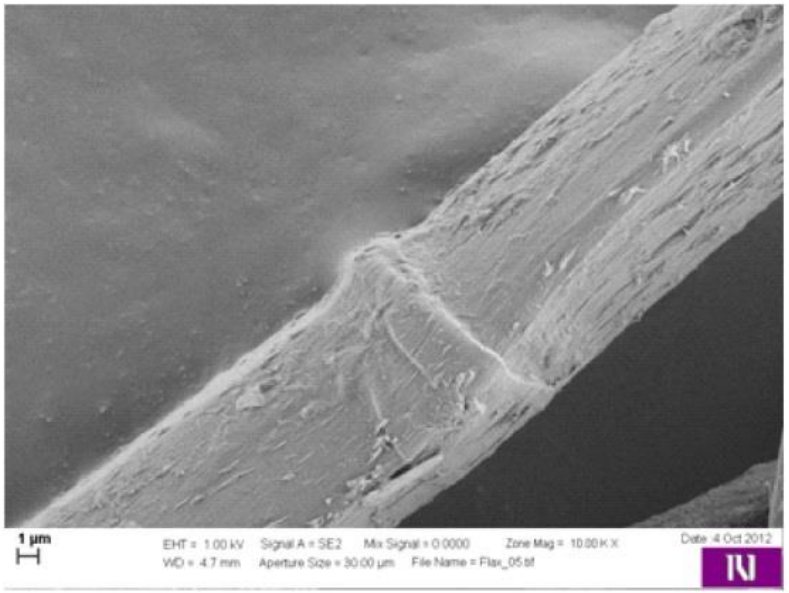
ลินิน (Linen or flax)

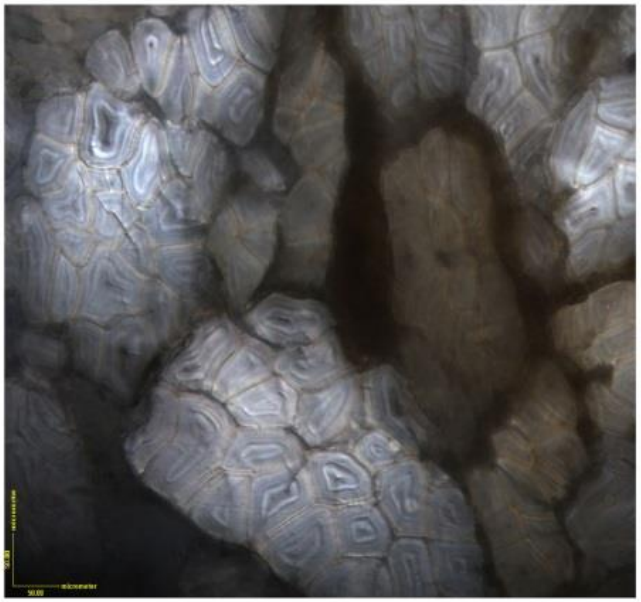
Cellulose fibers

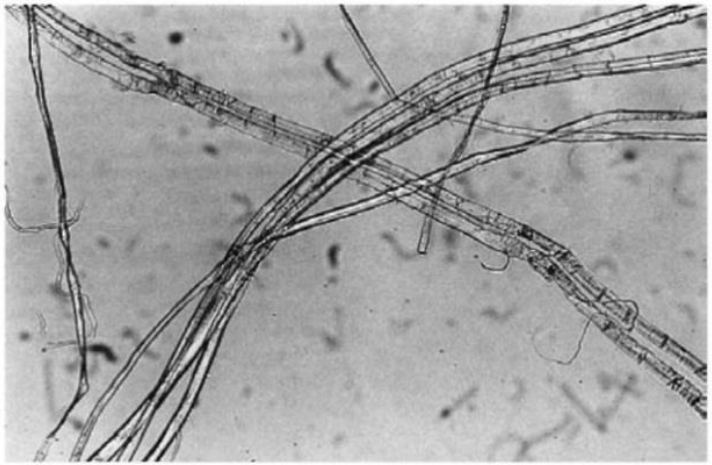
- ลินินเป็นเส้นใยที่ได้จากส่วนเปลือกของลำต้นแฟลกซ์ (Flax-Linum usitatassimum)
- เป็นเส้นใยที่เก่าแก่ที่สุดเป็นเวลากว่า 4500 ปีมาแล้วจากการใช้พันศพโบราณคือพวกมัมมี่

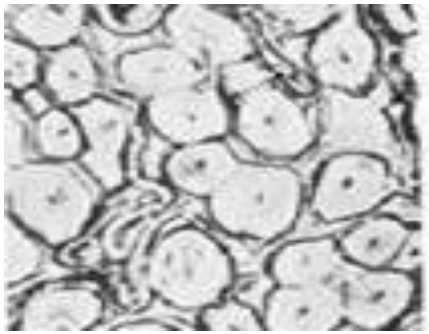
ลินิน (Linen or flax)

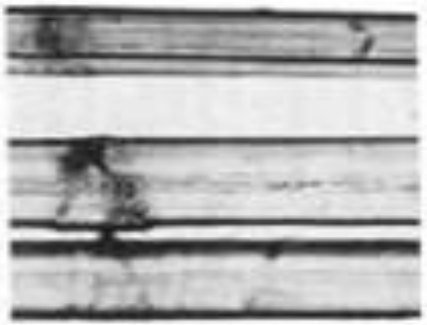
Cellulose fibers











ลินิน (Linen or flax)

Cellulose fibers

สมบัติทางกายภาพ

- เส้นใย: ความยาว 15-100 cm
- สี: สีเนื้อออกเหลือง น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม ไปจนถึงสีเทา
- ความมัน: ดีกว่าฝ้าย
- ความแข็งแรง: ค่อนข้างสูง (tenacity = 5.5-6.5 g/deneir)
- การยืดตัว: ไม่ค่อยดี
- การคืนตัวจากแรงอัด: ค่อนข้างต่ำ ผ้ายับง่าย
- การดูดความชื้น: ดี (10-20%)
- การทนต่อความร้อน: สูง (230 $^{\circ}$C)
- การติดไฟ: ติดไฟและเผาไม้รวดเร็ว

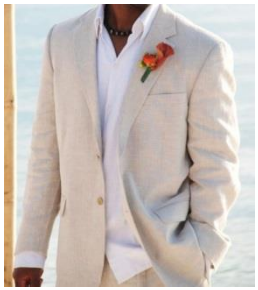
ลินิน (Linen or flax)

Cellulose fibers

สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนด่างและสารละลายอินทรีย์ได้ดี ไม่ทนกรดแก่
- แสงแดด: ทนได้ดีกว่าฝ้าย
- ราและแมลง: คล้ายฝ้าย

การใช้ประโยชน์



- เสื้อผ้าทั่วไป
- ผ้าใบแคนวาส
- งานตกแต่งและของใช้ในบ้าน: ผ้าม่าน ผ้าเช็ดมือ ผ้าปูโต๊ะ

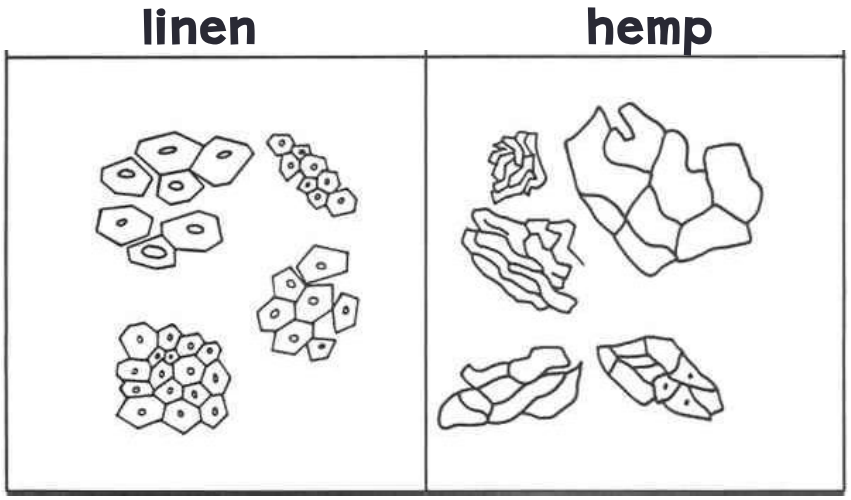
ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

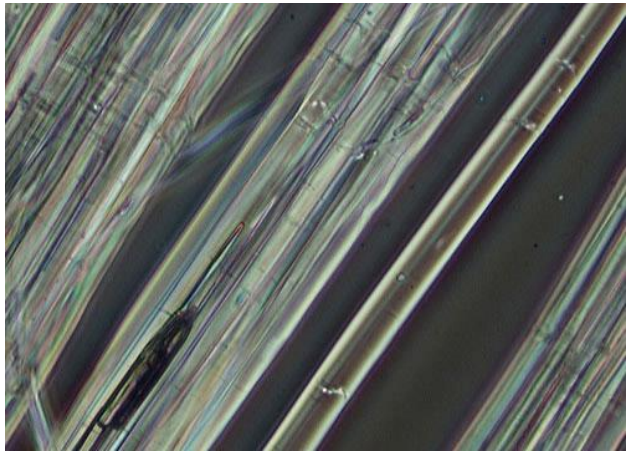
Cellulose fibers

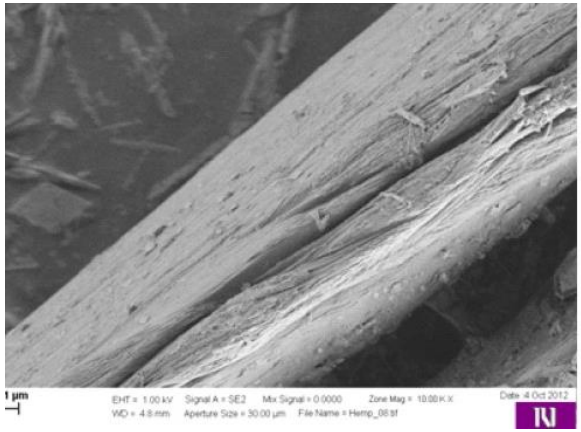
- ป่าน ม่าง กัญชง หรือ Hemp เป็นพืชเส้นใย เป็นไม้ล้มลุกมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้ายกัญชา
- ผ้าใยกัญชงมีลักษณะคล้ายผ้าที่ทอจากใยลินิน แต่เนื่องจากเป็นเส้นใยหยาบมากจึงไม่สามารถนำไปใช้ทดแทน หรือแข่งขันกับลินินได้

ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

Cellulose fibers







ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

Cellulose fibers

สมบัติ

- เส้นใย: ความยาว 10-16 cm
- สี: สีเหลืองนวล ไปจนกระทั่งสีน้ำตาลแก่
- ความมัน: มันมาก คล้ายลินิน
- ความแข็งแรง: เหนียวกว่าฝ้ายและลินิน
- การยืดตัว: ต่ำมาก ไม่เหมาะสมนำมาใช้งานด้านสิ่งทอ
- การดูดความชื้น: ดีมากที่สภาวะมาตรฐาน (12%)
- สารเคมี: ถูกทำลายได้ด้วยกรดแก่คล้ายฝ้าย และทนต่อด่างได้ดี

ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

Cellulose fibers

การใช้ประโยชน์

- นิยมใช้ทำเป็นเชือก กระสอบผ้าสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นผ้ารองใต้พรม

ป่านรามี (Ramie)

Cellulose fibers

- เป็นเส้นใยที่ได้จากลำต้น (Bast Fiber) ได้จากเปลือกต้นรามี ในประเทศจีนเรียกต้นป่านชนิดนี้ว่า China grass

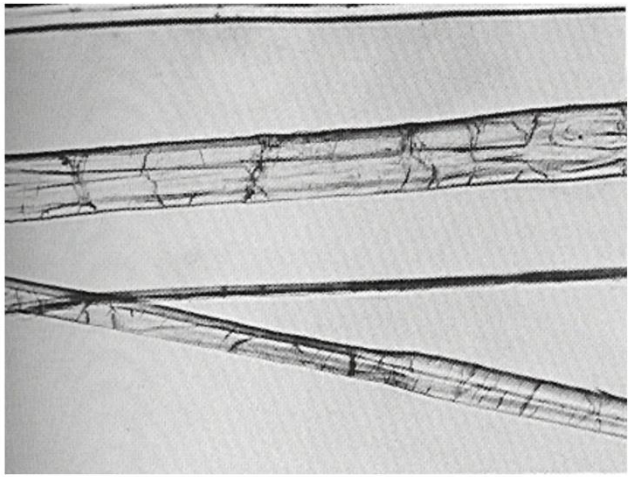
สมบัติ

- เส้นใย: เส้นใยยาว ความยาว 10-40 cm
- สี: ขาว
- ความมัน: ใกล้เคียงไหมและลินิน
- ความแข็งแรง: มีความเหนียว แข็งแรงทนทาน เป็นใยธรรมชาติที่แข็งแรงสูงที่สุด และแข็งแรงในขณะเปียกมากกว่าขณะแห้ง ทนแรงดึงได้ตั้งแต่ 5.3-7.4 g/denier

ป่านรามี (Ramie)

Cellulose fibers

Fig. 6 Ramie



(a)

(b)

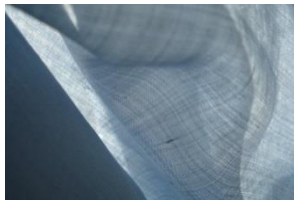
ป่านรามี (Ramie)

Cellulose fibers

- ข้อเสียของป่านรามีคือ การยืดตัวไม่ดีนัก ยับง่าย ไม่อยู่ตัว ค่อนข้างแข็งกระด้างและเปราะ อันเนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นผลึกสูง ทำให้ขาดความสามารถในการคืนตัว หรือขาดสภาพยืดหยุ่นที่ดี ถ้าหากถูกกดทับหรือดัดหลายๆครั้ง อาจเกิดการขาดในบริเวณรอยพับดังกล่าวได้

การใช้ประโยชน์

- มีลักษณะคล้ายลินิน จึงใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับผ้าลินิน
- ป่านรามี มีราคาแพงกว่าลินินและฝ้าย เนื่องจากมีปริมาณที่ค่อนข้างจำกัด และป่านรามีค่อนข้างแข็งกระด้าง จึงนิยมผสมกับเส้นใยอื่นๆ เช่น ฝ้าย และเรยอน จะช่วยให้มีสมบัติที่น่าใช้ยิ่งขึ้น



ปอกระเจา (Jute)

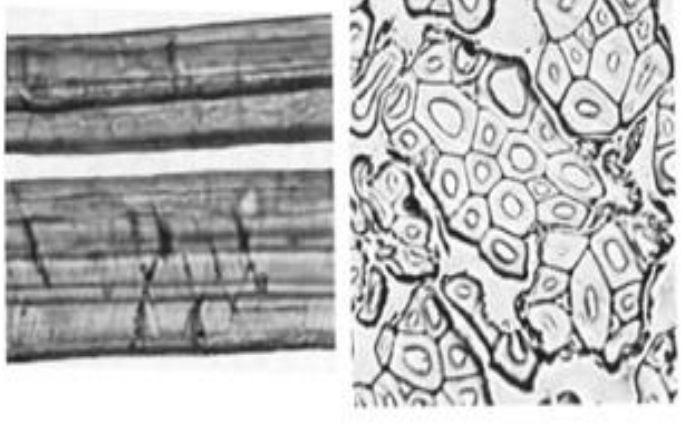
Cellulose fibers

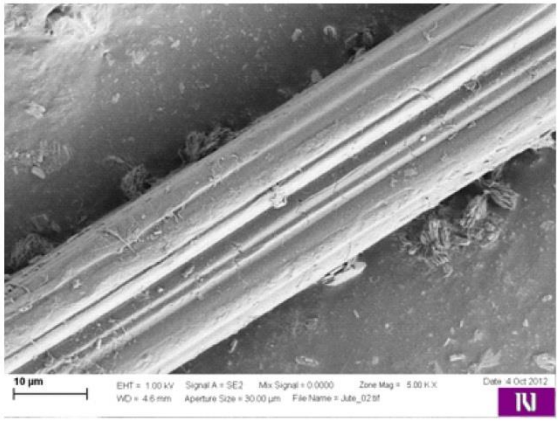
- เส้นใยปอได้จากส่วนของลำต้น (Bast fiber)
- มีความสำคัญและถูกใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางเป็นอันดับสองรองจากฝ้าย และมีราคาถูก

ปอกระเจา (Jute)

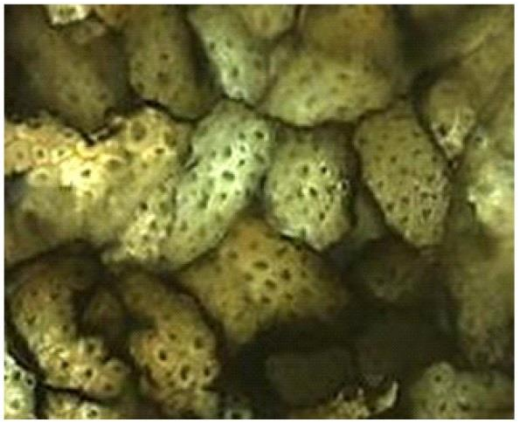
Cellulose fibers

- ปอธรรมชาติจะมีขาว สีเหลืองอ่อน ไปจนถึงสีน้ำตาล
- มีความมันดี
- เส้นใยที่มีความแข็งแรงไม่ค่อยดีนัก มีความแข็งแรงต่ำกว่าลินินและป่านเฮมพ์
- มีการคืนตัวต่ำ จึงยับง่าย





(a)



(b)

ปอกระเจา (Jute)

Cellulose fibers

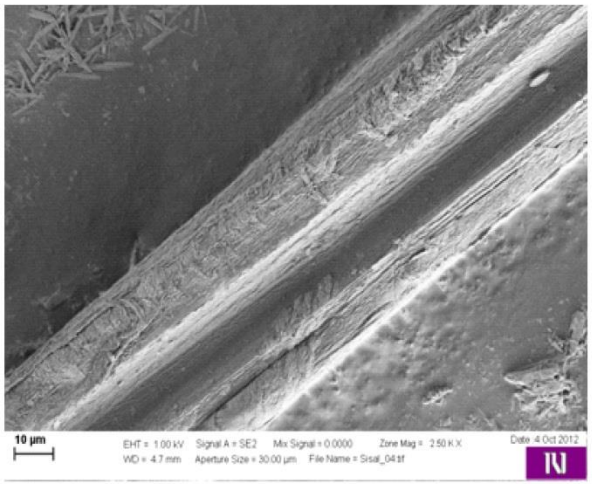
การใช้ประโยชน์

- ใช้ทำผืนผ้าและกระสอบ (sack and bag) สำหรับบรรจุภัณฑ์เกษตร เพื่อการขนส่ง เช่นกระสอบข้าวโพด ปลาป่น ยาสูบ อาหาร และอื่นๆ
- ใช้ทำเชือก ผ้าทำเต็นท์
- ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ทอเป็นผ้าที่ใช้ทำพื้นด้านหลังของพรม (carpet yarn) เช่น พรมปูพื้น บุผนัง ทำเฟอร์นิเจอร์
- เชือก ทำกระเป๋าถือ หรืองานหัตถกรรมอื่นๆ

