



# IC 361 วิทยาศาสตร์เส้นใยและผ้า

## (IC 361 FIBERS AND FABRIC SCIENCE)

---

อ.ดร.อุษารัตน์ รัตนคำนวน  
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ  
ภาคการศึกษาที่ 1/2558

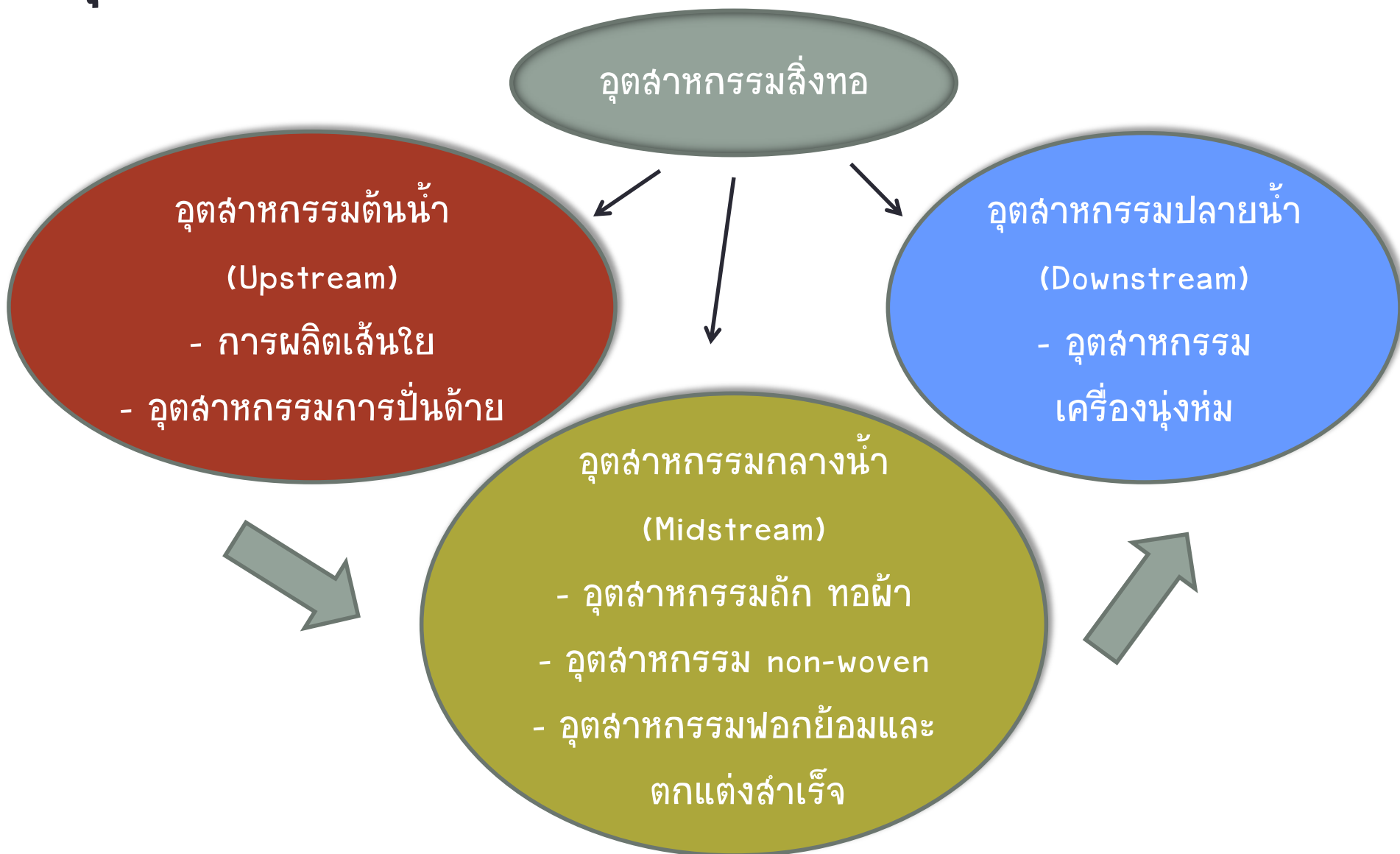
# บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

## อุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

- สิ่งทอถือเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเริ่มต้นจากการผลิตในครัวเรือนเพื่อใช้เฉพาะสมาชิกในครอบครัวหรือในชุมชน แต่เมื่อเศรษฐกิจเกิดการขยายตัวขึ้น ทำให้ความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้น จึงมีการนำเข้าเครื่องจักรเพื่อทำการผลิตตอบสนองความต้องการภายในประเทศ
- สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2476 กระทรวงกลาโหมได้มอบให้กรมพลธิการทหารบกจัดตั้งโรงงานทอผ้าขึ้น 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 ฝืนผ้า หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากเส้นใย เส้นด้าย หรือฝืนผ้าด้วย

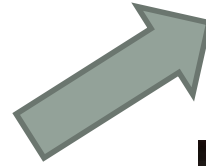


## ศัพท์สิ่งทอที่ควรรู้

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

“สิ่งทอ (Textile)” มี

ความหมายกว้างๆ หมายถึง  
เส้นใย เส้นด้าย ผ้า หรือ  
ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเส้นใย  
เส้นด้าย หรือจากผ้า



สิ่งทอทั่วไป

(Conventional textiles)



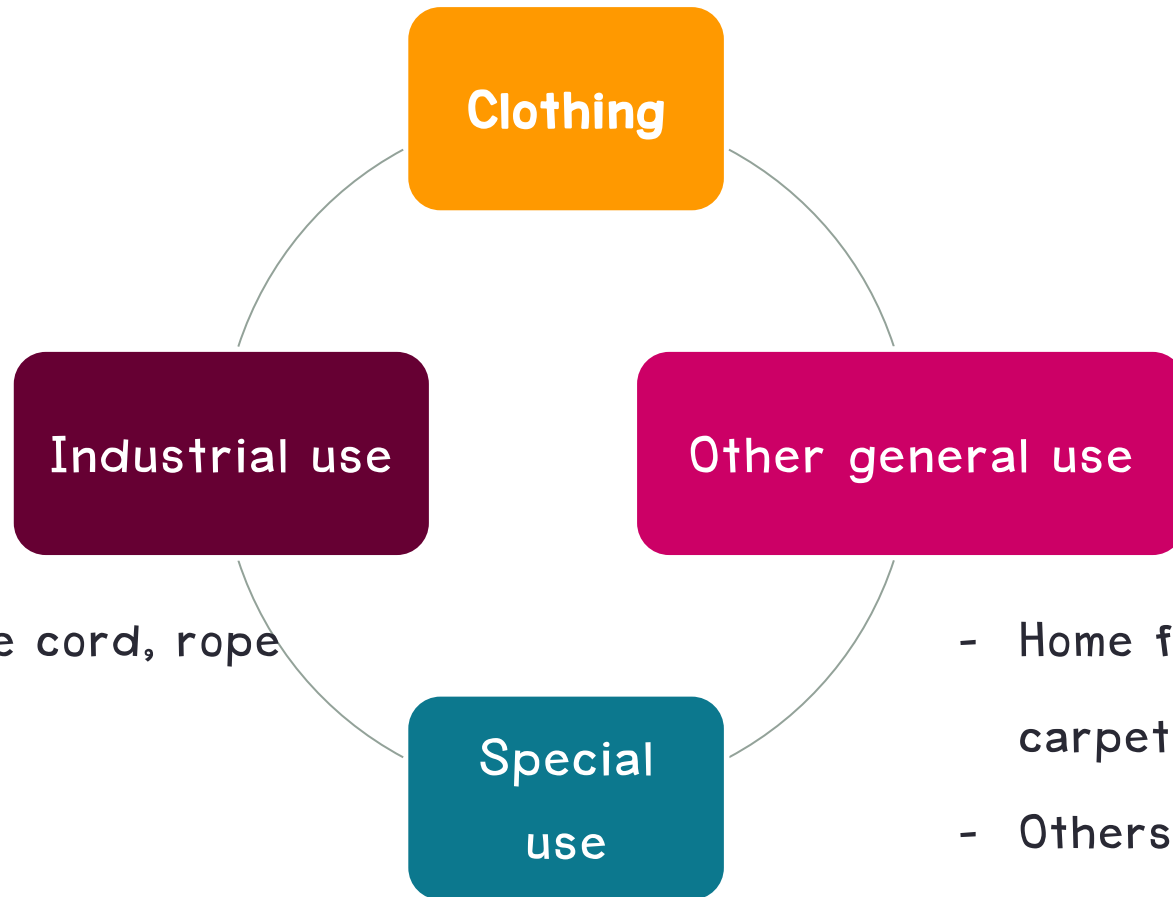
สิ่งทอเฉพาะทาง

(Technical textiles)