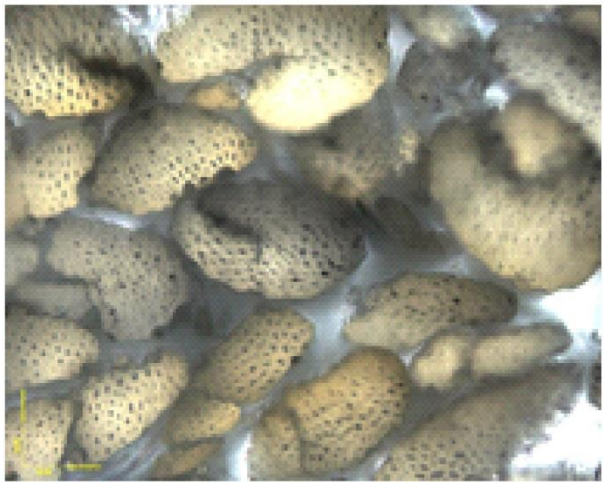
ป่านศรนารายณ์ (Sisal)

Cellulose fibers

- เส้นใยจะประกอบไปด้วยเซลล์หลายๆเซลล์รวมกันอยู่เป็นหมู่ตามความยาวของเส้นใย ยึดโดยกาว (gum) ซึ่งประกอบไปด้วยเฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเปกติน
- เส้นใย: ความยาว 100-125 cm
- สี: ขาวและเป็นมัน
- ความแข็งแรง: เส้นใยที่แข็ง มีความเหนียวและยืดออกได้มาก



(a)



(b)

ปานศรนารายณ์ (Sisal)

Cellulose fibers

การใช้ประโยชน์

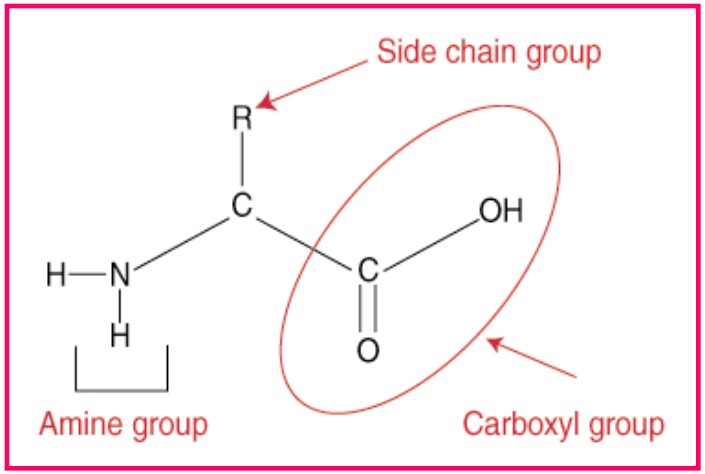
- ใช้ทำเชือกขนาดต่างๆ สำหรับใช้ในกิจการเกษตร
- เชือกขนาดใหญ่ในการเดินเรือ
- เชือกห่อของ ตลอดจนกระทั่งเชือกที่ใช้งานอุตสาหกรรม
- ใช้ทำเสื่อ กระเป๋าถือ หมวก และงานหัตถกรรมอื่นๆ

เส้นใยธรรมชาติจากสัตว์

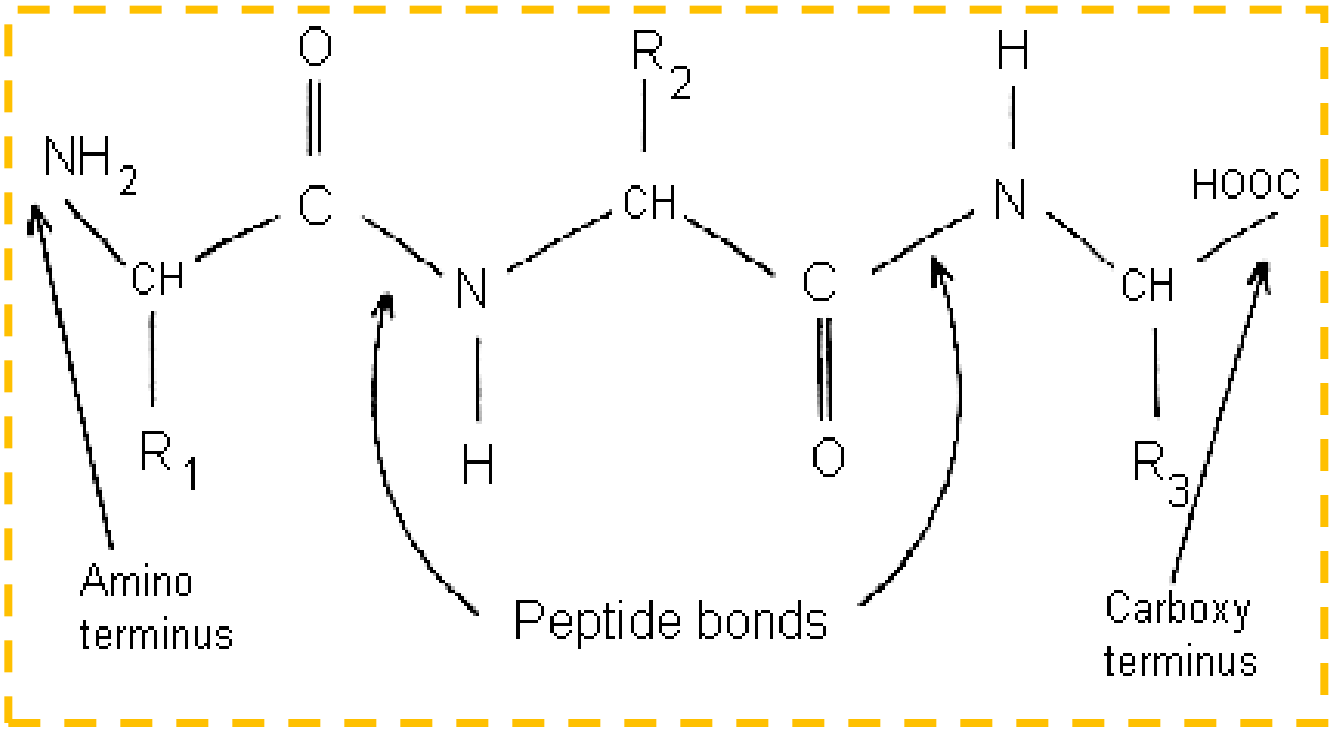
(Protein Fiber)

Protein fibers

- ธาตุหลักคือ C, H, O, N
- มี S ในขนสัตว์ (ไม่พบในไหม)



Amino acid



Protein fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☺ การคืนตัวดี	ป้องกันการยับ รอยยับย่นสามารถหายได้โดยการแขวนทิ้งไว้หลังการใช้
☺ การดูดซึมความชื้นดี	สวมใส่สบายในสภาพอากาศที่เย็นชื้น และการดูดซึมน้ำดีทำให้พรมขนสัตว์ไม่เปราะแตกง่าย
☺ ความถ่วงจำเพาะต่ำ	ผ้าขนสัตว์น้ำหนักเบากว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยพืชที่ความหนาเท่ากัน
☺ ทนต่อเปลวไฟ	เผาไหม้ไม่หมด ดับไฟได้ด้วยตัวเอง ให้กลิ่นเหมือนการเผาไหม้เส้นผม ขี้เถ้าสีดำ เปราะ

Protein fibers

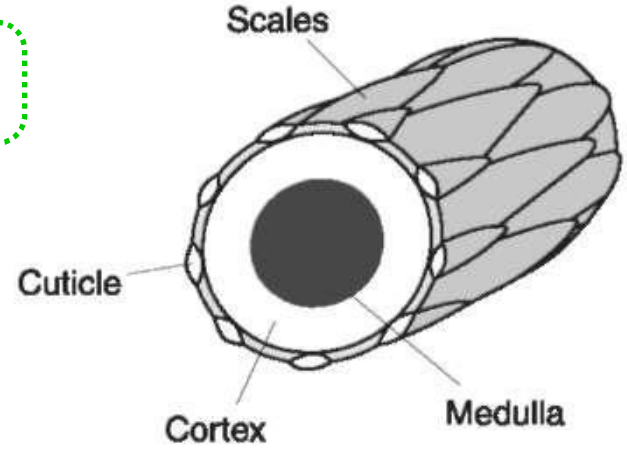
สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☹ ความแข็งแรงลดลงเมื่อเปียก	ต้องระวังขณะซักล้าง
☹ ถูกทำลายได้ด้วยด่าง	ต้องใช้สบู่หรือน้ำยาซักล้างที่เป็นกลาง หรือด่างอ่อน
☹ ถูกทำลายได้ด้วยสารที่ทำให้เกิดการออกซิไดส์	สารซักฟอกประเภทคลอรีนจะไปทำลายเส้นใย ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยง และแสงแดดยังทำให้ผ้าเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง

Protein fibers

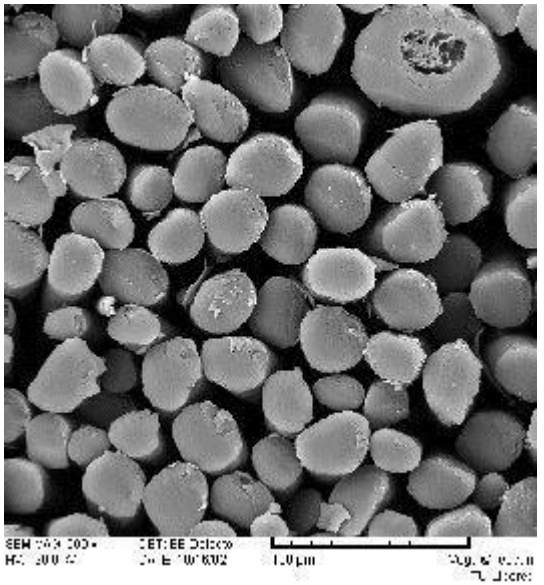
ขนสัตว์ (Wool)

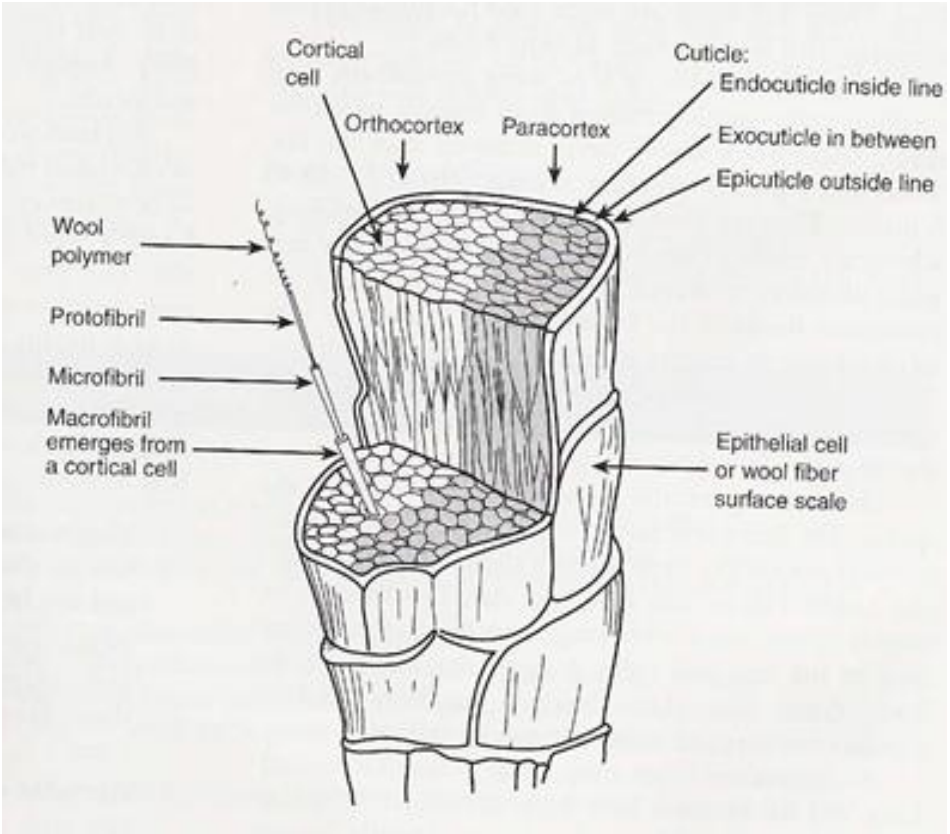
Merino sheep

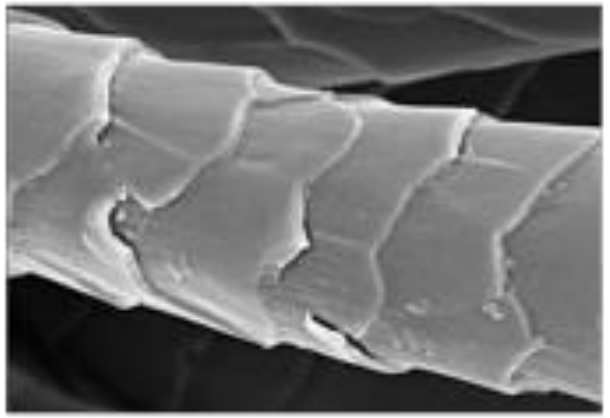
Protein fibers



ขนสัตว์ (Wool)



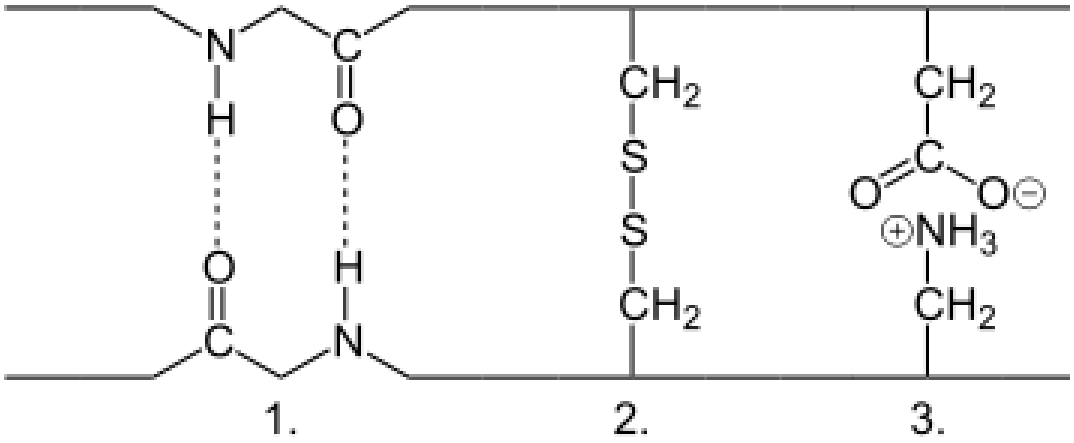




Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

- เป็นเส้นใยสั้น โดยความยาวจะขึ้นกับพันธ์ของแกะ
- องค์ประกอบหลักคือ keratin ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N, S



1. Hydrogen bridges between peptide groups (polar bond)
2. Cystine bridge (covalent bond)
3. Salt bridge between two amino acids (ionic bond)

Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

สมบัติทางกายภาพ

- เส้นใย: เส้นใยสั้น ความยาว 2.5-50 cm
- สี: ขาว ครีม น้ำตาล เทา ดำ
- ความมัน: ขึ้นกับพันธ์และถิ่นกำเนิด
- ความแข็งแรง: ต่ำ (tenacity = 1.5 g/deneir) ลดลง 10-20% เมื่อเปียก
- การยืดตัว: สภาพยืดหยุ่นดีมาก ยืดออกได้ 20-30%
  คืนตัวกลับจากแรงยืดได้ถึง 99%
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดีมาก ไม่ยับง่าย
- ความถ่วงจำเพาะ: 1.30-1.32 g/cm^3 น้ำหนักเบา
- การดูดความชื้น: ค่อนข้างดี (13-18%)

Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

สมบัติทางกายภาพ (ต่อ)

- การทนต่อความร้อน: 100°C เริ่มหยาบกระด้าง, 204°C เริ่มหลอมและกลายเป็นเถ้า
- การติดไฟ: เผาไหม้ช้า ดับไฟได้ด้วยตนเอง
- การนำไฟฟ้า: ค่อนข้างต่ำ เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิตได้

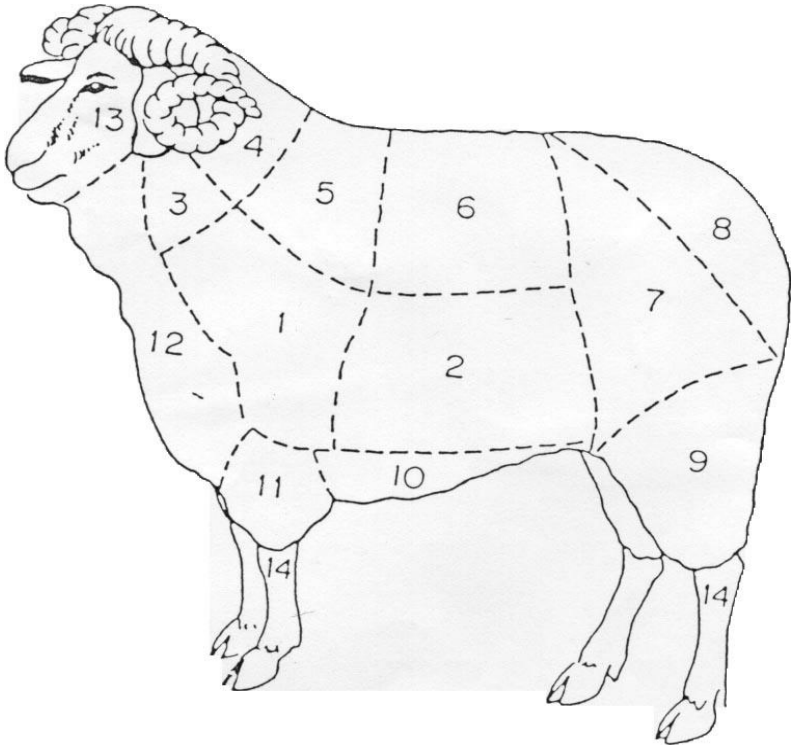
สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนกรดอ่อนและเจือจางได้ ยกเว้นกรดกำมะถันร้อน ไม่ทนต่อด่าง โดยเฉพาะด่างแก่ ทนต่อสารละลายอินทรีย์ที่ใช้ซักแห้ง
- แสงแดด: ทำให้ความแข็งแรงลดลง
- ราและแมลง: ทนเชื้อราและแบคทีเรีย ไม่ทนต่อมอดและแมลง

Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

- ★ Virgin Wool
- ★ Lamb's Wool
- ★ Reprocessed Wool
- ★ Reused Wool
- ★ Sheared Wool
- ★ Pulled Wool

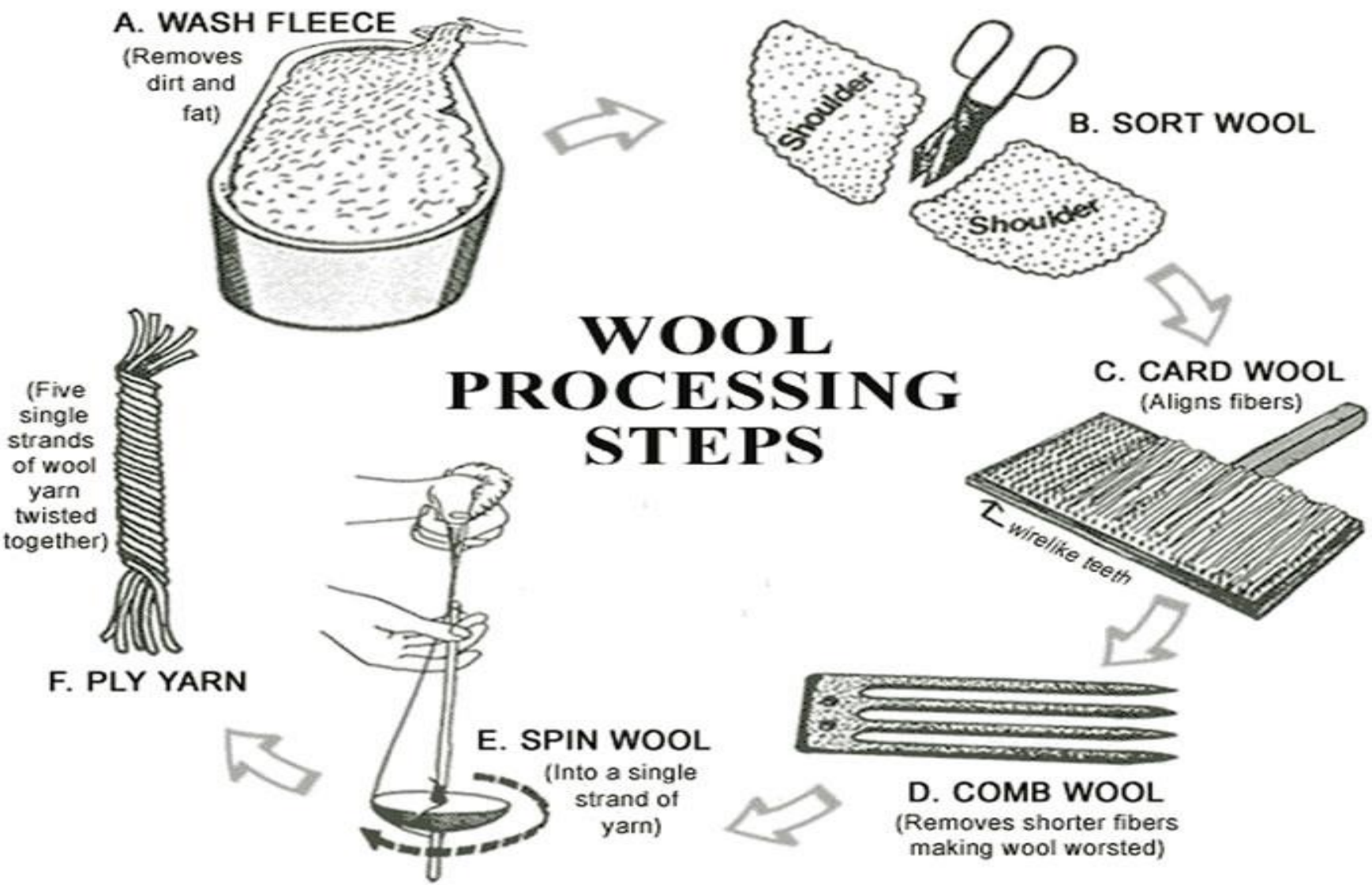


Pure Wool

Wool Blend

Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)



Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

Woolen yarn	Worsted yarn
ทำจากเส้นใยสั้น	ทำจากเส้นใยยาว
กระบวนการมีแค่การสาง	กระบวนการมีทั้งการสางและหวีด้วย ทำให้เส้นใยเรียงตัวขนานกันดี
การตีเกลียวหลวม	การตีเกลียวแน่น ทำให้ได้ผ้าเนื้อเรียบ
แข็งแรงน้อย	แข็งแรงมาก
มีความฟูมาก	มีความละเอียด เรียบ สม่ำเสมอ
นุ่ม	แน่นกว่า

Protein fibers

ขนสัตว์ (Wool)

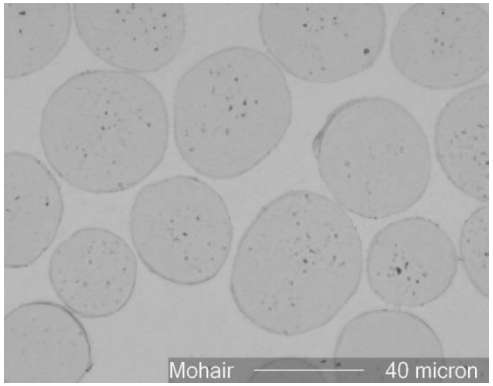
การใช้ประโยชน์

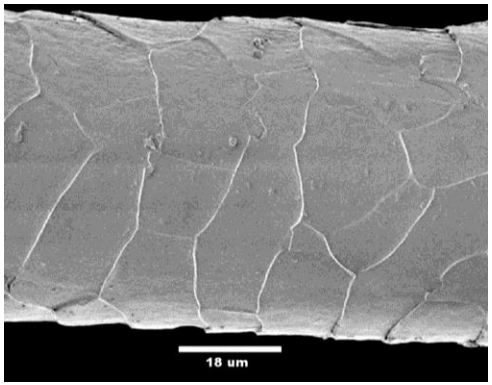
- กางเกง กระโปรง เสื้อสเวตเตอร์ เสื้อคลุม หมวก ผ้าพันคอ ถุงมือ ถุงเท้า ผ้าห่ม ผ้าทอ
- ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตกแต่งบ้าน เช่น พรมปูพื้น

Protein fibers

โมแฮร์ (Mohair)

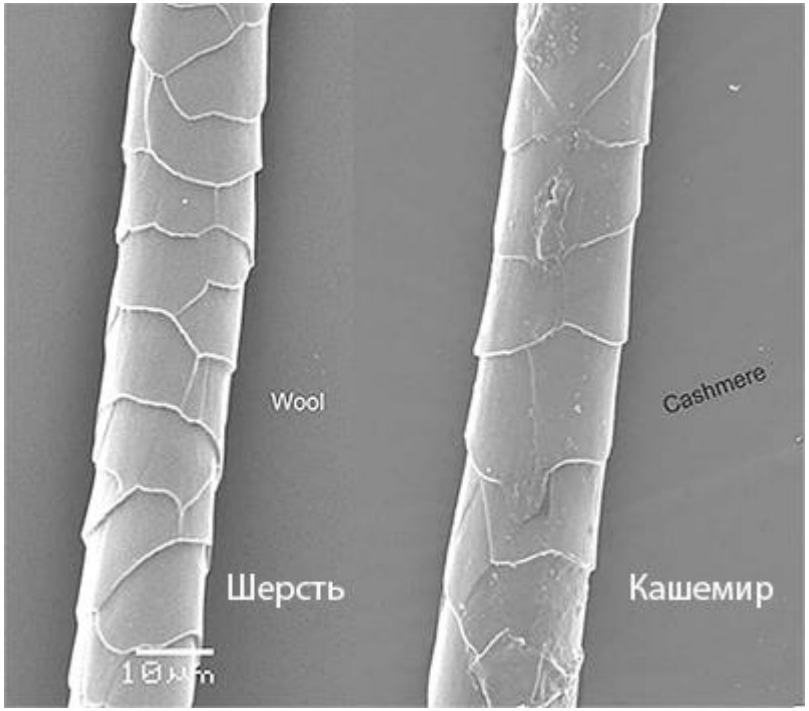
- เส้นใยได้จากแพะพันธ์แองโกรา (Angora)
- โมแฮร์มีเกล็ดไม่ซ้อนกันเป็นชั้นๆแต่ลักษณะเกล็ดจะชนกัน
- ภาคตัดขวางเป็นทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้นใย





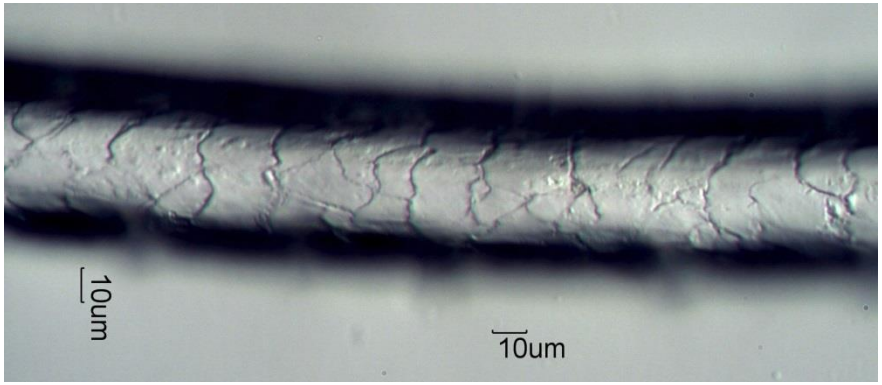
Protein fibers

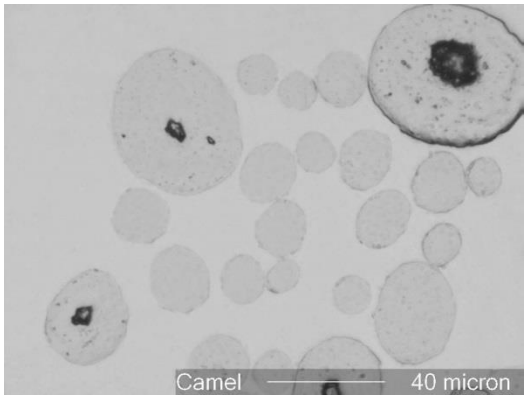
แคชเมียร์ (Cashmere)



Protein fibers

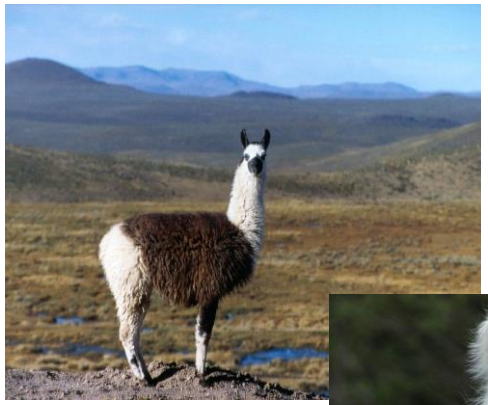
ขนอูฐ (Camel Hair)

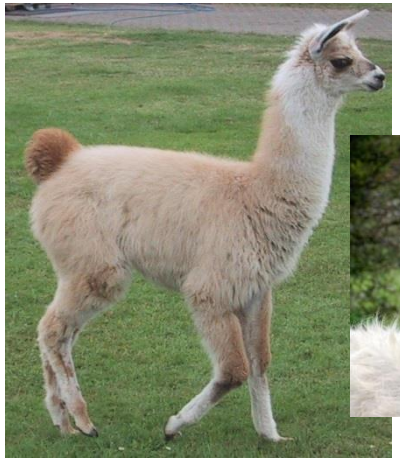




Protein fibers

ลามา (Lama) & อัลปาคา (Alpaca)





Protein fibers

แองโกรา (Angora)

Protein fibers

ไหม (Silk)

Mulberry Silk

Bombyx Mori

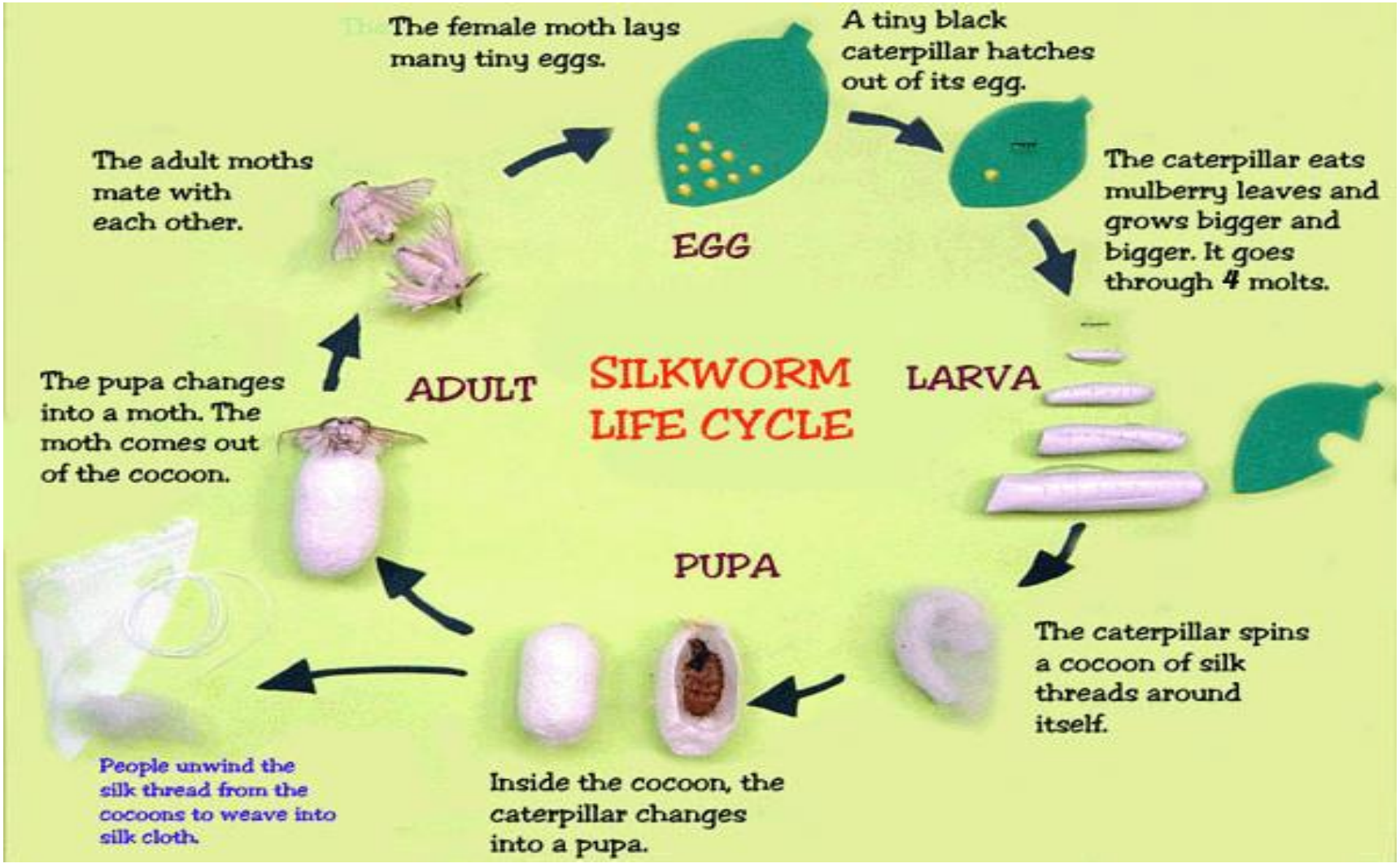
Wild Silk

Tussah silk

Protein fibers

ไหม (Silk)

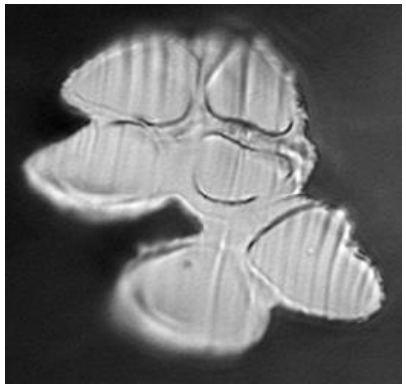
Life Cycle of Silkworm

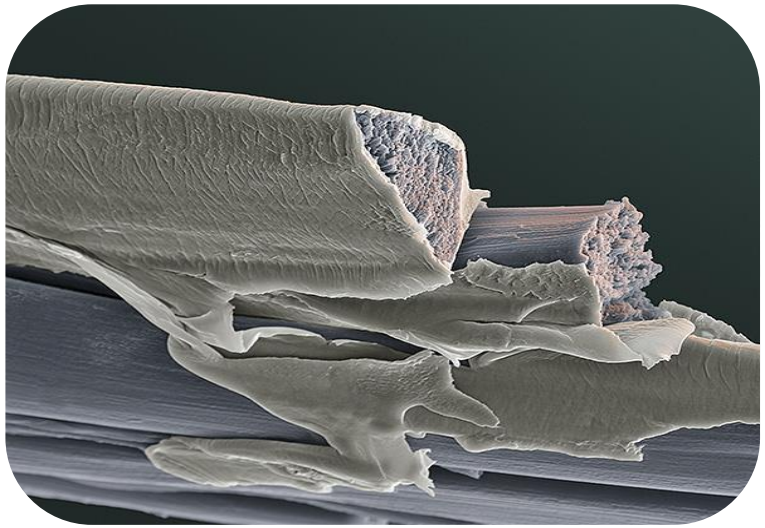


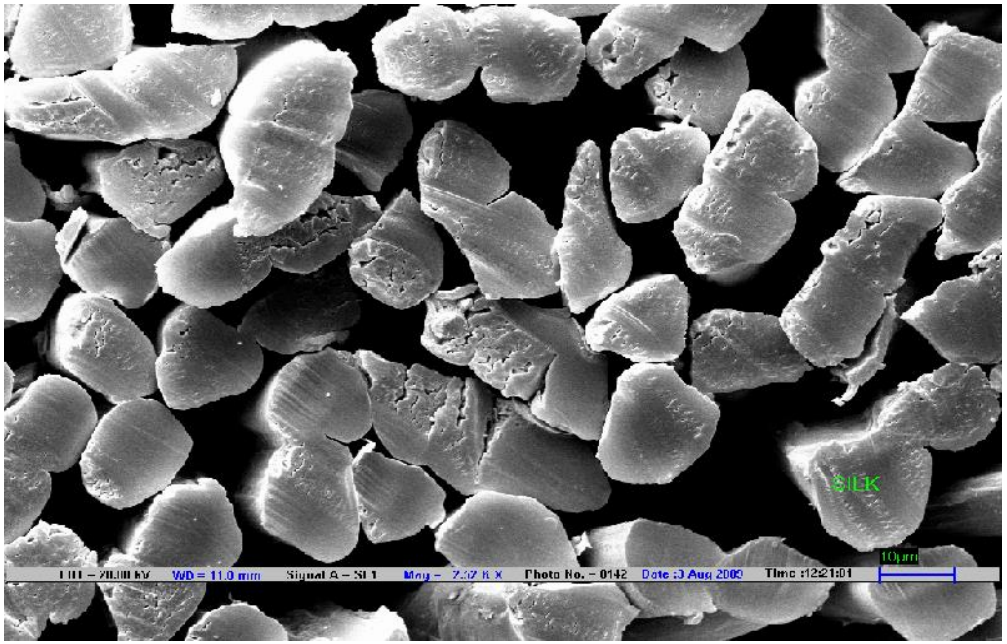
Protein fibers

ไหม (Silk)