# การใช้งานสิ่งทอ (Major Uses of Textile Fiber)



Industrial use

- Filter, tyre cord, rope

Clothing

Other general use

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

Special use

- High performance fiber, medical textile, geotextile

**บทที่ 2 โครงสร้าง สมบัติ และการวิเคราะห์เส้นใย**  
**(Fiber Structure, Properties and Identification)**

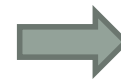
# โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

## โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

- **โครงสร้างทางกายภาพ** เช่น ความยาว ความหนา ความละเอียด ลักษณะผิวของเส้นใย มีผลต่อสมบัติด้านความรู้สึก อันเกิดจากการสัมผัส ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย
- **โครงสร้างทางเคมี** มีผลต่อสมบัติด้านความแข็งแรง การยืดตัว ความหนาแน่น ความชื้นที่เส้นใยดูดซึมได้ การรับสีย้อม เป็นต้น

## โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

เส้นใย (Fiber) มีโครงสร้างโมเลกุลที่เกิดจากการเรียงต่อกันของหน่วยพื้นฐานทางเคมี (monomer) ก่อให้เกิดโครงสร้างโมเลกุลที่ยาวต่อเนื่องเป็นลูกโซ่



polymer

ถ้าสมมติให้ A = monomer      -A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-



n คือ ระดับขั้นของการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of Polymerization)

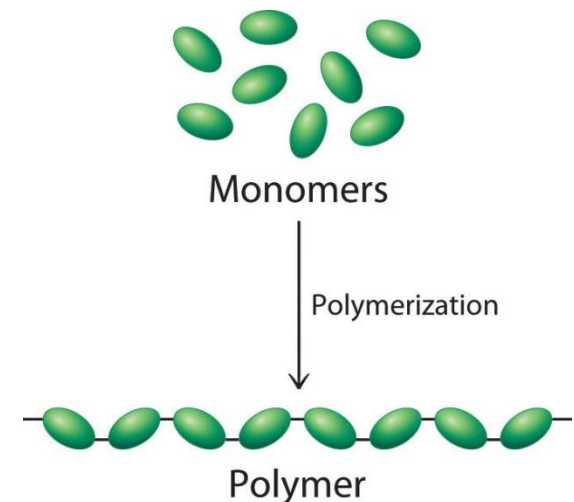
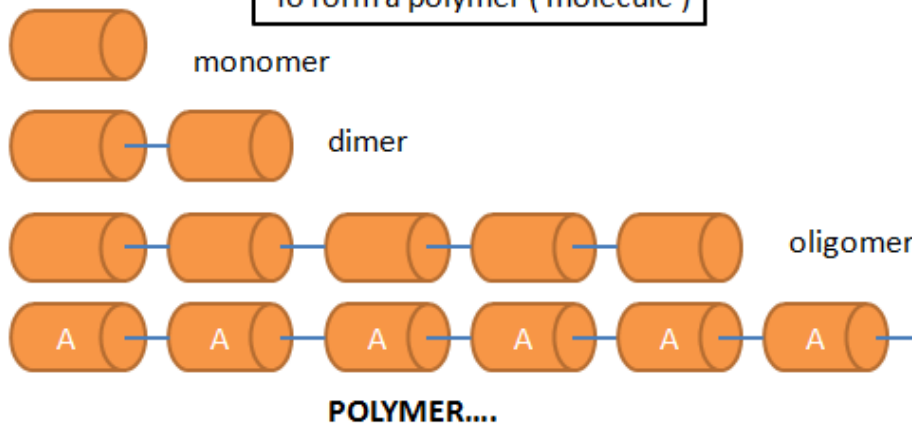
ค่า n มีค่าสูงแสดงถึงจำนวนมอนอเมอร์ที่มาต่อกันมากขึ้น พอลิเมอร์นั้นก็จะมีน้ำหนัก

โมเลกุลสูง

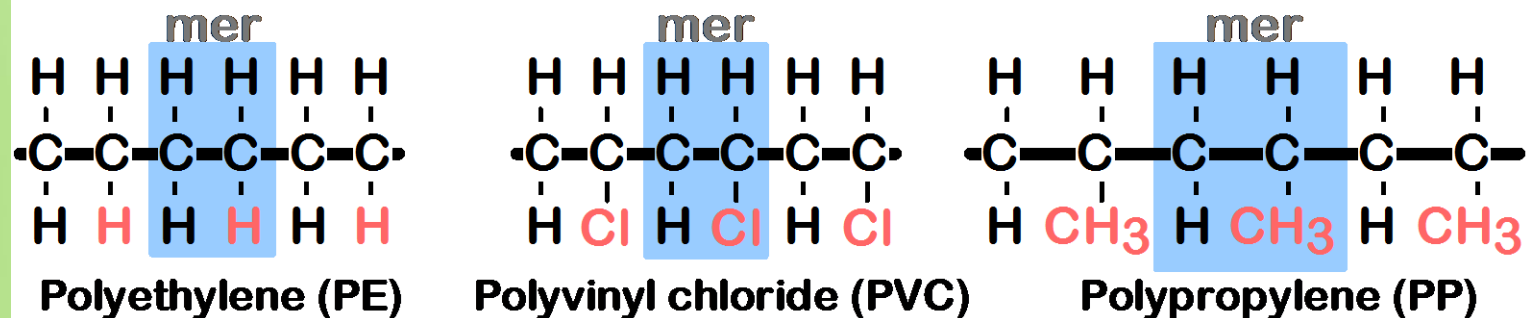
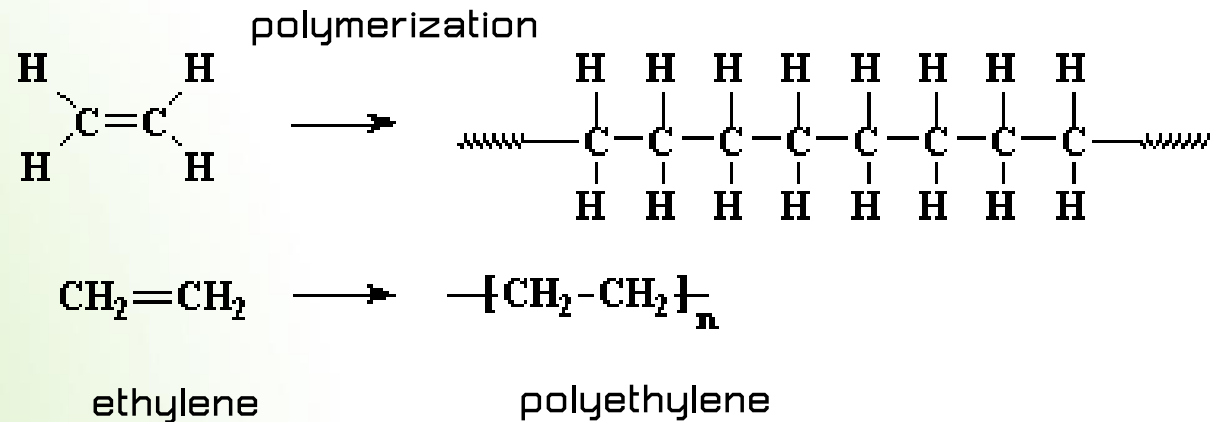
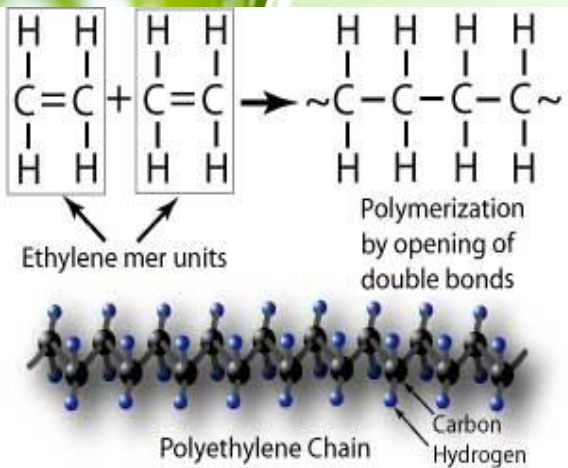
# พอลิเมอร์ (Polymer) คืออะไร?

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

Many monomer molecules  
Have Linked together  
To form a polymer ( molecule )



- 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

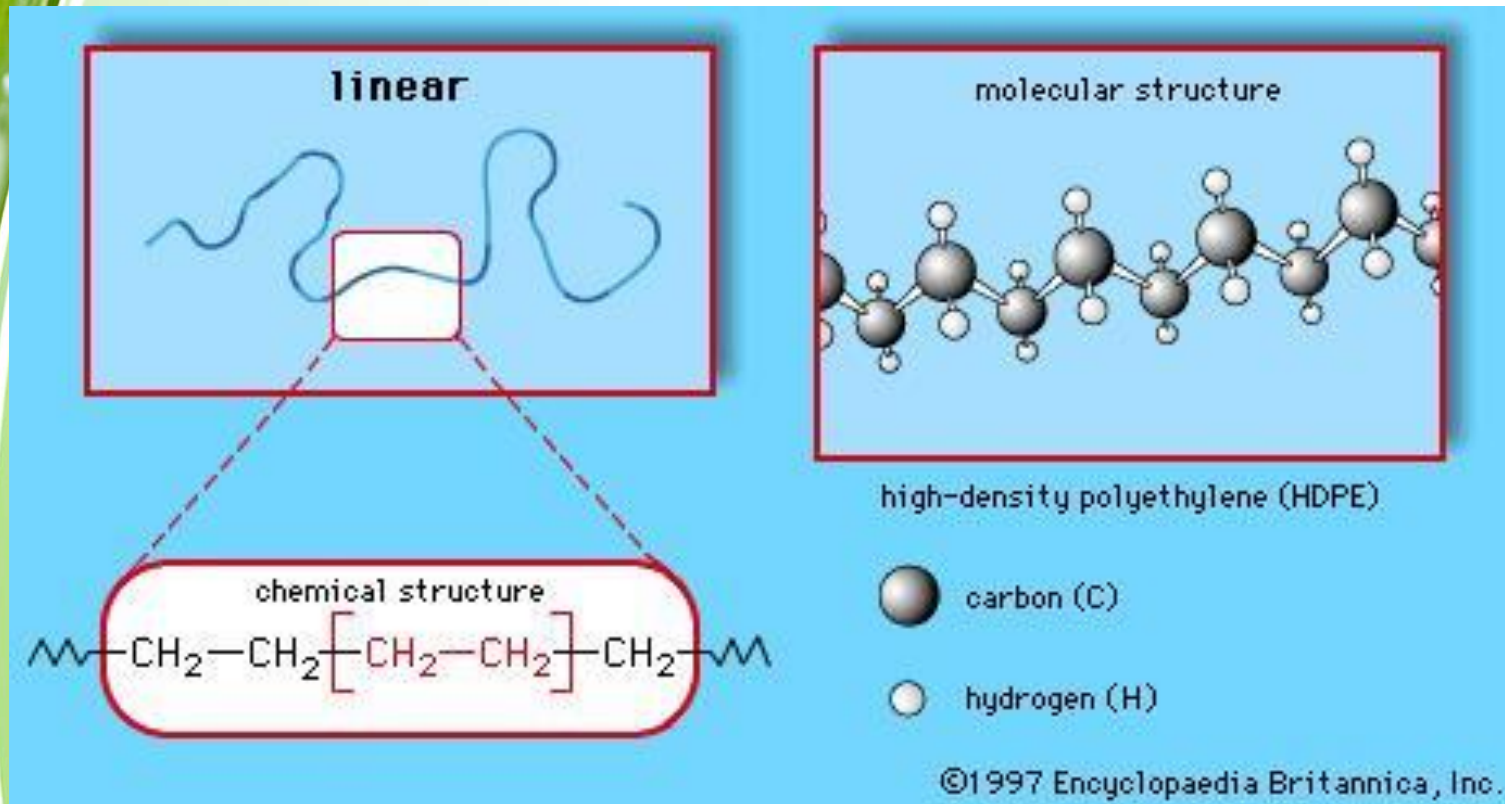


- 2) พอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymers) เนื่องจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ มีปริมาณคุณสมบัติและขอบเขตการใช้งานที่จำกัด ดังนั้นมนุษย์จึงได้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ขึ้นมา เช่น polyvinylchloride (PVC), polystyrene (PS), polyethylene (PE), polypropylene (PP)



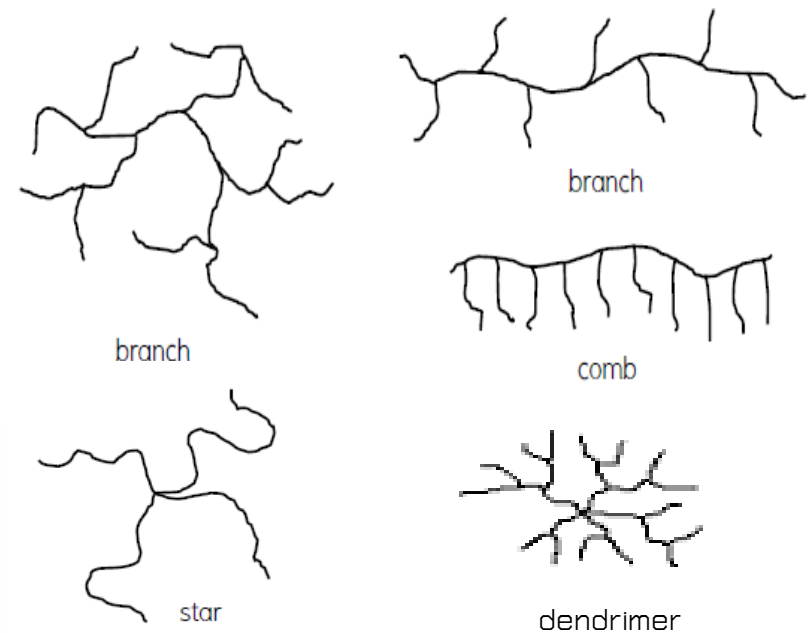
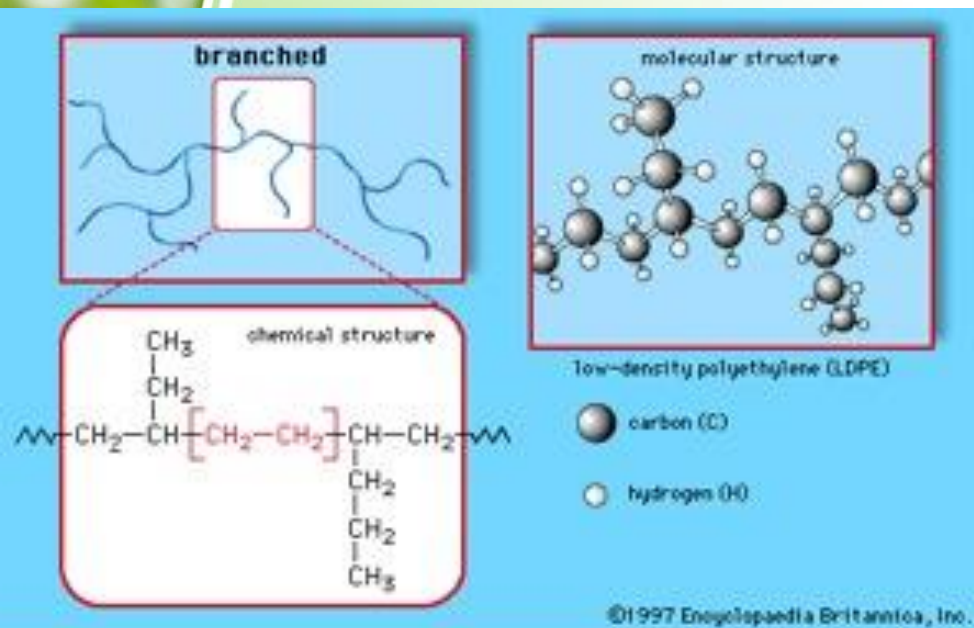
## ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

- 1) พอลิเมอร์แบบเชิงเส้น (linear polymers) โมเลกุลเป็นเส้น หรือ สายโซ่ (chain) ยาว ที่ไม่มีกิ่งก้านหรือสาขาแยกออกมาจากสายโซ่หลัก เช่น linear polyethylene



# ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

- 2) พอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน (branched polymers) โมเลกุลมีกิ่งก้านหรือสาขาแยกออกมาจากสายโซ่หลัก
- ข้อสังเกต : กิ่งก้านที่แยกออกมาจากสายโซ่หลักจะต้องมีมอนอเมอร์ชนิดเดียวกับสายโซ่หลัก ถ้าเป็นมอนอเมอร์ต่างชนิดกันไม่ถือว่าเป็นพอลิเมอร์แบบกิ่งก้าน แต่จะจัดว่าเป็นโคพอลิเมอร์