Fibroin Protein (C, H, O, N)







SEM of silk fibers in cross section more clearly shows the triangular structure and also the fibroin core and outer sheath of sericin, the latter glues the two filaments together

Protein fibers

ไหม (Silk)

สมบัติทางกายภาพ

- เส้นใย: เส้นใยยาว (filament) ความยาว 390-600 เมตร
- สี: เหลือง จนถึงเทา
- ความมัน: เงามันดีมาก
- ความแข็งแรง: สูง (tenacity = 3.5-5.0 g/deneir) ลดลง 15-25% เมื่อเปียก
- การยืดตัว: ดี ยืดออกได้ประมาณ 20% ของความยาวเดิม (*ไม่ดีเท่าขนสัตว์)
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดี ไม่ยับง่าย
- การดูดความชื้น: ค่อนข้างดี (11%)
- การทนต่อความร้อน: 170°C ในเวลาสั้นๆ แต่นับว่าดีกว่าขนสัตว์

Protein fibers

ไหม (Silk)

สมบัติทางเคมี

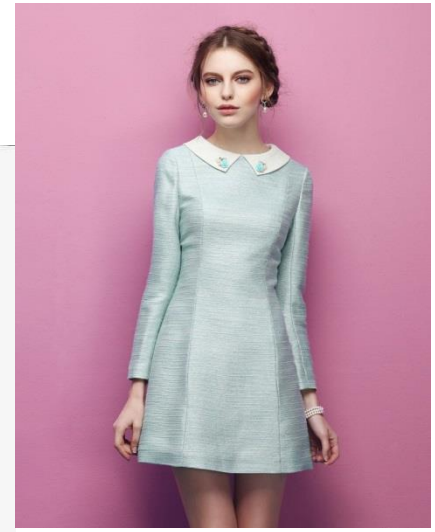
- สารเคมี: - ทนกรดอ่อนและเจือจางได้
  - ไม่อ่อนไหวต่อด่างเท่าขนสัตว์ อาจซักด้วยสบู่อ่อนและไม่รุนแรงได้ แต่ด่างแก่ทำให้ความมันของไหมลดลง
  - ถูกทำลายได้ด้วยเกลือคลอไรด์ เช่น เหงื่อ น้ำเกลือ น้ำยาดับกลิ่น
  - ทนต่อสารซักฟอกประเภทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
- แสงแดด: อ่อนไหวต่อแสงแดด ทำให้ผ้าเหลืองและความแข็งแรงลดลง
- ราและแมลง: ทนได้ดี

Protein fibers

ไหม (Silk)

การใช้ประโยชน์

- เสื้อ กางเกง กระโปรง ผ้าพันคอ ผ้าคลุมผม เนคไท โบว์ไท
- ผ้าม่าน เครื่องประดับบ้าน เฟอร์นิเจอร์ ผ้าคลุมเตียง



เส้นใยธรรมชาติจากแร่ธาตุ

(Mineral Fiber)

Mineral fibers

แร่ใยหิน (Asbestos)

- เป็นกลุ่มของแร่ซิลิเกตที่เกิดตามธรรมชาติ
- มี 2 กลุ่ม คือ Serpentine และ Amphibole
- แร่ใยหินมีผลึกที่เป็นเส้นใยยาว (อัตราส่วนขนาดต่อความยาวราว 1:20)
- ใยหินมีคุณสมบัติทนไฟ ทนสารเคมี ทนต่อการขัดสี ในอดีตผ้าใยหินได้รับการใช้ประโยชน์โดยทำเสื้อสำหรับนักดับเพลิง ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้แล้ว เนื่องจากเศษใยหินเล็กๆ จะแตกหัก ผ่านเข้าสู่ปอดผู้ใช้ได้ ทำให้เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งที่ปอด

Mineral fibers

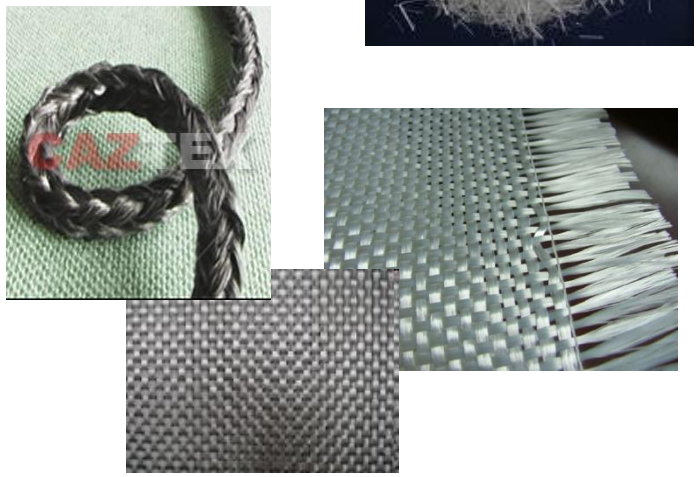
ใยแก้ว (Glass Fiber)

- องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่คือ ซิลิกา (SiO_2) ที่เหลือจะเป็นออกไซด์ชนิดต่างๆ เช่น Al_2O_3, CaO, MgO, Na_2CO_3 และอื่นๆ
  - E-glass มีการผลิตและนำมาใช้งานมากที่สุด มีสมบัติต้านทานไฟฟ้าที่ดี มีความแข็งแรงสูง
  - C-glass มีความทนทานต่อเคมีภัณฑ์สูง ทนต่อการกัดกร่อน
  - S-glass มีความแข็งแรงสูงมาก (มากกว่า E-glass 30%)
  - D-glass มีสมบัติไดอิเล็กตริกดี มีความหนาแน่นต่ำ ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

Mineral fibers

ใยแก้ว (Glass Fiber)

- มีความแข็งแรงมาก
- น้ำหนักเบา
- มีเสถียรภาพทางรูปร่างสูง (high dimension stability)
- มีความทนทานต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม
- สามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย
- ไม่ติดไฟ เป็นฉนวนที่ดี

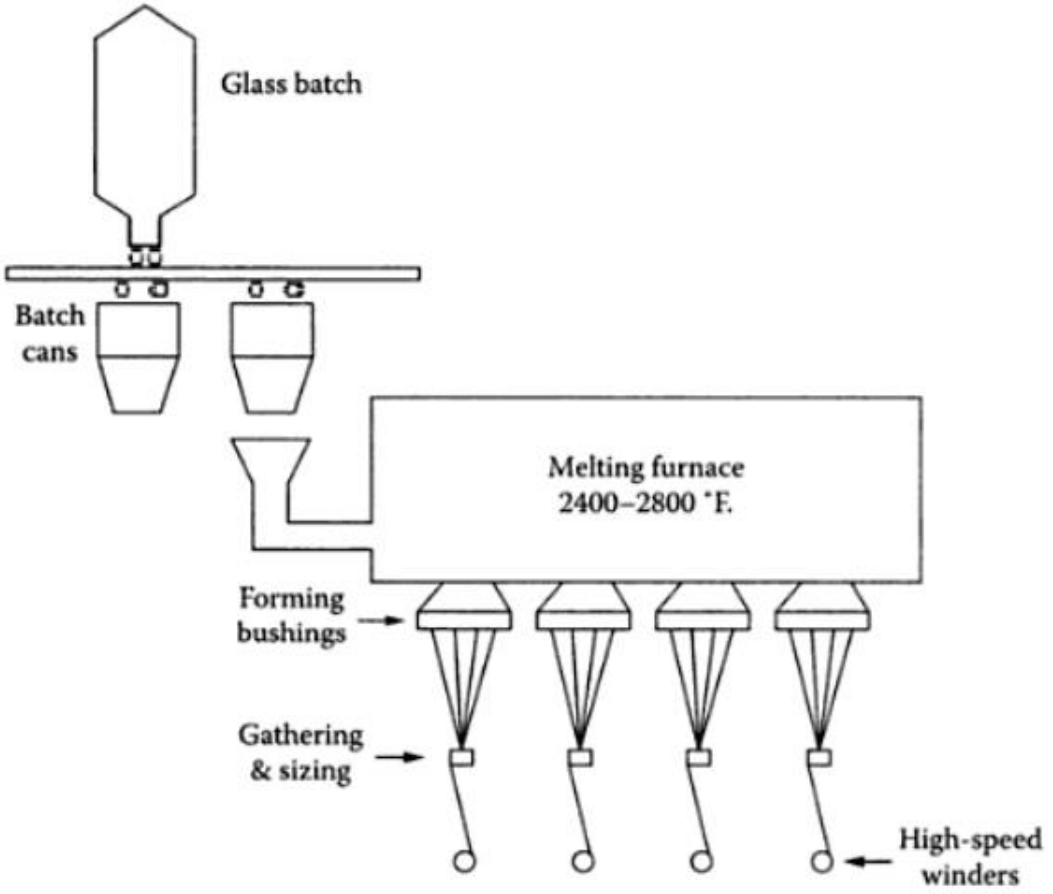


Mineral fibers

ใยแก้ว (Glass Fiber)

การใช้ประโยชน์

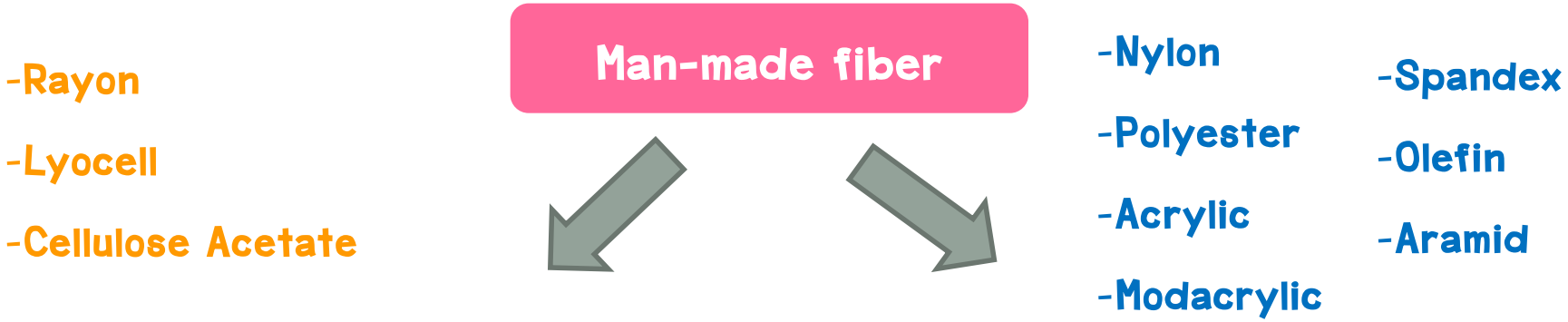
- งานเสริมแรง FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) เช่น อุปกรณ์กีฬาเช่น ก้านไม้กอล์ฟ, คันเบ็ดตกปลา, ชิ้นส่วนรถยนต์ ล่าเรือ, อุปกรณ์ทางอุตสาหกรรม ที่ต้องการความทนทานจากการกัดกร่อน, ชุดผจญเพลิง



เส้นใยประดิษฐ์

(Man-Made Fiber)

เส้นใยประดิษฐ์ (Man-made Fiber) คือ เส้นใยที่สังเคราะห์โดยการนำสารพอลิเมอร์ธรรมชาติหรือสารเคมีโมเลกุลเล็กๆ ไปทำปฏิกิริยาเคมีที่เหมาะสมจนได้สารพอลิเมอร์ แล้วนำสารพอลิเมอร์นั้นไปทำเส้นใย ด้วยกระบวนการปั่นเส้นใย (Fiber spinning)



❖ Regenerated Fiber (Semi-Synthetic Fber)
Made artificially from natural raw materials

❖ Synthetic Fiber
Made entirely from chemical

การผลิตเส้นใย (Fiber Processing)

การขึ้นรูปเส้นใย เป็นการขึ้นรูปในลักษณะการอัดรีด (extrusion) พอลิเมอร์ที่อยู่ในรูปของเหลวให้ผ่านรูเล็กๆของหัวรีด (spinneret) ให้ออกมาเป็นเส้นใย

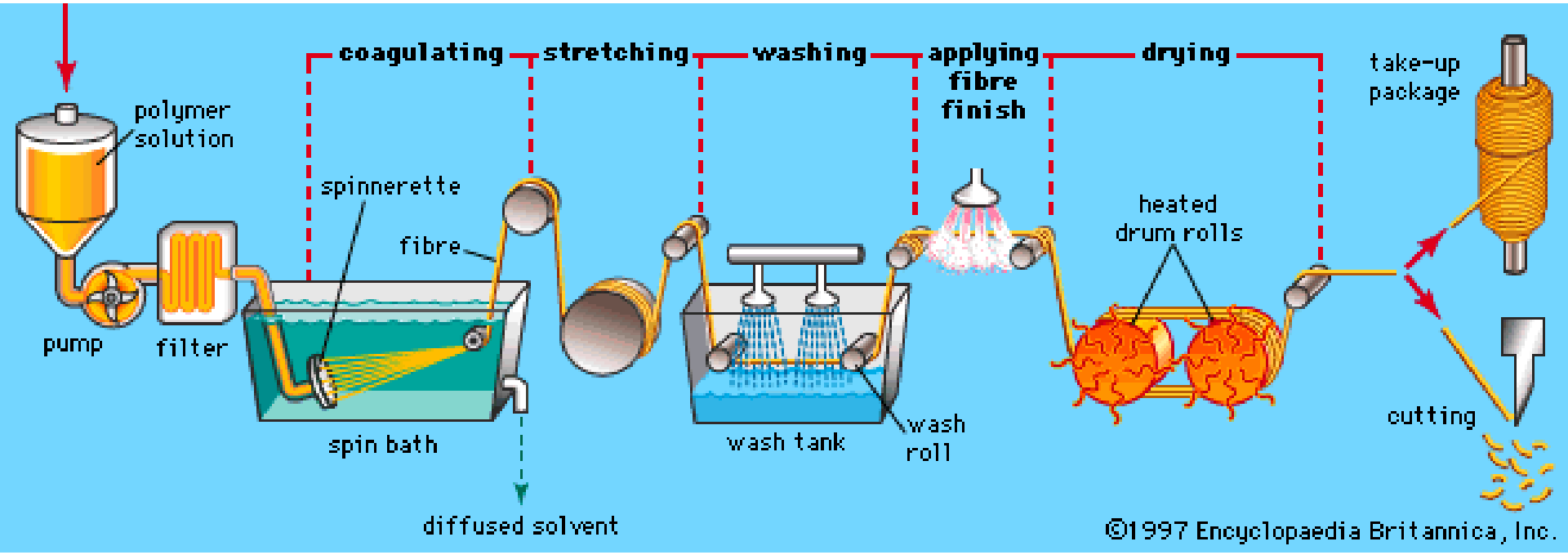
1. เตรียมวัตถุดิบ หรือสารละลายตั้งต้น (spinning solution, spinning dope, viscous syrupy dope, dope)
2. ทำให้สารตั้งต้นหรือโดป อัดผ่านหัวรีดออกมาในรูปของเส้นใยยาวต่อเนื่อง
3. ทำให้เส้นใยยาวต่อเนื่องนี้ เกิดการอยู่ตัวเป็นเส้นใยที่ใช้งานได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการแข็งตัว การระเหย หรือการเย็นตัวของเส้นใย

Spinneret refers to a multi-pored device through which a plastic polymer melt is extruded to form fibers

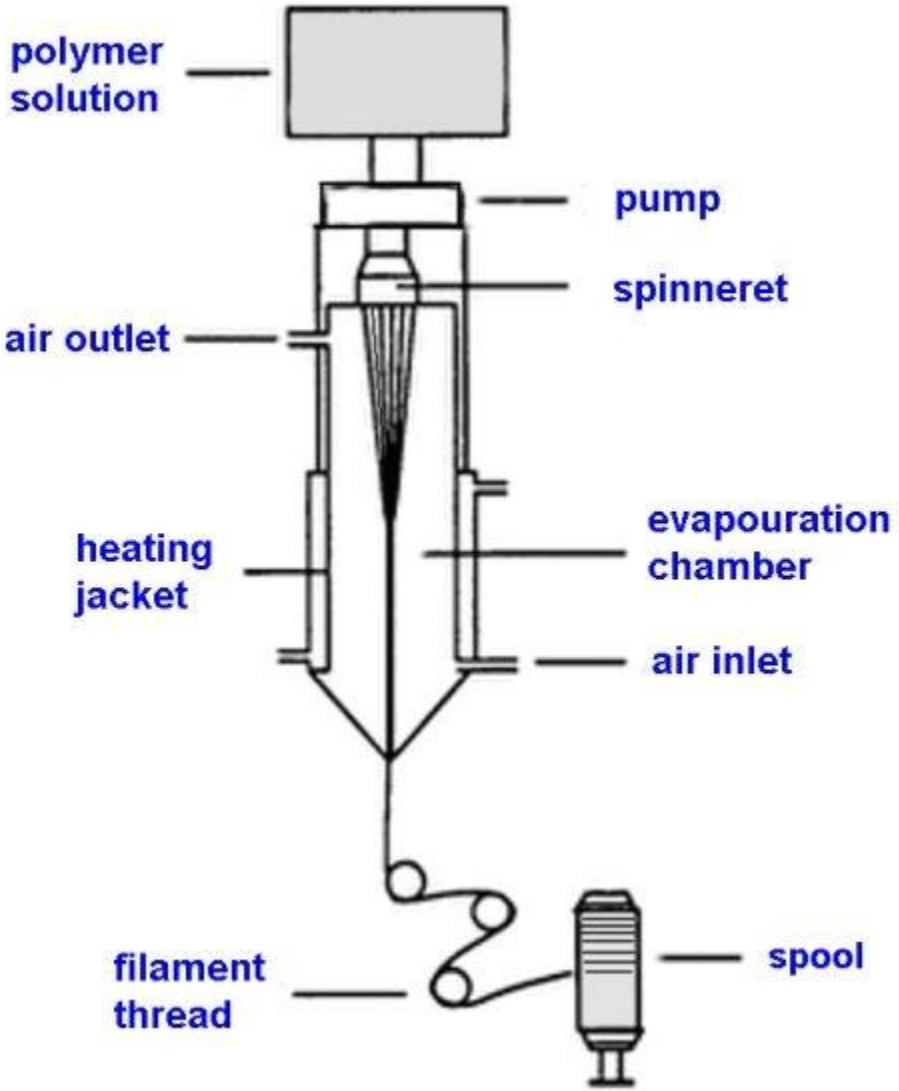
Wet Spinning

- Solution Spinning
- พอลิเมอร์ถูกละลายในตัวทำละลาย
- เส้นใยถูกปั่นลงไปในอ่างน้ำ หรือสารละลายที่เหมาะสม
- เส้นใยแข็งตัวโดยการตกผลึกในอ่างนั้น

- Rayon
- Acrylic
- Spandex



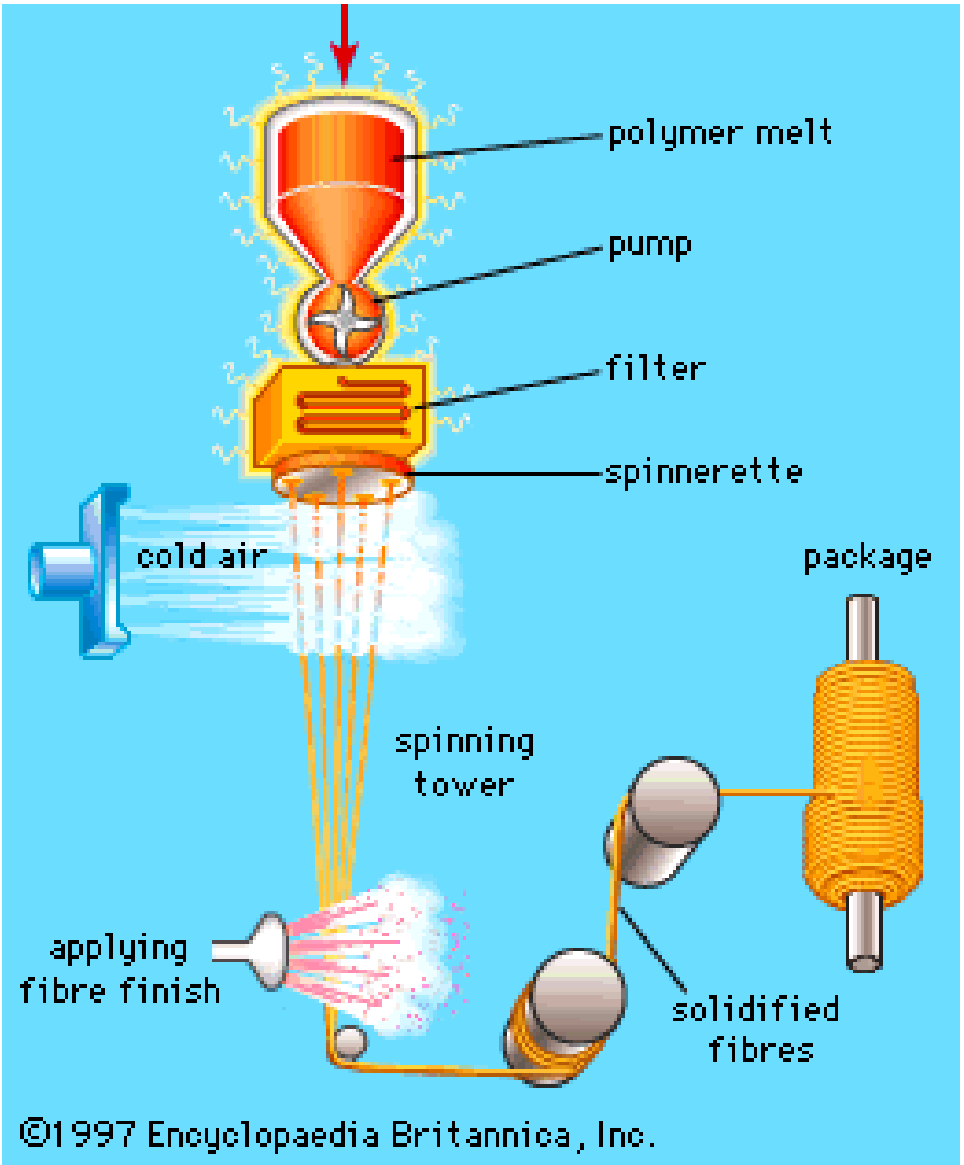
Dry Spinning



- Solvent Spinning
- พอลิเมอร์ถูกละลายในตัวทำละลายที่ระเหยได้
- เส้นใยถูกปั่นลงไปในกระแสลมอุ่น
- เส้นใยแข็งตัวโดยตัวทำละลายระเหยออกไป

- Acetate
- Acrylic
- Modacrylic
- Spandex
- Triacetate

Melt Spinning



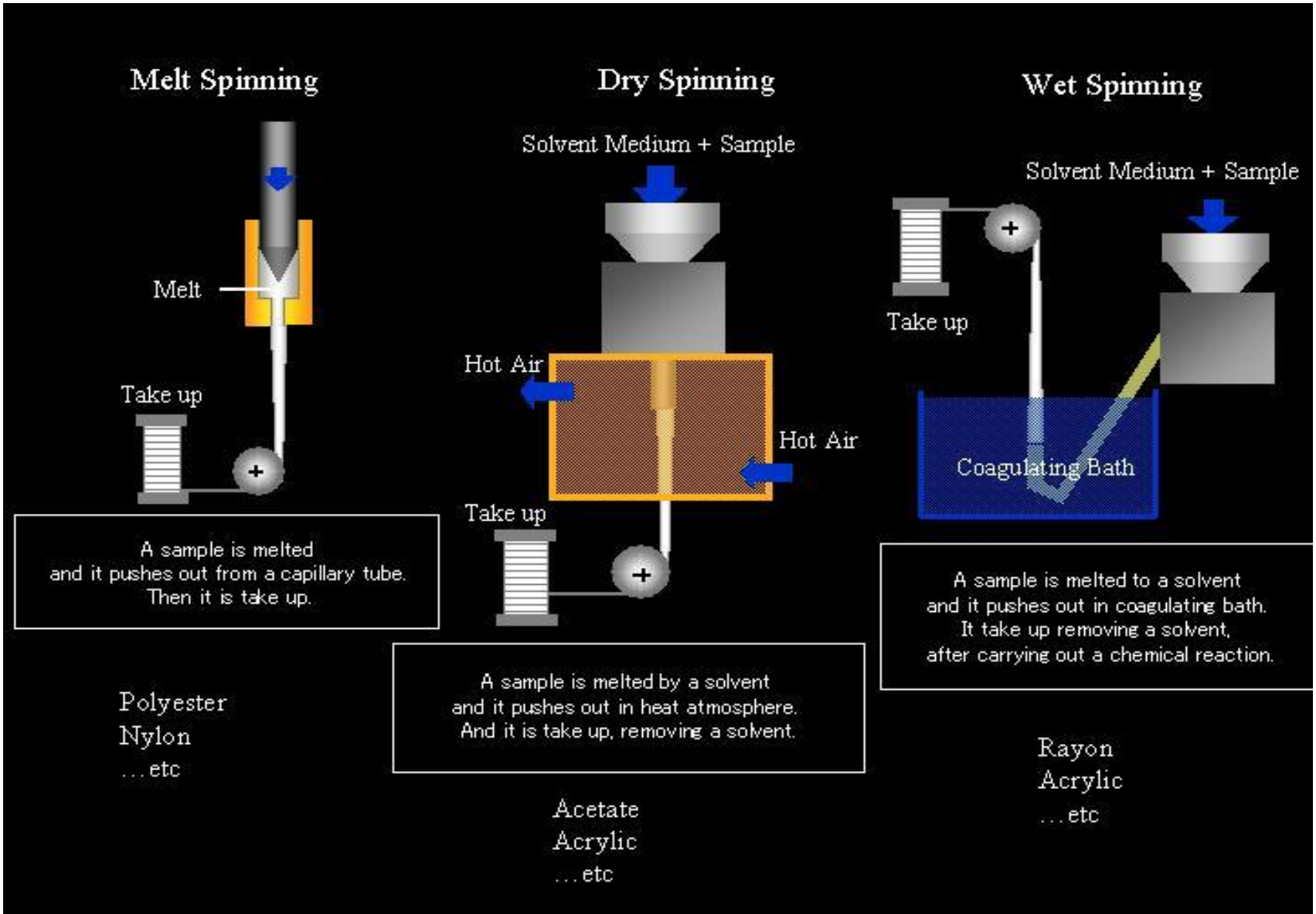
- พอลิเมอร์ถูกทำให้หลอมเหลว
- เส้นใยถูกปั่นเข้าไปในกระแสลมเย็น/น้ำเย็น
- เส้นใยแข็งตัวโดยการเย็นตัวลง

ข้อเด่น

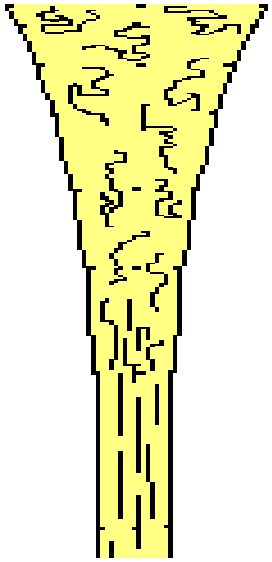
- ประหยัด ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย หรือสารเคมี
- สามารถควบคุมรูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใยได้อย่างแม่นยำ
- อัตราเร็วในการปั่นเส้นใย (Spinning rate) สูง

- Nylon
- Polyester
- Polyolefin

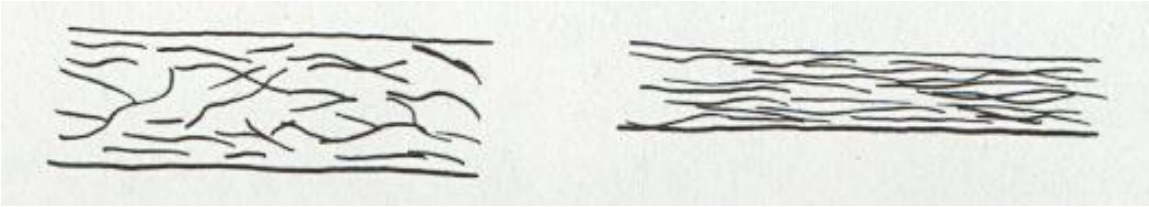
Spinning Process



Drawing or Stretching

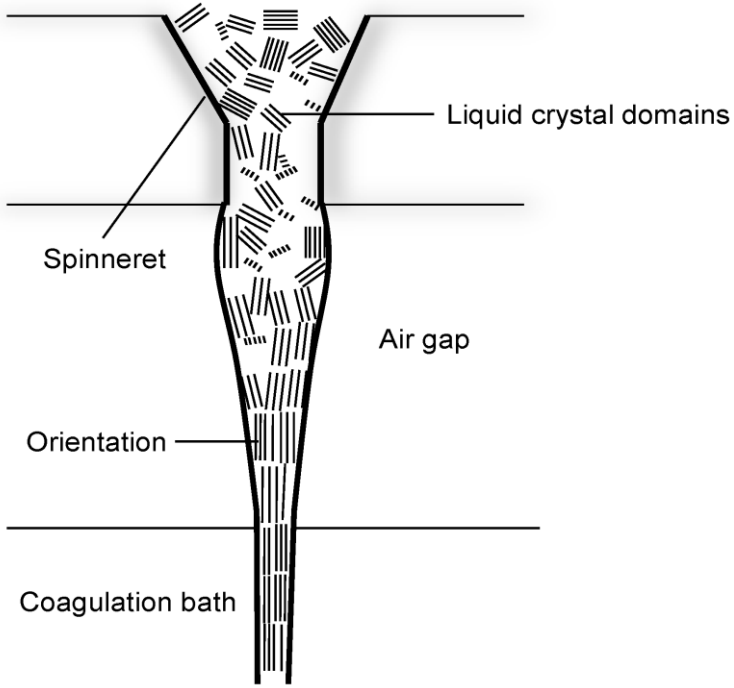


- จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตเส้นใย
- ทำให้โครงสร้างภายในของเส้นใยเกิดการจัดเรียงตัว (Orientation) ตามแนวแกนเส้นใย
- ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของเส้นใย >> ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น



Non-Stretched or Undrawn Fiber

Stretched or Drawn Fiber.



เส้นใยประดิษฐ์ที่วัตถุดิบตั้งต้นมาจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ

(Regenerated Fiber)

Regenerated fibers

เรยอน (Rayon)

- เรยอน คือ “เส้นใยประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสที่นำกลับมาใช้ใหม่”
- หรือ “เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Regerated Cellulose) ซึ่งถูกแทนที่ด้วยสารอื่นไม่มากกว่า 15٪ ของไฮโดรเจนที่อยู่ในหมู่ไฮดรอกซิล”
- Rayon ➡ “Regenerated Cellulose”
- Oldest commercial mam-made
- Artificial Silk

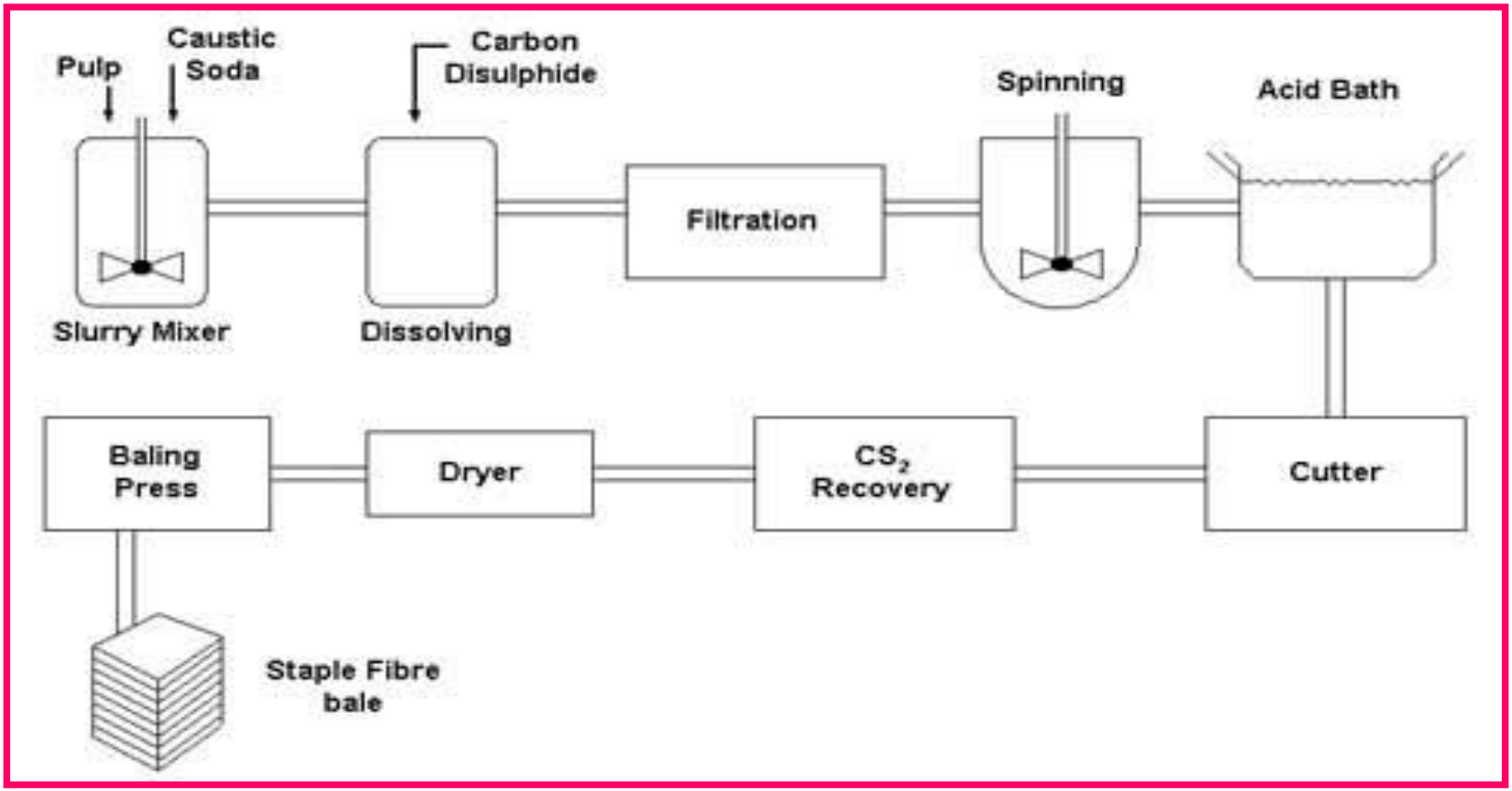
Type of Rayon Fiber

- Viscose Rayon
- Cuprammonium rayon
- High Wet Modulus (HWM) Rayon

เรยอน (Rayon)

Regenerated fibers

กระบวนการผลิต



Regenerated fibers

เรยอน (Rayon)

① $Cell\text{-}OH + NaOH \longrightarrow Cell\text{-}ONa + H_2O$

Cellulose　Caustic Soda　Soda Cellulose

② $Cell\text{-}ONa + CS_2 \longrightarrow Cell\text{-}OCS\text{-}SNa$

Carbon disulfide　Sodium Cellulose Xanthate

③ $Cell\text{-}OCS\text{-}SNa + H_2SO_4 \longrightarrow Cell\text{-}OH + CS_2 + Na_2SO_4$

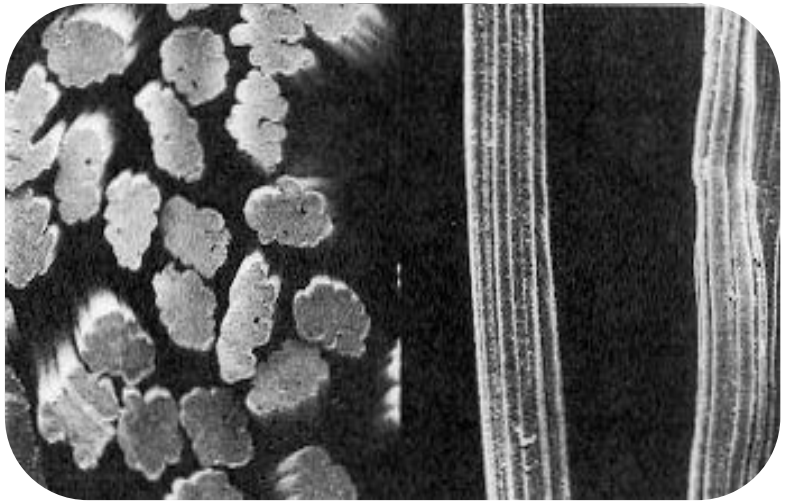
Sulphuric acid　Regenerated Cellulose

Regenerated fibers

เรยอน (Rayon)