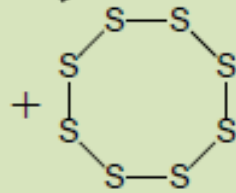
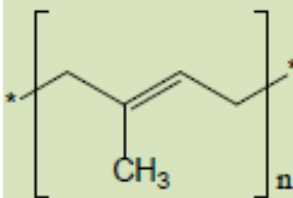


# ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

3) พอลิเมอร์แบบร่างแห (network or crosslinked polymers) โมเลกุล จะมีการเชื่อมขวางกัน เกิดโครงสร้างเป็นร่างแห

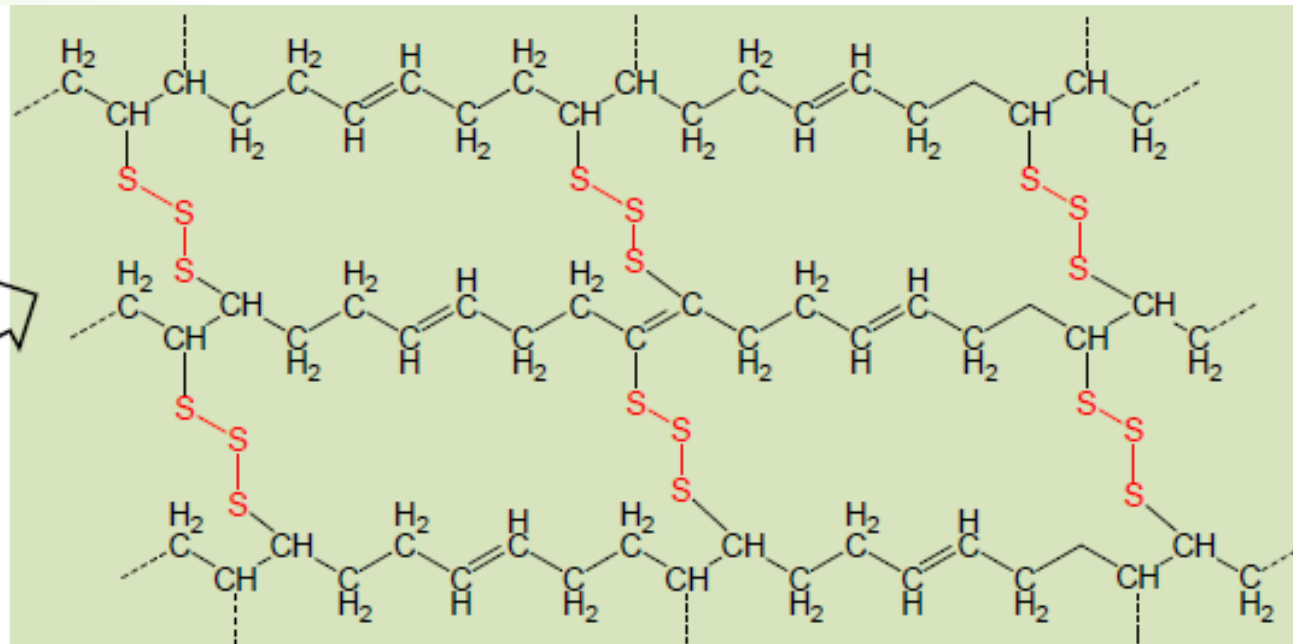


vulcanization



Poly(isoprene)

Sulfur



Crosslinked Poly(isoprene)

# ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

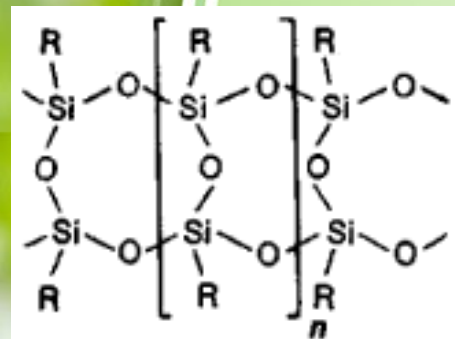
- 4) พอลิเมอร์แบบขั้นบันได (ladder polymers) พอลิเมอร์แบบนี้เกิดจากการทำให้หน่วยซ้ำในสายโซ่หลักมีการหลอมปิดเป็นวง แต่ถ้าการปิดวงนั้นเกิดไม่สม่ำเสมอ จะเรียกว่า semi-ladder polymer



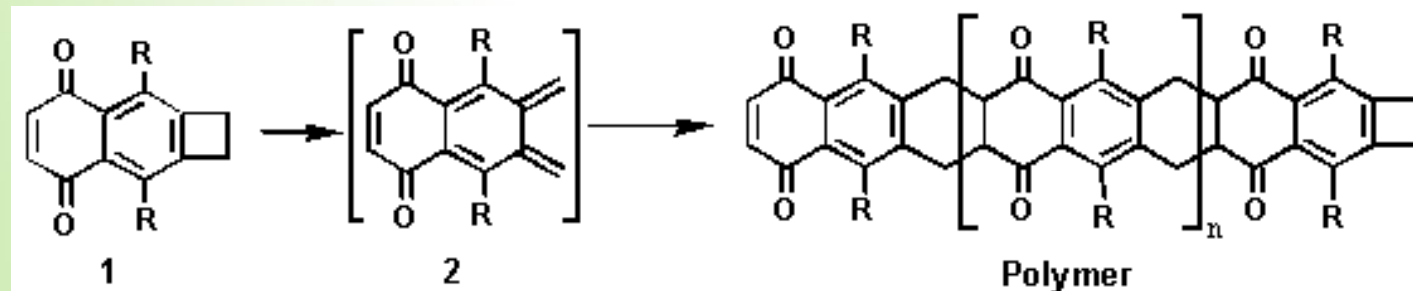
ladder



Semi-ladder



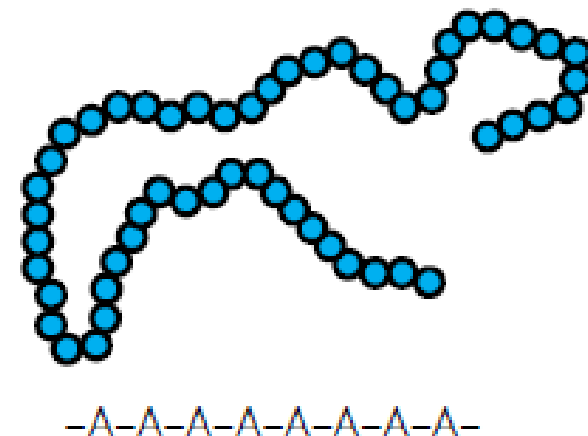
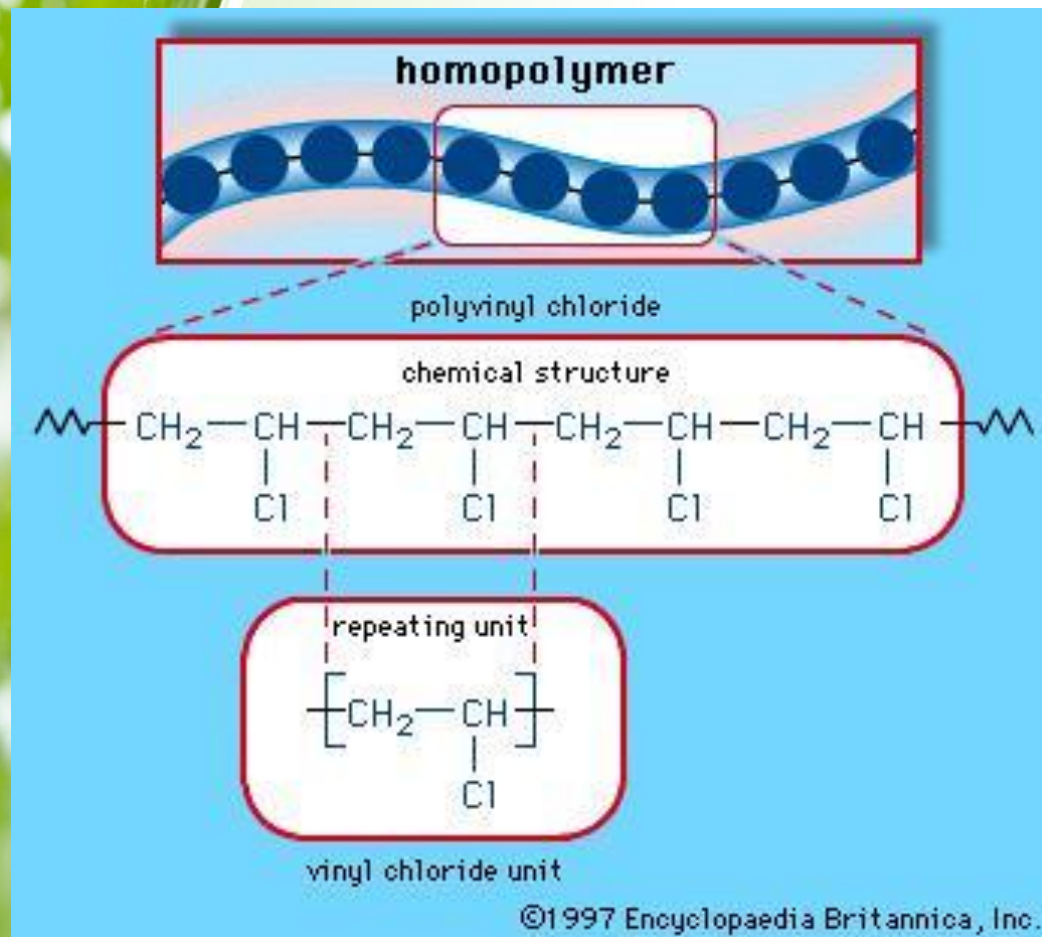
Heteroorganic polysiloxane