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

- ความมัน: มัน อ่อนนุ่ม คล้ายเส้นไหม
- ความแข็งแรง: tenacity : viscose rayon = 0.7-2.6 g/deneir ลดลงเมื่อเปียก
  : HWM = 2.5-5.5 g/deneir
- การดูดความชื้น: ดี (13%)
- สมบัติทางเคมี: คล้ายฝ้ายคือไม่ทนต่อกรด ทนต่อด่างเจือจางได้ ทนต่อสารฟอกขาว และสาระลายอินทรีย์ที่ใช้ซักแห้งได้ดี ย้อมติดสีได้ดี



Regenerated fibers

เรยอน (Rayon)

การใช้ประโยชน์

ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยวิสคอสเรยอน จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เป็นมันคล้ายผ้าไหม สวมใส่สบายแต่จะยับง่าย จึงเหมาะที่จะผลิตเป็นผ้าโดยนำไปผสมกับเส้นใยชนิดอื่น เช่น พอลิเอสเตอร์ อะคริลิก ไนลอน การดูแลรักษาทำเช่นเดียวกับผ้าฝ้าย

Regenerated fibers

ไลโอเซล (Lyocell)

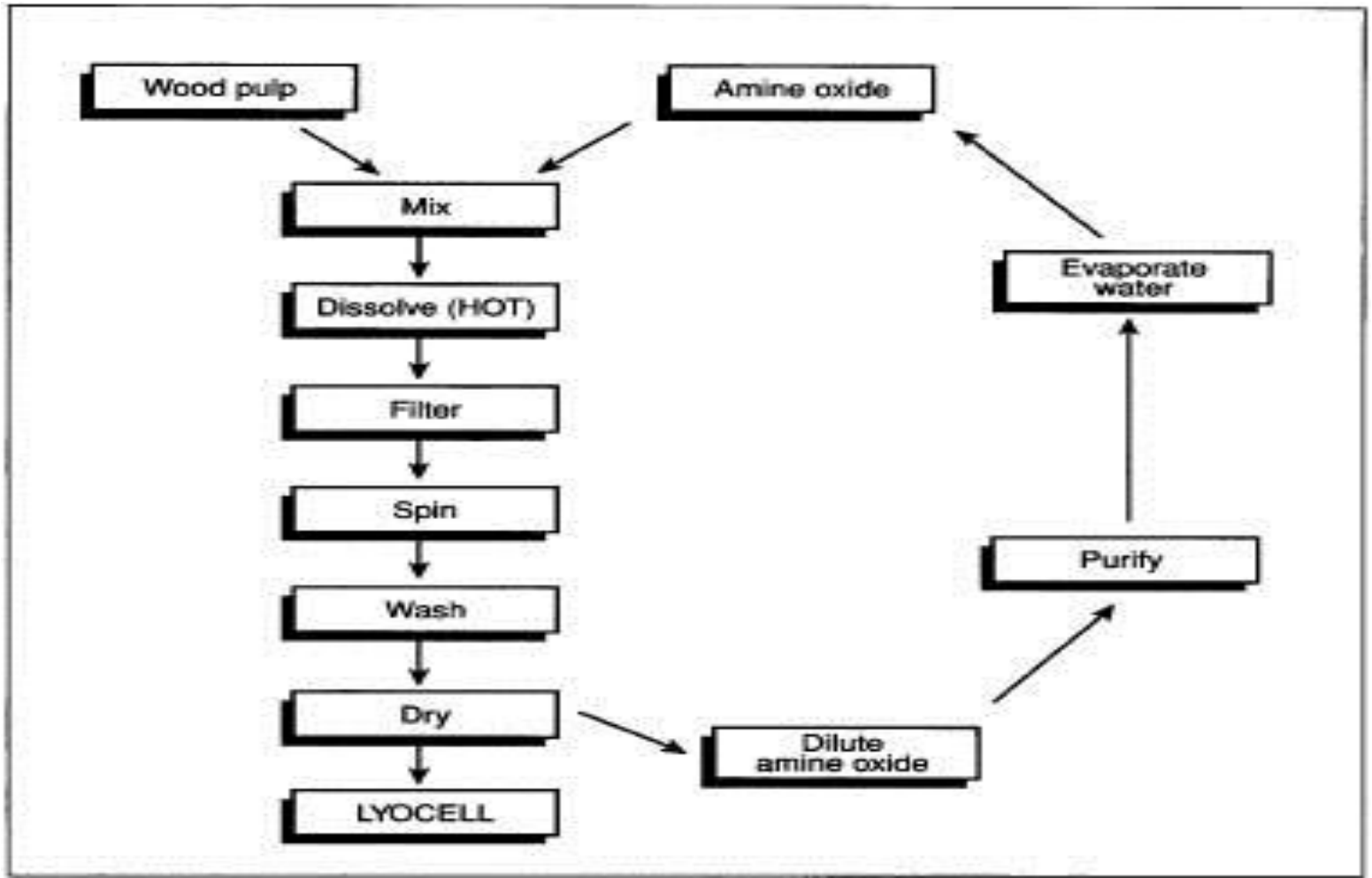
Trade name >> Tencel®

- เป็นเส้นใยเซลลูโลสประดิษฐ์ ผลิตจากเยื่อไม้โดยใช้เทคนิค Solvent Spinning และมี Amine Oxide เป็นตัวทำละลาย
- กระบวนการผลิตเส้นใยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
  - กระบวนการที่ใช้ระบบปิด สามารถดักเก็บตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้เกือบทั้งหมด
  - ปริมาณการใช้น้ำ สารเคมี และพลังงานต่ำกว่าการผลิตเส้นใยอื่น
  - ตัวทำละลายไม่เป็นพิษ

Regenerated fibers

ไลโอเซล (Lyocell)

กระบวนการผลิต



Regenerated fibers

ไลโอเซล (Lyocell)

- เอกลักษณ์เฉพาะตัว >> **การเกิดขน (Fibrillation)** เหมือนกับการปริแตกของผิวนอกของเส้นใย เป็นปุยขน มักเกิดในขณะเปียกและถูกแรงกระทำภายนอก

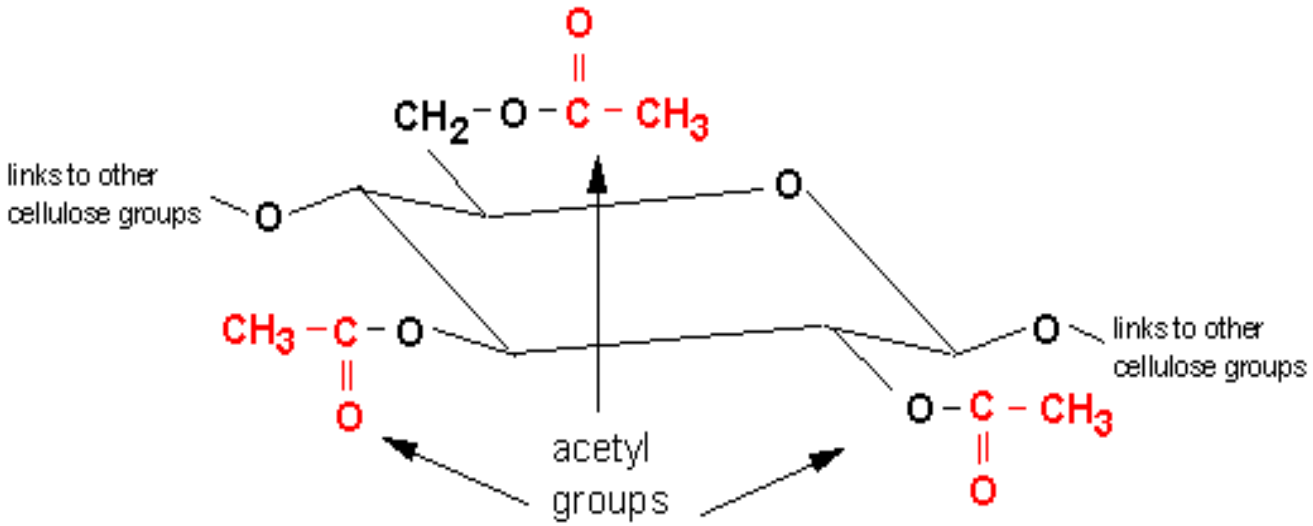
การใช้ประโยชน์

ผสมกับเส้นใยธรรมชาติแทบทุกชนิด เช่น ฝ้าย ขนแกะ หรือไหม ทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ทั้งผ้าทอ ผ้าถัก ให้ผิวสัมผัสดี สวยงาม มีความแข็งแรงสูงมากกว่าฝ้ายแต่มีความสบายตัวคล้ายฝ้าย ทิ้งตัวดีไม่แพ้เรยอน จึงมีราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับฝ้าย

Regenerated fibers

อะซิเตท (Acetate)

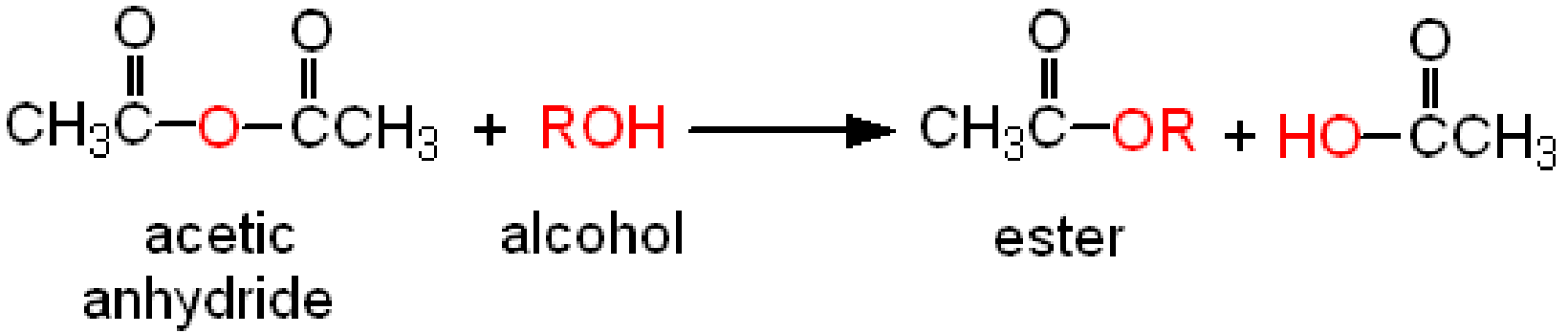
- เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส (derivative of cellulose) โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสกับกรดอะซิติก (acetice acid) และอะซิติกแอนไฮไดร์ (acetic anhydride) ในสภาวะที่มีกรดซัลฟูริก >> ปฏิกิริยา “Acetylation”
- อะซิเตท >> เส้นใยที่ผลิตได้จากสารเซลลูโลสอะซิเตท โดยไม่น้อยกว่า 92% ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของเซลลูโลส ถูกทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก



Regenerated fibers

อะซิเตท (Acetate)

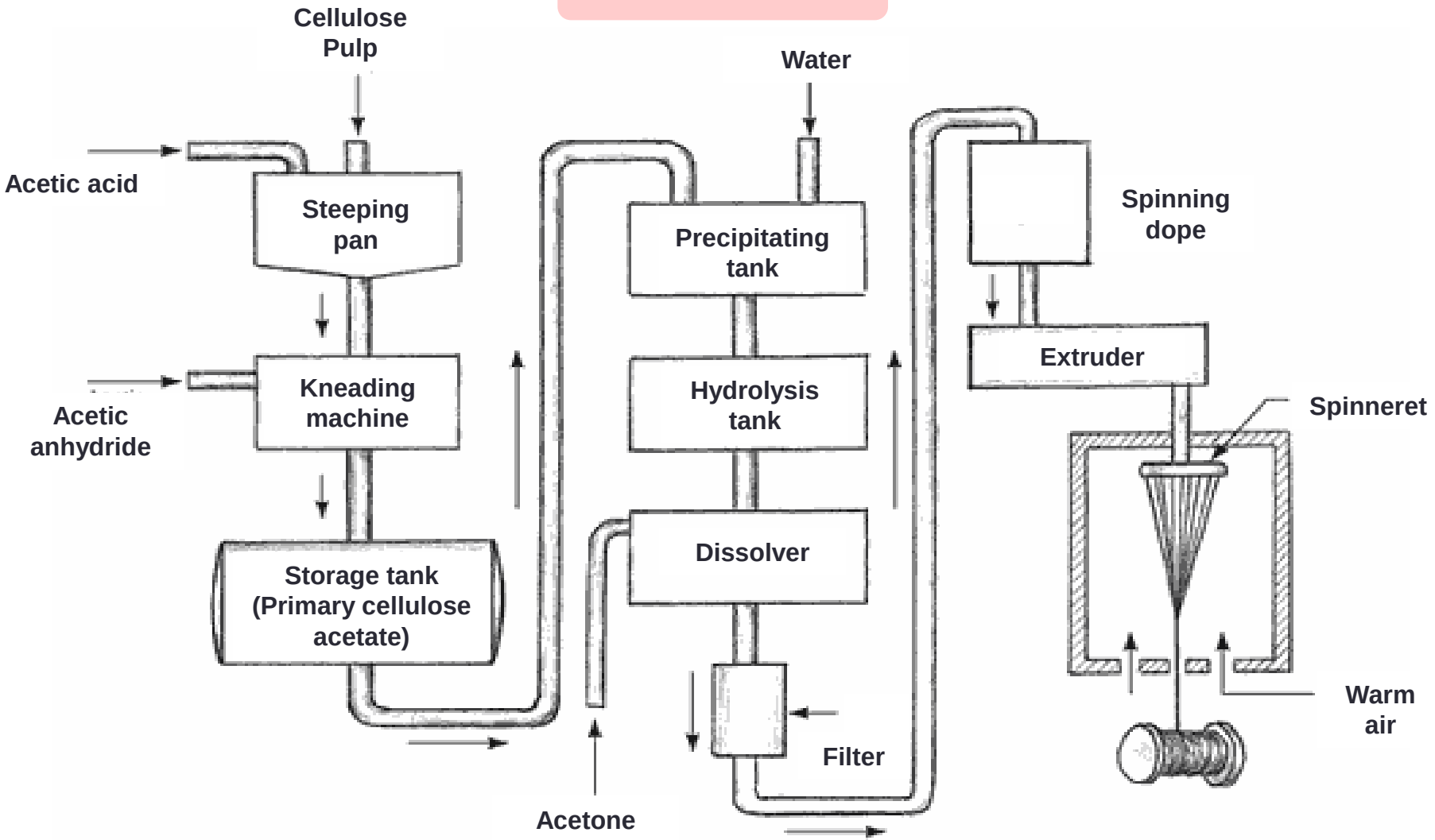
- Acetylation refers to the process of introducing an acetyl group into a compound, namely the substitution of an acetyl group for an active hydrogen atom.
- A reaction involving the replacement of the hydrogen atom of a hydroxyl group with an acetyl group (CH_3CO) yields a specific ester, the acetate.
- Acetic anhydride is commonly used as an acetylating agent reacting with free hydroxyl groups.



Regenerated fibers

อะซิเตท (Acetate)

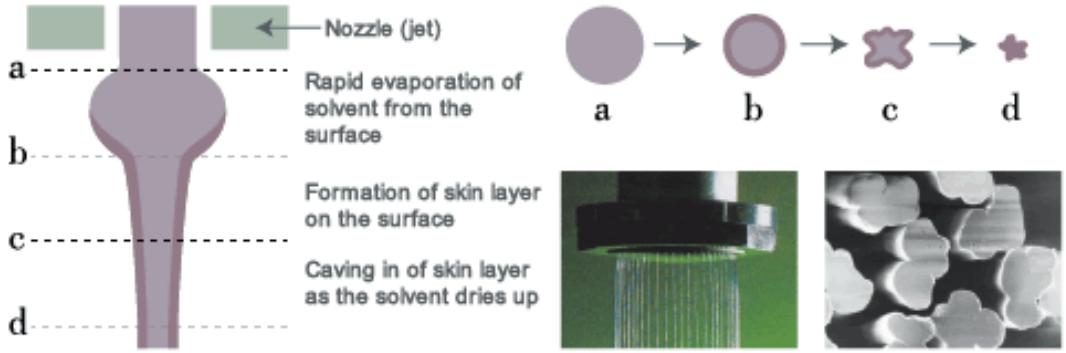
กระบวนการผลิต

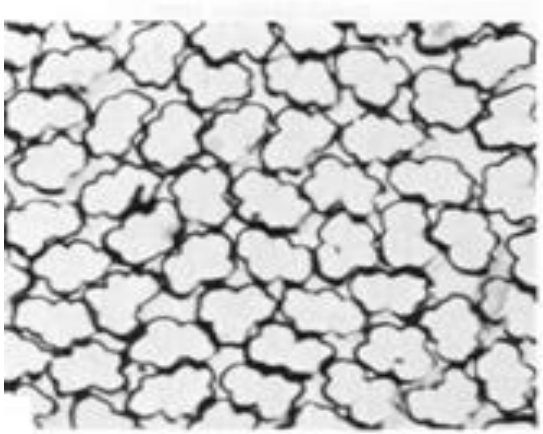


อะซิเตท (Acetate)

Regenerated fibers

Fiber Formation Process and Cross-Section of Acetate Fiber





Triacetate

"lobular shape" or

"flower-petal shape"

Acetate

Regenerated fibers

อะซิเตท (Acetate)

สมบัติ

ความยาว: ส่วนใหญ่ผลิตเป็นเส้นใยยาว สวยงามคล้ายไหม

- ความมันและสี: ใส กึ่งทึบ ทึบ
- ความแข็งแรง: ต่ำ tenacity = 1.2-1.5 g/deneir ลดลงเมื่อเปียก
- การดูดความชื้น: ต่ำ (3-6%)
- การทนต่อความร้อน: ความอ่อนไหวต่อความร้อน (< 177 $^{\circ}$C)
- สมบัติทางเคมี: ไม่ทนต่อกรดและด่างที่เข้มข้น ทนต่อสารฟอกขาว

และสาระลายอินทรีย์ที่ใช้ซักแห้งได้ดี ละลายได้ในอะซิโตนและคลอโรฟอร์ม

- สมบัติทางชีวภาพ: ไม่ขึ้นราและทนต่อแมลงได้ดี

Regenerated fibers

อะซิเตท (Acetate)