Polymer

## ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามจำนวนชนิดของมอนอเมอร์

- 1) โฮโมพอลิเมอร์ (homopolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วย repeating unit เพียงชนิดเดียว



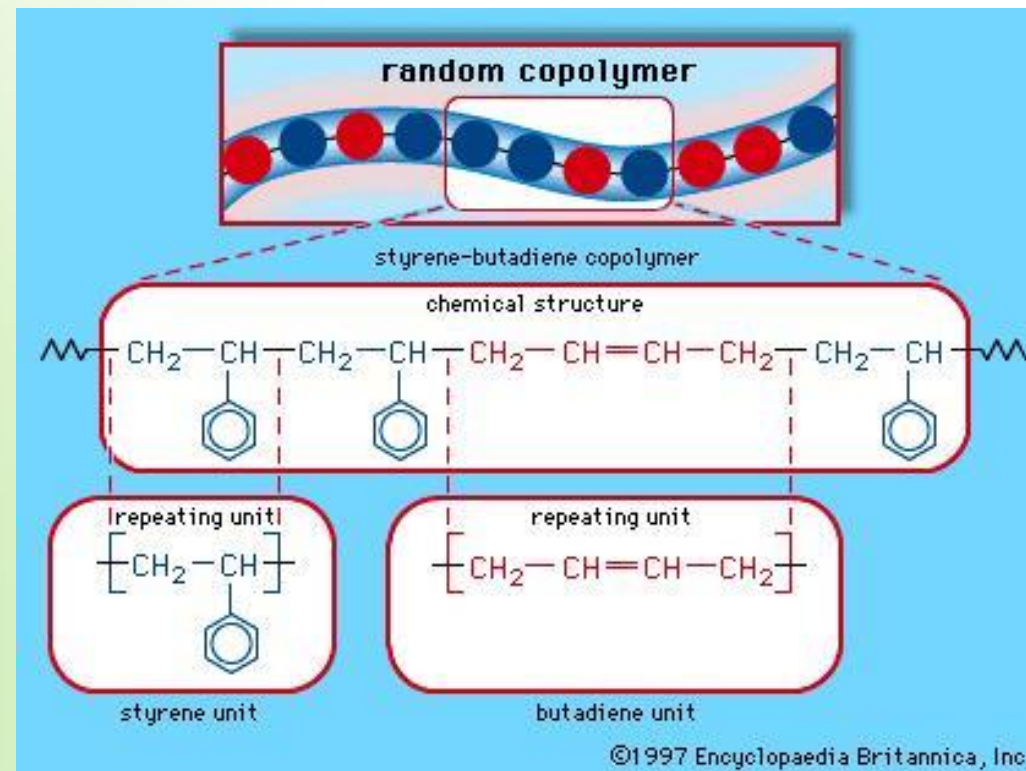
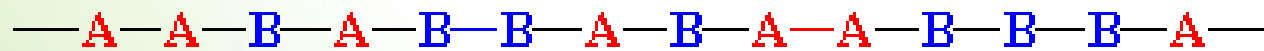
## ประเภทของพอลิเมอร์จำแนกตามจำนวนชนิดของมอนอเมอร์

2) โคพอลิเมอร์ (copolymers) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วย repeating unit ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป

โคพอลิเมอร์อาจแบ่งชนิดได้ตามลักษณะการเรียงตัวของ repeating unit ดังนี้คือ

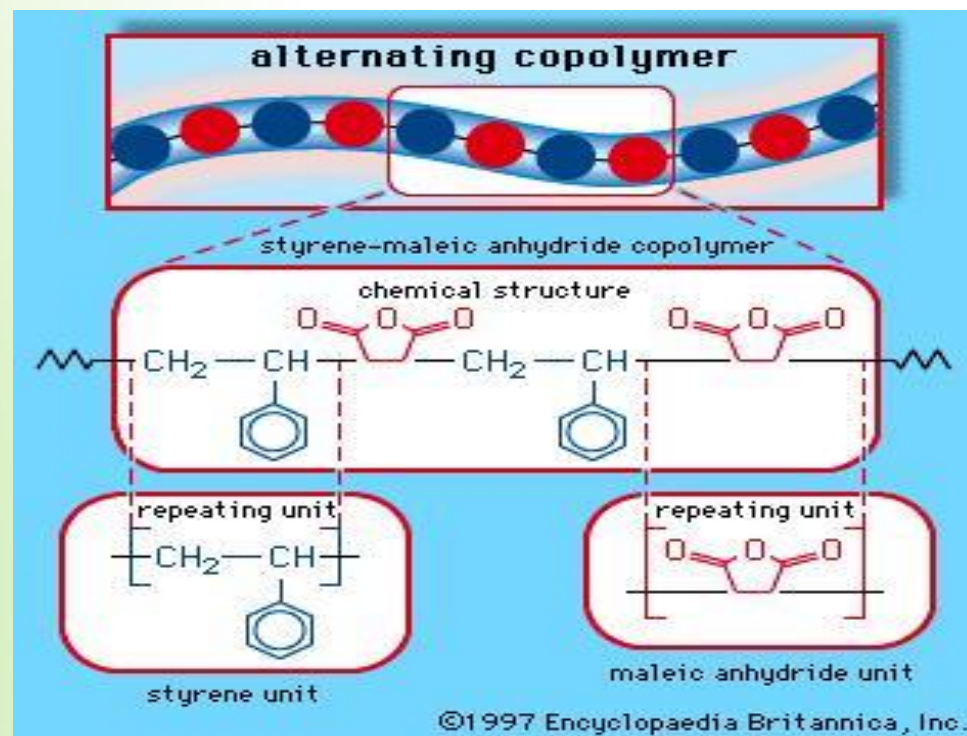
copolymer	ลักษณะการจัดเรียงตัว
โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers)	~AAABBABBBBAABABBBAAAA~
โคพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers)	~ABABABABABABABABABABAB~
โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymers)	~AAAAAAAAABBBBBBBB~ หรือ ~AAAAABBBBBBCCCC~
โคพอลิเมอร์แบบกราฟ (graft copolymers)	B B B B ~AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA~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

2.1 โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม (random copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของ repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างไม่เป็นระเบียบ