การใช้ประโยชน์

ใช้ผสมกับเส้นใยอื่น เพื่อลดราคาผลิตภัณฑ์ให้ถูกลง และปรับปรุงสมบัติของผ้า

- Wool/Acetate ลดการหดตัว รักษารูปทรงได้ดี ราคาถูก
- Rayon/Acetate ลดการยับของผ้า จับจีบได้ง่าย รักษารูปทรงได้ดี

- Apparel: Blouses, dresses, linings, wedding and party attire, home furnishings
- High absorbency products: diapers, feminine hygiene products

เส้นใยสังเคราะห์

(Synthetic Fiber)

คุณสมบัติของเส้นใยสังเคราะห์

☺ แข็งแรง และทนทานต่อสารเคมีได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ

☺ ผิวเส้นใยเรียบ ทำให้ดูดฝุ่นหรือสิ่งสกปรกมาติดได้ยาก

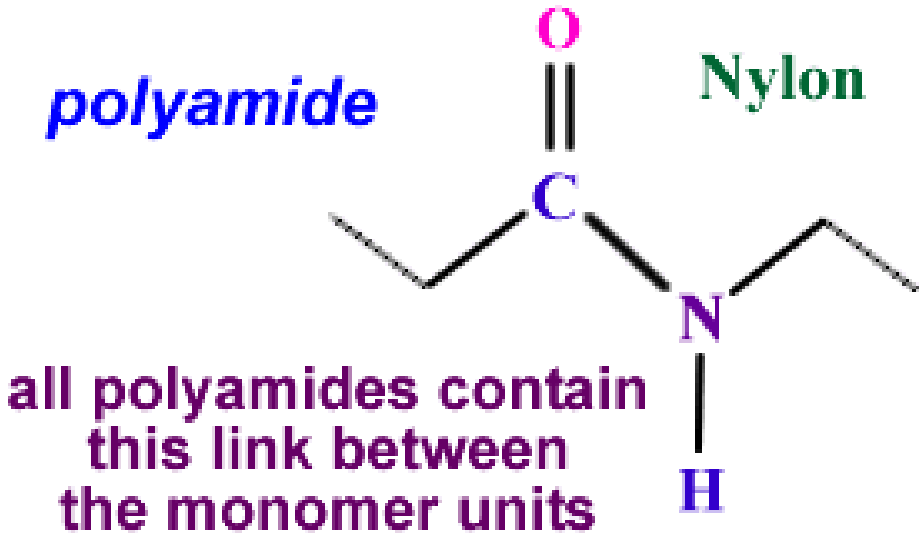
☺ ง่ายต่อการบำรุงรักษา ทนทานต่อสารซักฟอกที่ใช้ตามบ้านเรือน

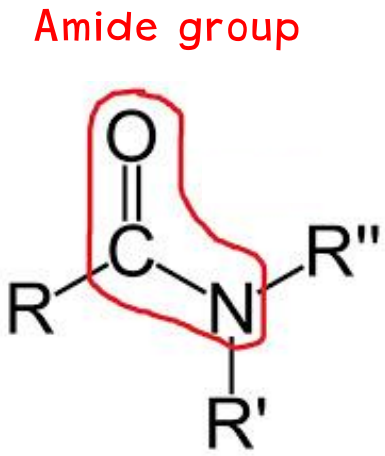
☹ ไม่ดูดความชื้น (Hydrophobic) ย้อมสีติดยาก ไม่สบายเวลาสวมใส่ ขจัดคราบไขมันออกได้ยาก

☹ จุดหลอมเหลวต่ำ จึงต้องรีดที่อุณหภูมิต่ำๆ

Synthetic fibers

ไนลอน (Nylon)



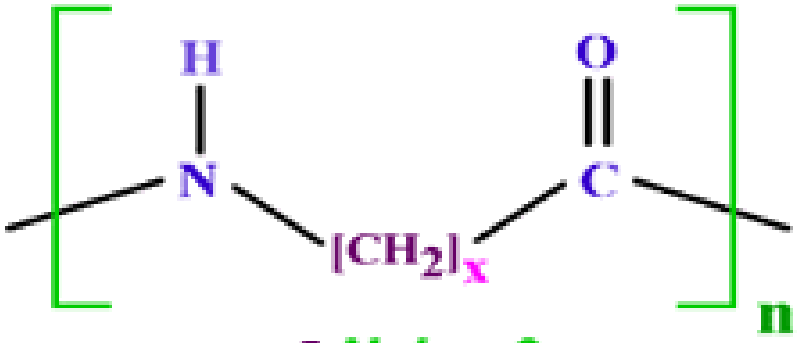


ไนลอน (Nylon) เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่เนื้อเส้นใยเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวของพอลิเอไมด์สังเคราะห์ซึ่งมีปริมาณของแขนเอไมด์ ถูกแทนที่โดยตรงด้วยวงแหวนอะโรมาติกน้อยกว่า 85٪ ของปริมาณทั้งหมด

ไนลอน (Nylon)

Synthetic fibers

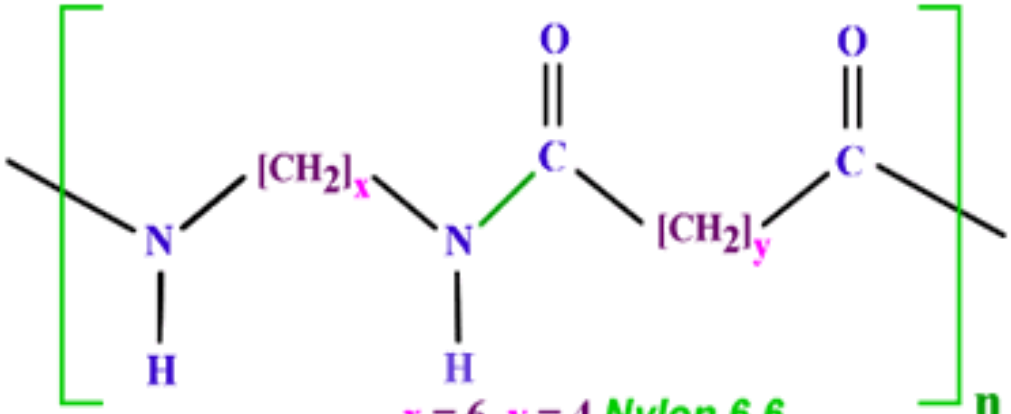
One repeating monomer unit



x = 5 *Nylon 6*
x = 9 *Nylon 10*
x= 11 *Nylon 12*

Those synthesised from one repeating monomer are given a single number in their name, the number of carbon atoms in the monomer unit

Two different repeating monomer



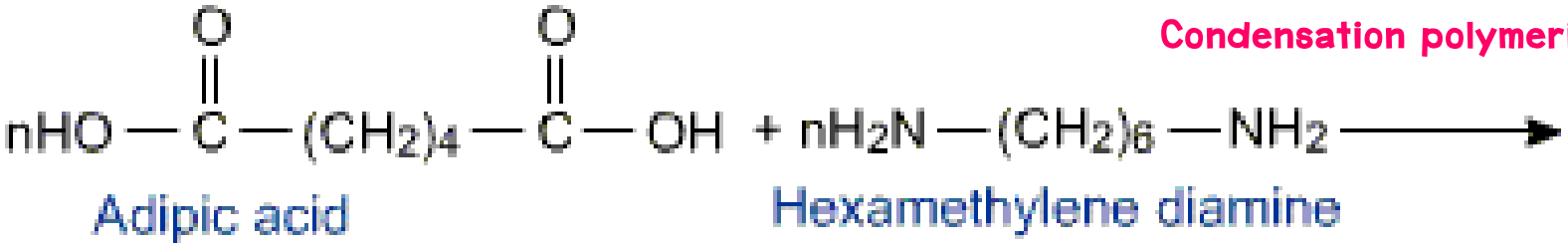
x = 6, y = 4 *Nylon 6,6*
x = 6, y = 8 *Nylon 6,10*

Those synthesised from two different repeating monomers are given two numbers in their name, indicating the number of carbon atoms in each monomer unit

ไนลอน (Nylon)

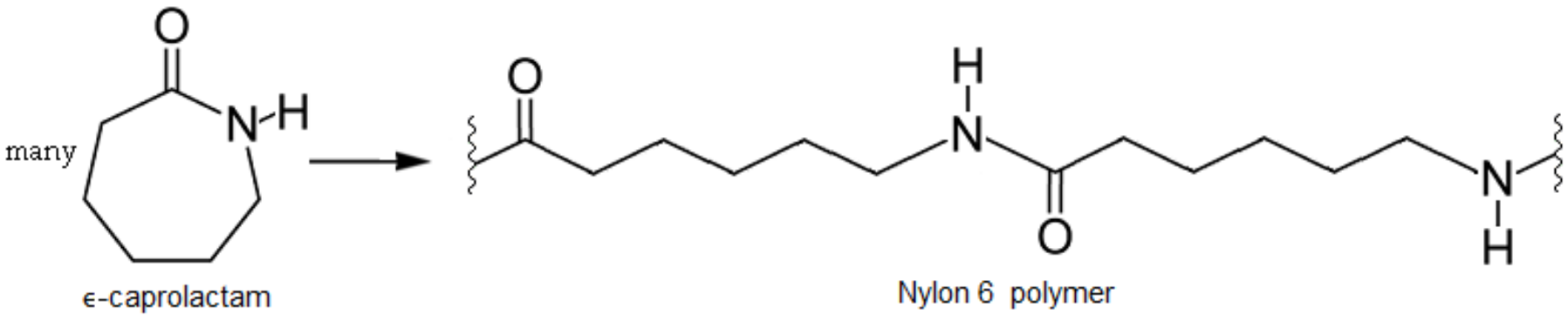
Synthetic fibers

Condensation polymerization



Nylon 6, 6

ring opening polymerization

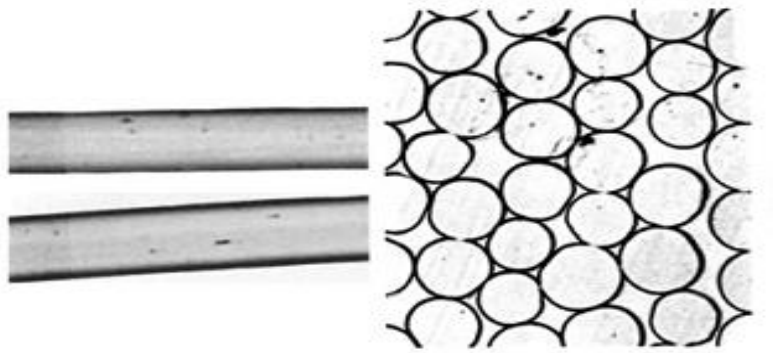


Synthetic fibers

ไนลอน (Nylon)

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

- สีและความมัน: สีขาว ความมันสูง สามารถควบคุมความมันได้ตามต้องการ
- ความแข็งแรง: tenacity : เครื่องนุ่งห่ม = 3.0-6.0 g/deneir
  : ชนิดความแข็งแรงสูง = 6.0-9.5 g/deneir
- การดูดความชื้น: ต่ำ (4.0-4.5%)
- การทนต่อความร้อน: Thermoplastic fiber m.p. Nylon6 = 210 $^{\circ}$C, Nylon6,6 = 250 $^{\circ}$C
- สมบัติทางเคมี: ทนต่อด่าง ไม่ทนกรด ซักแห้งได้ ทนต่อสารละลายอินทรีย์ ทนต่อเชื้อราและแมลง



ไนลอน (Nylon)

Synthetic fibers

การใช้ประโยชน์

- Apparel: เสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ชุดชั้นใน ผ้าร่มกันน้ำ เสื้อกันลม เสื้อกันฝน ชุดเล่นสกี ชุดว่ายน้ำ
- Home Furnishings: ผ้าปูเตียง พรม ผ้าม่าน ผ้าบุเฟอร์นิเจอร์
- Industrial and Other Uses: ผ้าใบยางรถยนต์ อวน ตาข่าย เชือก เอ็นตกปลา ท่อ สายพาน เข็มขัดนิรภัย ร่มชูชีพ ถุงนอน เต็นท์ เส้นเอ็นในอุปกรณ์กีฬา ไหมขัดฟัน

Synthetic fibers

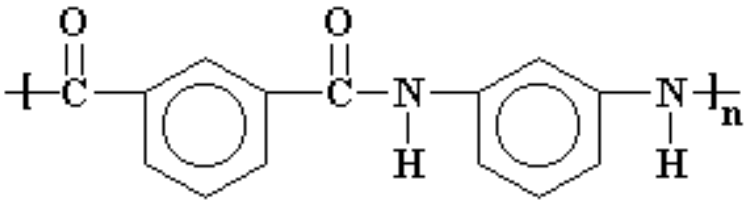
อะรามิด (Aramid)

Aramid >> Aromatic Polyamide

อะรามิด (Aramid) เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยพอลิเอไมด์สังเคราะห์เป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวที่มีอย่างน้อยที่สุด 85% ของแขนเอไมด์ ถูกจับโดยตรงกับวงแหวนอะโรมาติกทั้งสองข้าง

Nomex

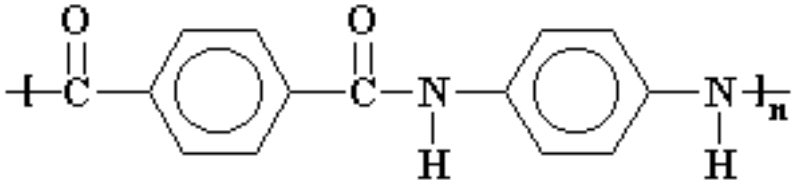
(meta-linkage)



In Nomex the aromatic groups are all linked into the backbone chain through the 1 and 3 positions. This is called *meta*- linkage.

Kevlar

(para-linkage)



In Kevlar the aromatic groups are all linked into the backbone chain through the 1 and 4 positions. This is called *para*- linkage.

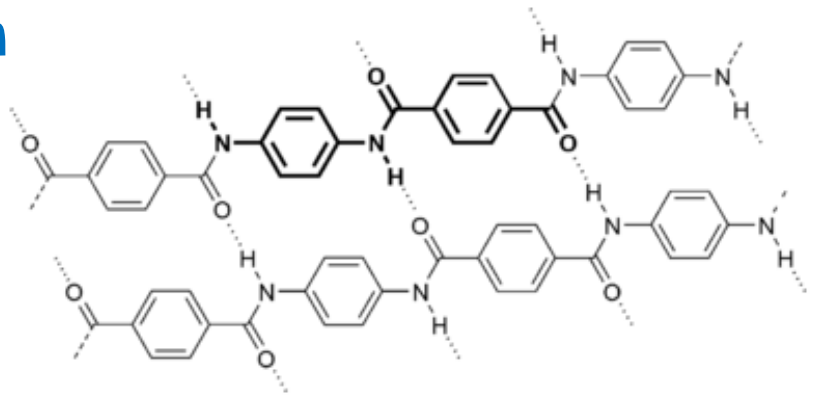
Synthetic fibers

อะรามิด (Aramid)

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

- ความแข็งแรง: สูง tenacity อาจสูงถึง 21 g/deneir
- การทนต่อความร้อน: สูง
- การติดไฟ: ไม่หลอม ดับไฟได้ด้วยตนเอง
- การยืดตัว: สภาพยืดหยุ่นของเส้นใยค่อนข้างสูง
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดี ผลิตเป็นผ้าที่รักษารูปทรงได้ดี
- การดูดซึมความชื้น: ต่ำ แห้งเร็วเมื่อเปียก
- สมบัติทางเคมี: ทนทานต่อกรด ด่าง

และตัวทำละลายได้ดี



อะรามิด (Aramid)

Synthetic fibers

การใช้ประโยชน์

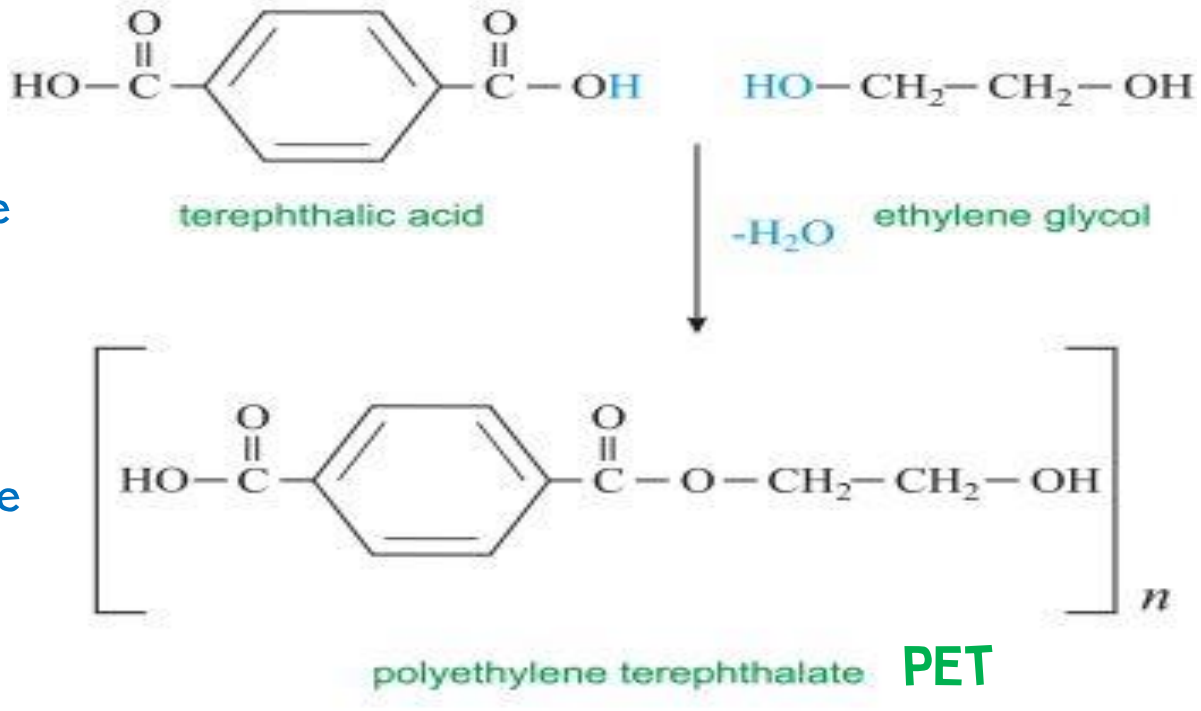
- Nomex : Protective apparel: ถุงมือ ชุดกันไฟ ชุดนักแข่งรถ
- Kevlar :
  - Ballistic protective applications: เสื้อเกราะกันกระสุน หมวกนิรภัย
  - Aircraft body parts
  - Sport goods: จักรยาน rackets
  - Friction linings: clutch plates & brake pads
  - Gaskets for high T and P applications

Synthetic fibers

พอลิเอสเทอร์ (Polyester)