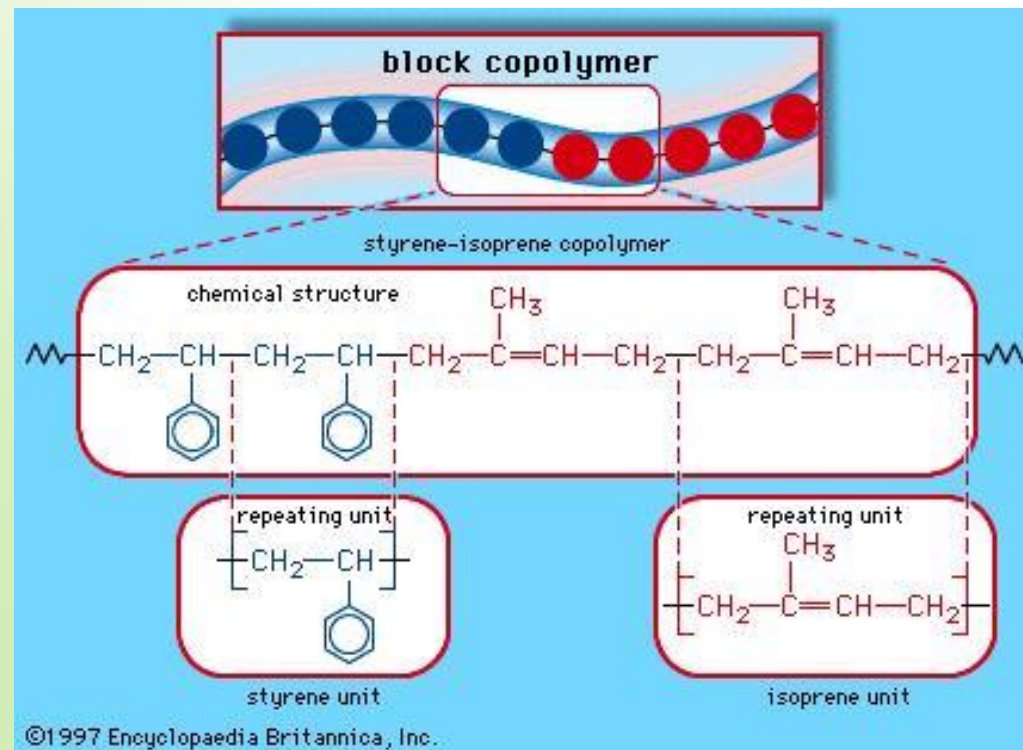
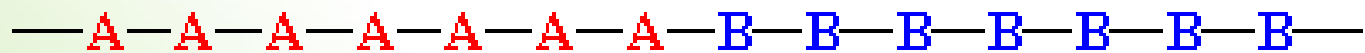




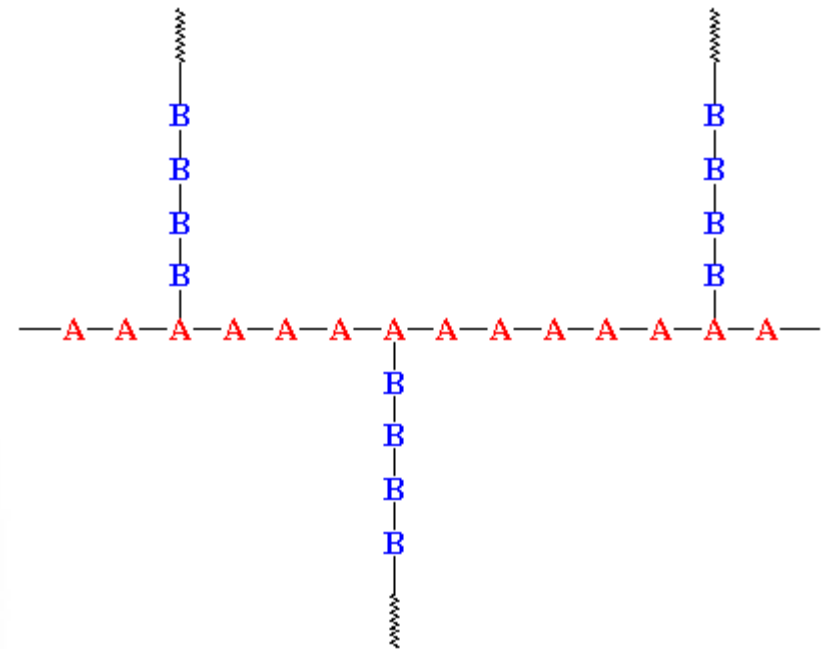
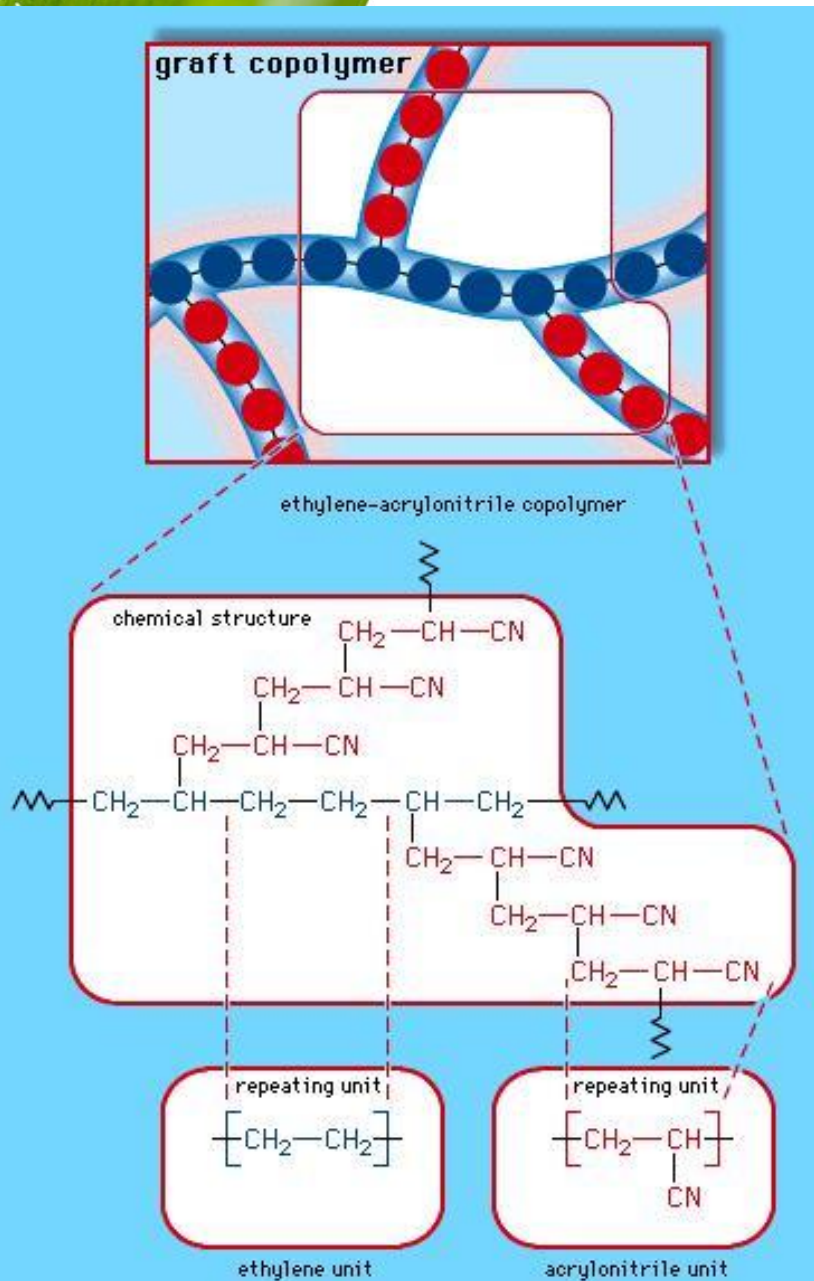
2.2 โคอพอลิเมอร์แบบสลับ (alternating copolymers) เป็นโคอพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของ repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างเป็นระเบียบไปตลอดโมเลกุล



2.3 โคพอลิเมอร์แบบบล็อก (block copolymers) เป็นโคพอลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีการจัดเรียงตัวของกลุ่ม repeating unit แต่ละชนิดเรียงสลับอย่างเป็นระเบียบ



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



## ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ (Crystallinity of polymers)

### สารโมเลกุลเล็ก

- น้ำหนักโมเลกุลต่ำ
- เกิดการตกผลึกได้ง่ายเมื่อลดอุณหภูมิลงถึงจุดหนึ่ง
- ได้ผลึกที่สมบูรณ์
- มีอุณหภูมิหลอมตัว (melting point) ชัดเจน ช่วงการหลอมเหลวแคบ