"เส้นใยที่เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาว ซึ่งประกอบด้วยอย่างน้อย 85% โดยน้ำหนักของพอลิ-เอสเตอร์ที่ได้จาก dihydric alcohol และ Terephthalic acid"

- Polyethylene Terepthalate (PET)
- Poly 1, 4 cyclohexylene-dimethylene terephthalate (PCDT)



Synthetic fibers

พอลิเอสเทอร์ (Polyester)

สมบัติทางกายภาพ

- ความแข็งแรง: filament : tenacity= 4.0-5.0 gpd

  filament ชนิดความแข็งแรงสูง : tenacity = 6.3-9.5 gpd

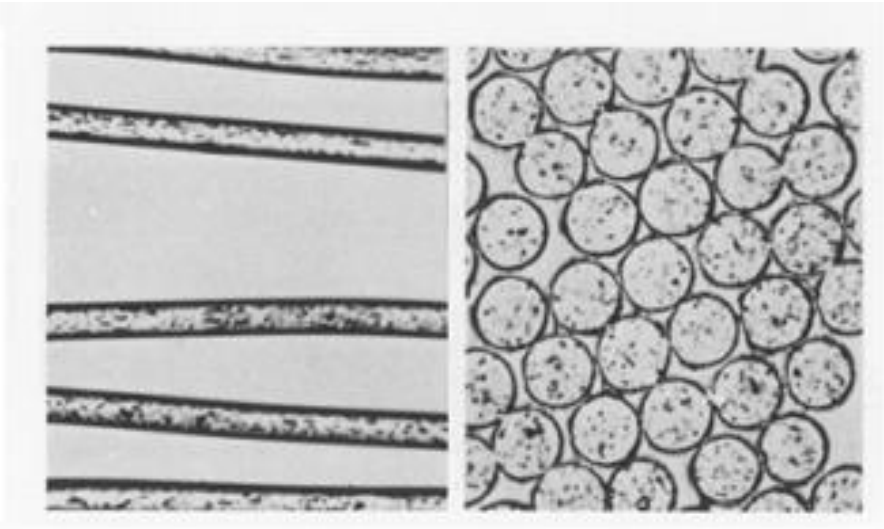
  staple : tenacity = 2.5-5.5 gpd
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดี ถึงดีมาก ทั้งในขณะแห้งและเปียก
- การยืดตัว: ไม่ดีนัก ถ้ามีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงๆจะคืนกลับสภาพเดิมได้ไม่ดีนัก
- การดูดซึมความชื้น: ต่ำมาก แห้งเร็วเมื่อเปียก แต่สวมใส่ไม่สบายตัว
- การทนต่อความร้อน: เริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 230 $^{\circ}$C
- การติดไฟ: ละลายและหลอมเป็นหยด

Synthetic fibers

พอลิเอสเทอร์ (Polyester)

สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนต่อกรดและด่างได้ดี ทนต่อสารซักฟอกและสารละลายที่ใช้ซักแห้งทั่วไปได้
- แสงแดด: ทนทานต่อแสงแดด เหมาะใช้ทำเป็นผ้าม่าน
- ราและแมลง: ทนต่อราและแมลงได้อย่างดี ทนทานต่อจุลินทรีย์ในน้ำทะเล



Synthetic fibers

พอลิเอสเทอร์ (Polyester)

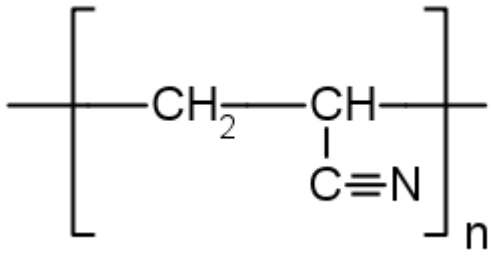
การใช้ประโยชน์

- Apparel: เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายทั่วไป กระโปรง เนคไท
- Home Furnishings: ผ้าปูที่นอน ปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง พรม ผ้าม่าน เครื่องตกแต่งภายในต่างๆ ที่ทำด้วยผ้า ใช้แทนนุ่นบรรจุภายในผลิตภัณฑ์ หมอน ผ้าห่ม
- Industrial and Other Uses: เชือก สายพาน ใบเรือ ท่อน้ำผ้าใบที่ใช้ในการดับเพลิง ผ้าใบสำหรับยางรถยนต์ ทำถุงใส่ผ้าที่เข้าเครื่องย้อม ผ้ากรองเยื่อกระดาษในโรงงานกระดาษ ทำผ้าหุ้มสายไฟ

Synthetic fibers

อะคริลิก (Acrylic)

เส้นใยประดิษฐ์ซึ่งวัสดุที่เป็นเส้นใยนั้นเกิดจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของอะคริโลไนไตรล์ (acrylonitrile) อย่างน้อย 85% โดยน้ำหนัก



PAN = Polyacrylonitrile

สมบัติทางกายภาพ

- ความแข็งแรง: ปานกลาง 2.0-3.5 gpd ต่ำกว่าใยธรรมชาติชนิดอื่น แต่สูงกว่าเส้นใยขนสัตว์
- การดูดซึมความชื้น: ต่ำ 1.0-3.0%
- การทนต่อความร้อน: เริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิ 210-230 °C
- การติดไฟ: หลอมเหลวและหดตัวเล็กน้อยคล้ายไนลอน จากนั้นจะติดไฟและเผาไหม้ให้ขี้เถ้าสีดา กลิ่นคล้ายสารประเภทอะโรมาติก

Synthetic fibers

อะคริลิก (Acrylic)

การใช้ประโยชน์

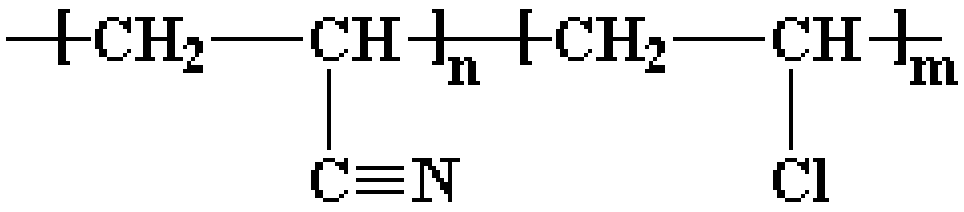
- นิยมนำไปผสมกับเส้นใยขนสัตว์ ทำผ้าขนสัตว์เทียม เมื่อนำไปผลิตเสื้อผ้าจะได้ผ้าที่คุณสมบัติคล้ายขนสัตว์แท้ๆ แต่ราคาถูกกว่าและมีความทนทานกว่า เหมาะสำหรับจะนำไปทำเสื้อสเวตเตอร์ สูทชายหญิง กางเกง กระโปรง เสื้อโค้ท
- ใช้อะคริลิกผสมกับไนลอนจะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยทั้งสองชนิด คือ แห้งเร็ว อ่อนนุ่มกว่าไนลอน 100٪ เหมาะสำหรับใช้ถักถุงเท้า ถุงน่อง การใช้งานมีทั้งผ้าถัก ผ้าทอ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ทำผ้าห่ม ทำพรม ม่าน

Synthetic fibers

โมดาคริลิก (Modacrylic)

- ดัดแปรมาจากอะคริลิก (Modified acrylic)
- ตัวเนื้อเส้นใยประกอบด้วยพอลิเมอร์สังเคราะห์เป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวที่มีกลุ่มของอะคริโลไนไตรล์ผสมอยู่ 35-85% ส่วนสารเคมีอื่นที่ประกอบอยู่ด้วยนั้นอาจเป็นไวนิลคลอไรด์ (CH_2CHCl) หรือไวนิลิดีนคลอไรด์ (CH_2CCl_2)

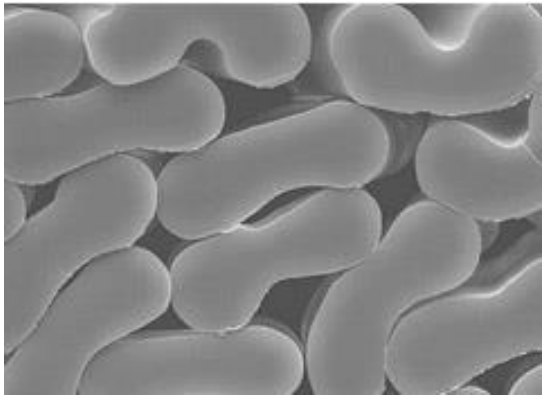
"copolymers of acrylonitrile and vinyl chloride"



poly(acrylonitrile-*co*-vinyl chloride)

Synthetic fibers

โมดาคริลิก (Modacrylic)

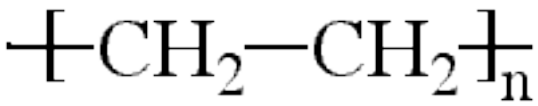


Kanecaron®/Protex®

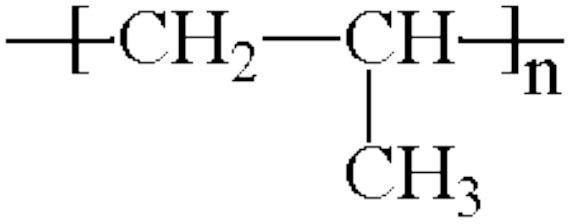
<u>การใช้ประโยชน์</u> Modacrylics are used primarily in applications where environmental resistance or flame retardancy is necessary or required.

Synthetic fibers

พอลิโอเลฟินส์ (Polyolefin)



Polyethylene (PE)



Polypropylene (PP)

- มีความแข็งแรงตั้งแต่ปานกลางถึงดีมาก
- คืนตัวจากแรงอัดได้ดี (สมบัติจะแปรผกผันกับความแข็งแรง)
- ดูดซึมความชื้นต่ำมาก
- น้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี
- เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก มีความอ่อนไหวต่อความร้อนสูง
- ทนต่อกรด ด่าง สารเคมี แมลงและเชื้อรา
- เสื่อมสภาพได้ด้วยความร้อนและแสงแดด

Synthetic fibers

พอลิโอเลฟินส์ (Polyolefin)

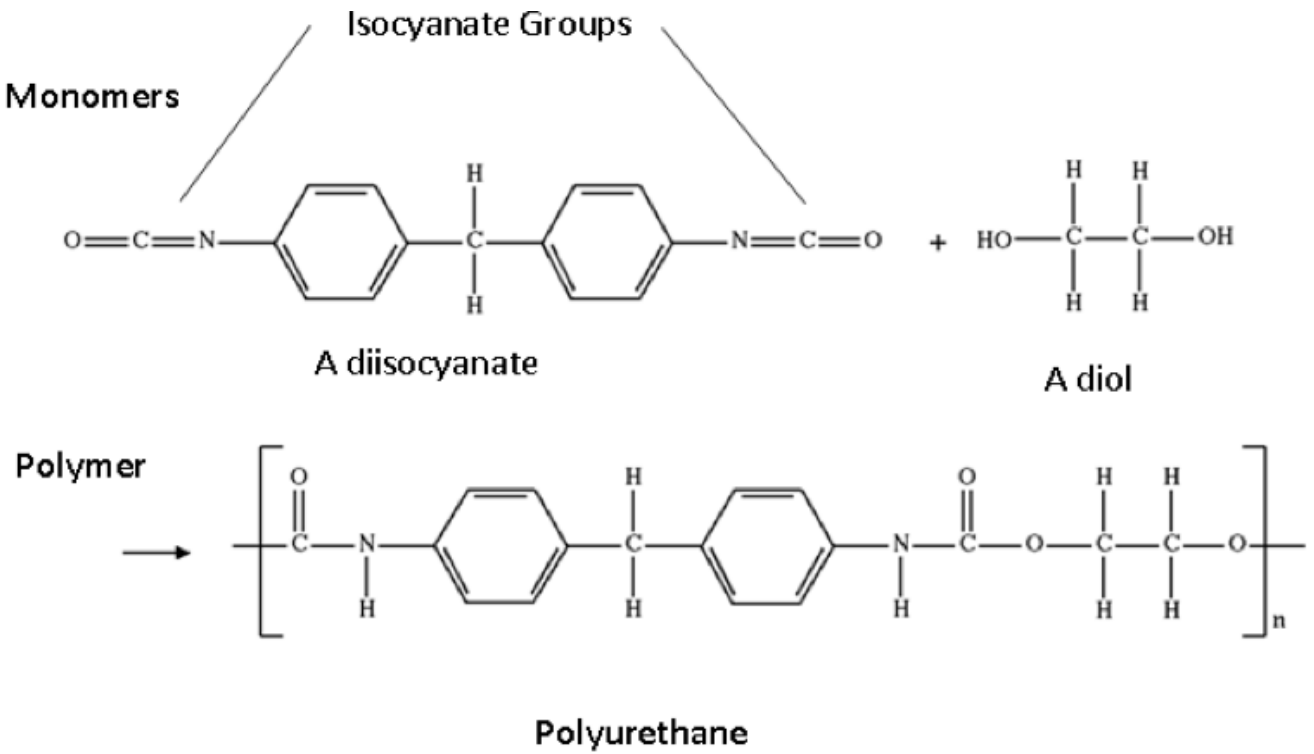
<u>การใช้ประโยชน์</u> ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ในงานอุตสาหกรรม เช่น เชือก แห อวน พรม ผ้าบุที่นั่งรถยนต์ เฟอร์นิเจอร์นอกบ้าน พื้นรองพรม ผลิตในรูปแผ่นฟิล์มบาง (Split film) แล้วตัดเป็นแถบเล็ก ๆ แล้วสานเป็นผ้าใช้คลุมหรือเป็นถุงบรรจุสารเคมี

สแปนเดกซ์ (Spandex)

Synthetic fibers

"Elastomer Fiber"

"เส้นใยที่ประกอบด้วยสารพอลิเมอร์สังเคราะห์สายโซ่ยาว ที่มีส่วนของพอลิยูริเทนอย่างน้อย 85% โดยน้ำหนัก"

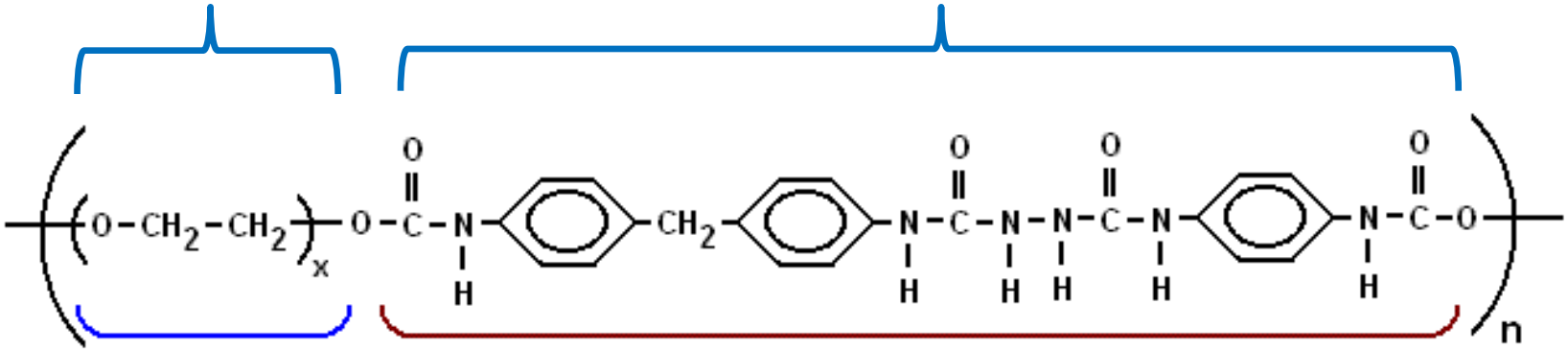


สแปนเดกซ์ (Spandex)

Synthetic fibers

Soft segment (Polyol)

Hard segment (Diisocyanate)

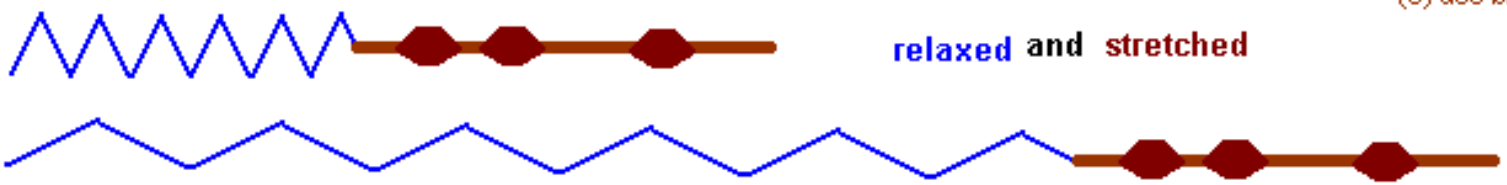


flexible stretching molecular segment softer - rubbery in character - gives the fibre elasticity

rigid segment of the polymer molecule gives the polymer strength - hence the strength and durability of Lycra-Spandex fibres

Think of the 'molecular' situation in the simpler way illustrated below

(c) doc brown



relaxed and stretched

the diagram represents a single 'double' molecular segment, un-stretched and stretched, and so this is repeated down the polymer molecule, which ultimately makes the way the fibre behaves

สแปนเดกซ์ (Spandex)

Synthetic fibers

สมบัติทางกายภาพ

- ความแข็งแรง: ต่ำ tenacity = 0.6-0.9 gpd
- การยืดตัว: ดีมาก เป็นสมบัติเด่น* สามารถยืดตัวออกได้ถึง 400-700% ก่อนถึงจุดขาด
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดีมาก
- การดูดซึมความชื้น: ต่ำมาก (0.75-1.3%) ทำให้สวมใส่ไม่สบายตัวเมื่อสัมผัสเส้นใยโดยตรง

สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนต่อกรดได้ดี ไม่ทนต่อด่าง ทนทานต่อสารละลายอินทรีย์ได้ดี สามารถซักแห้งได้ ทนต่อเหงื่อและน้ำมันได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันจากร่างกาย เครื่องสำอาง และครีมทาผิว ซึ่งเป็นสมบัติเด่นของสแปนเดกซ์เหนือยางธรรมชาติ

Synthetic fibers

สแปนเดกซ์ (Spandex)

การใช้ประโยชน์

- เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่มที่ต้องการความกระชับ รัดกุม นำไปถักหรือทอเป็นเสื้อผ้าชุดชั้นในที่กระชับรูปทรง (Foundation garments) เช่น บราเซีย หรือสเตย์ นอกจากนี้ยังนิยมนำไปผลิตเป็นเสื้อแจ็กเก็ต กางเกง (slack) กางเกงสำหรับเล่นสกี ชุดว่ายน้ำ เข็มขัด สายรัด ถุงน่อง หรือผ้าที่ใช้ในทางการแพทย์

THE END

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

fppt.com