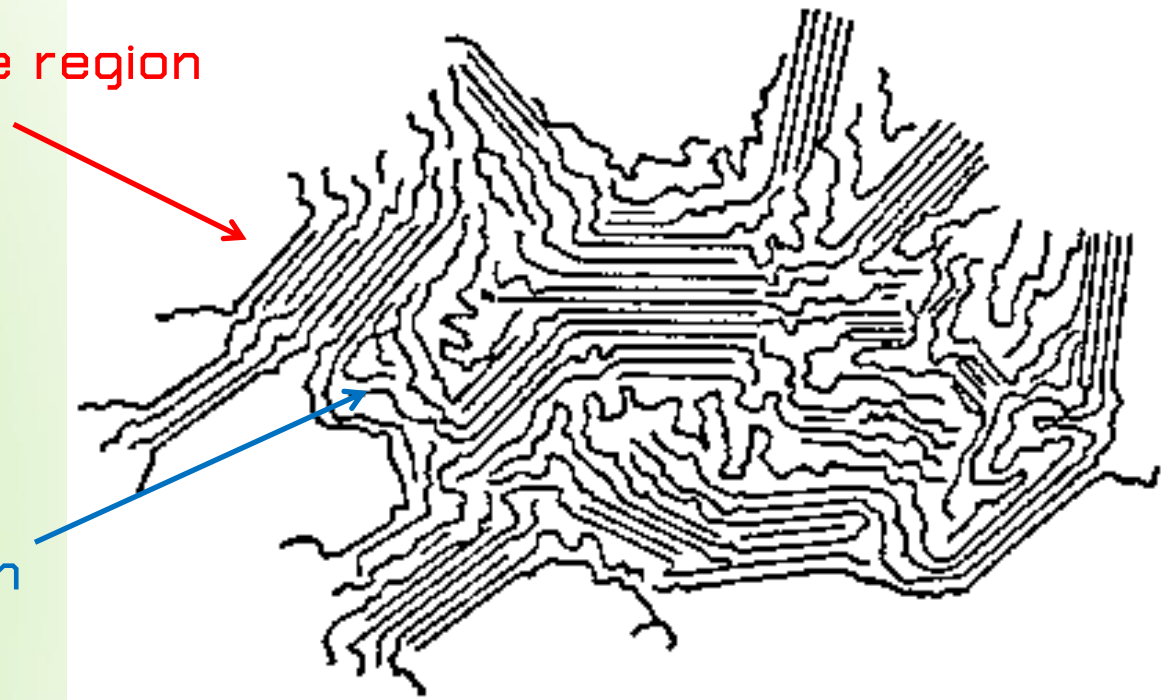
### พอลิเมอร์

- 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

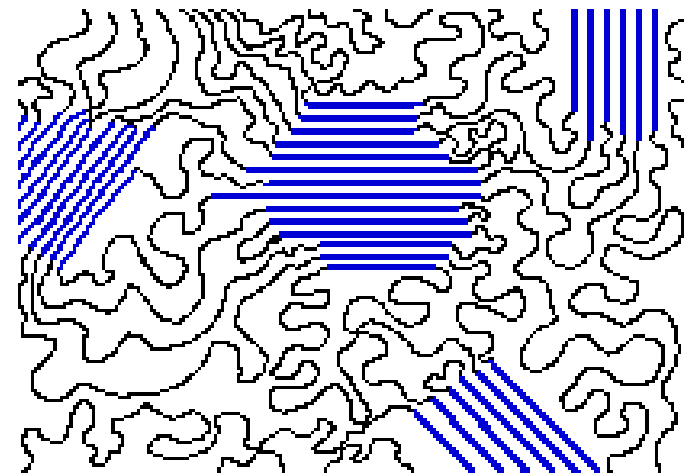
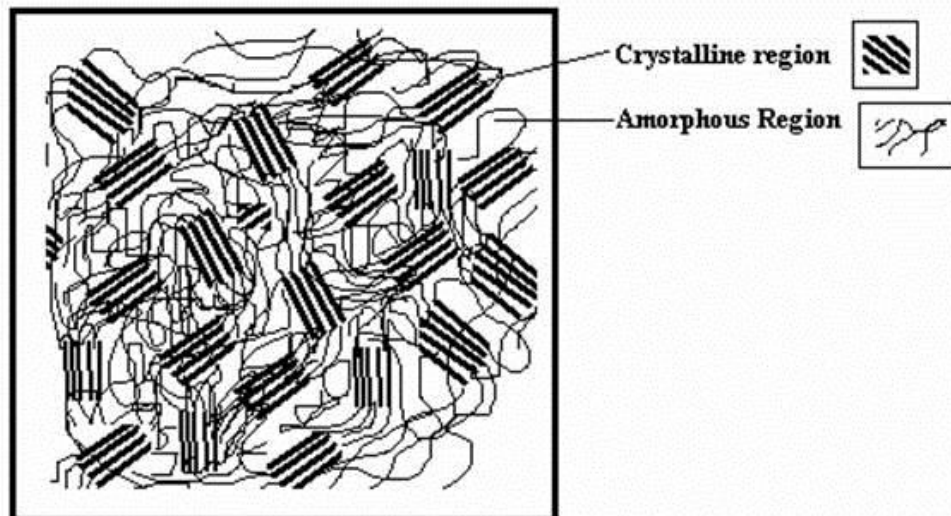
Crystalline region



Amorphous region

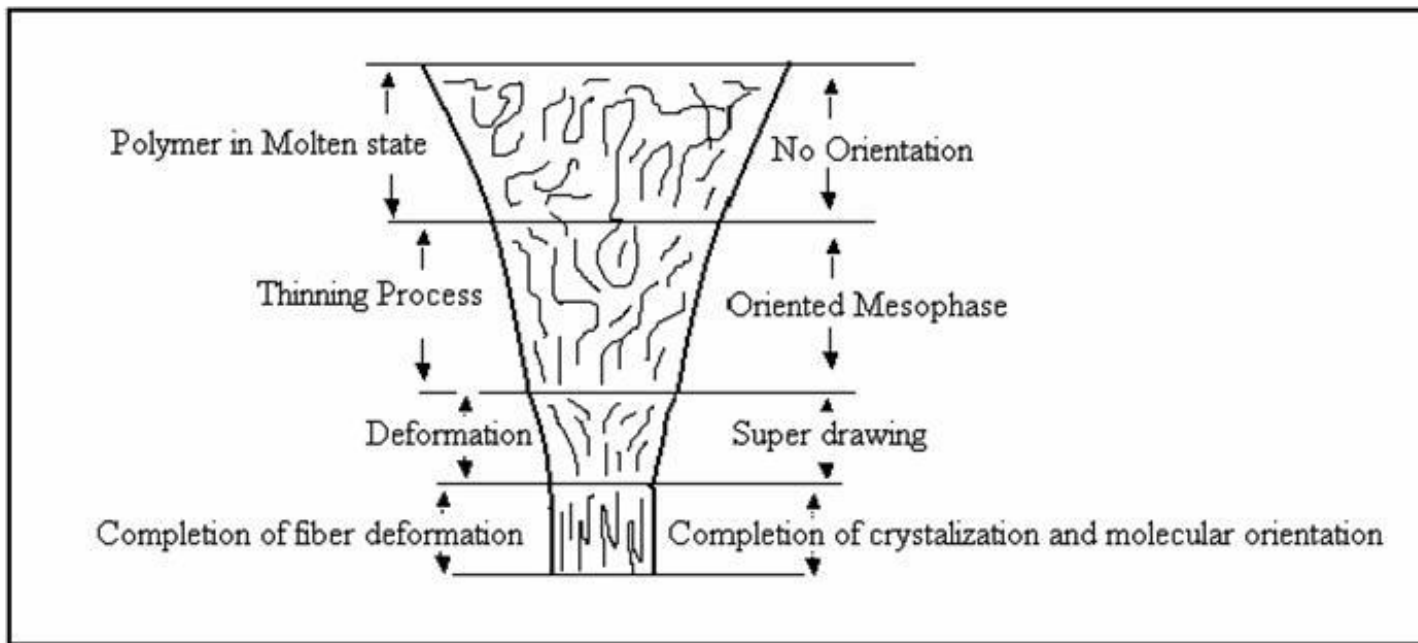
## โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

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



## โครงสร้างของเส้นใย (Fiber Structure)

3. การจัดเรียงตัวของส่วนที่เป็นระเบียบตามแนวแกนเส้นใย (Orientation) ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในด้านการทนแรงดึงตามแนวแกนเส้นใยได้



- โครงสร้างเส้นใย มีส่วนทั้งที่เป็น**ผลึก**และส่วน**อสัณฐาน**ผสมผสานกัน แต่เนื่องจากเส้นใยแต่ละชนิดได้จากพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน และด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่เหมือนกัน เส้นใยแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างของโครงสร้างมากมาย

# สมบัติของเส้นใย

## (Fiber Properties)



## สมบัติของเส้นใย (Fiber Properties)



สมบัติของ  
เส้นใย

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)

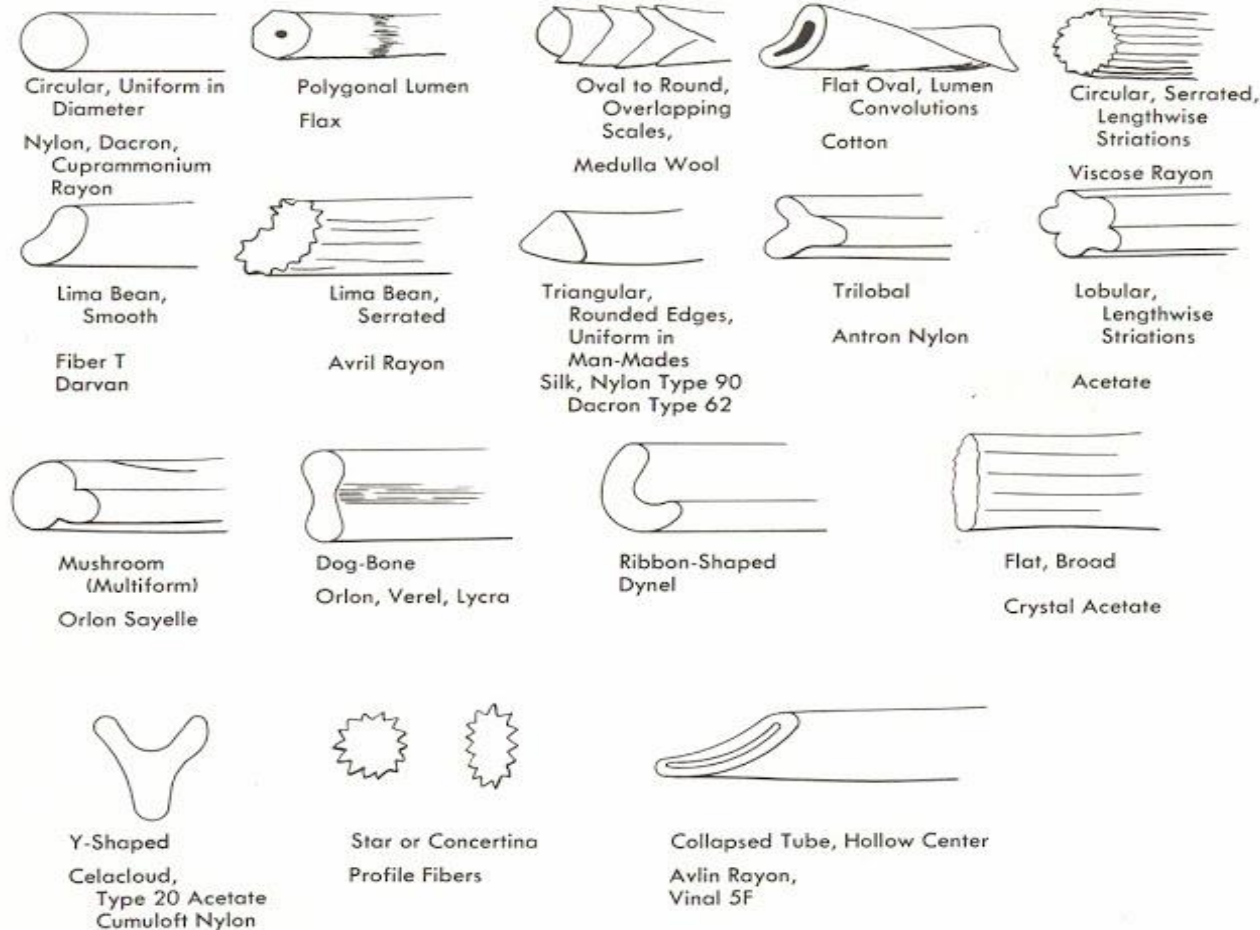
**ดีเนียร์ (denier)** น้ำหนักเป็นกรัมของเส้นใยที่ยาว 9000 เมตร (g/9000m)

“Denier per filament (dpf)” ค่าที่วัดความละเอียดของเส้นใยที่อยู่ในเส้นด้าย ซึ่งมีจำนวน

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

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## รูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใย (Cross-Sectional Shape)



รูปร่างภาคตัดขวางและ  
สภาพผิวของเส้นใยมีผลต่อ

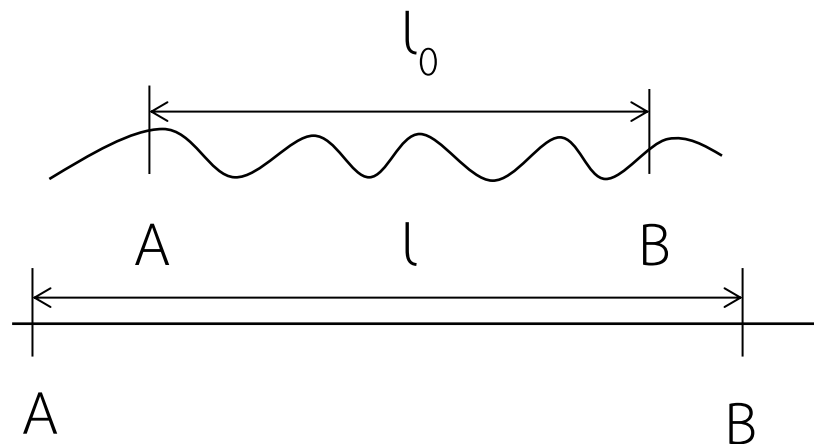
- ความมัน ความเงา
- ความฟู
- ผิวสัมผัส

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความหยิกบนเส้นใย (Fiber Crimp)

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

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



# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความแข็งแรงของเส้นใย (Fiber Strength)

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

เส้นใยสิ่งทอส่วนใหญ่จะต้องมีความเหนียวอย่างต่ำราว 2.5 g/denier

ควรพิจารณาสมบัติอื่นที่มีผลทำให้เกิดความแข็งแรงด้วย เช่น **สมบัติที่เส้นใยมีการยืดตัวได้ดี (high elongation)** หรือ **ระยะยืดออก ณ จุดขาด** เป็นการบอกถึงความสามารถที่จะถูกยืดดึงออกก่อนขาด มีความหมายเป็นอย่างมากต่อการใช้งานในสภาพที่สนใจต่อการยืดดึง เช่น การผลิตเสื้อยืด

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความสามารถในการปั่นเป็นเส้นด้าย (Spinnability)

- เส้นใยที่เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอต้องมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ดี
- เส้นใยที่จะนำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้นั้นเนื่องจากเส้นใยมี**การยึดเกาะกันได้ (cohesiveness)** เพราะผิวหน้าของเส้นใยไม่เรียบ 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 รูปทรง ตลอดจนความยาว



# 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<sup>3</sup> หรือ lb/ft<sup>3</sup>

- เส้นใยทุกชนิดมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ ยกเว้นเส้นใยประดิษฐ์ในกลุ่มที่เป็น โอลิฟินส์ (PE, PP)
- เส้นใยความหนาแน่นต่ำ จะมีความสามารถในการคืนกลับตัวที่ดี เนื่องจากมีจำนวนของเส้นใยต่อหน้าหนัก สูงกว่า จึงช่วยเสริมแรงให้เกิดแรงในการคืนตัวกลับที่มากกว่า
- ความหนาแน่น มีผลต่อหน้าหนักของผ้า
  - เส้นใยความหนาแน่นต่ำ ได้ผ้าที่เบา

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความมัน (Luster)

- ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกจากผิวของเส้นใยสู่สายตาของผู้มอง อาจวัดได้จากระดับของความสว่าง หรือความทึบ
- ไยธรรมชาติที่มีความมันสูง = ไหม, โม่แฮร์
- ไยธรรมชาติที่มีความมันต่ำ = ฝ้าย, ขนสัตว์
- ไยประดิษฐ์ ควบคุมความมันได้ โดย
  - ควบคุมปริมาณสีสียผสมลงไป
  - ควบคุมขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย
  - เติมสารลดความมัน (delustering agent) เช่น  $\text{TiO}_2$

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความสามารถในการดูดซับความชื้น (Moisture Regain)

- “**Hygroscopic**” = the ability of a substance to attract and hold water molecule from the surrounding environment
- **Fiber = Hygroscopic material** วัสดุที่สามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ดี

Moisture regain



∴ ความชื้นที่เส้นใยดูดไว้เทียบกับน้ำหนักเส้นใยขณะแห้ง ณ สภาวะมาตรฐาน (ความชื้นสัมพัทธ์ 65%, อุณหภูมิ  $70 \pm 2^{\circ}\text{F}$ )

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

- ความสามารถในการดูดซึมความชื้น มีผลต่อ
  - ✓ ความสบายต่อผิวหนังสัมผัส
  - ✓ การสะสมของไฟฟ้าสถิต
  - ✓ การรักษาขนาดในน้ำ
  - ✓ ความสามารถในการย้อมสี

ชนิดเส้นใย	✳การดูดความชื้นได้ที่สภาวะมาตรฐาน
อะซิเตท	6.5
อะคริลิก	1.0-2.5
อะรามิด	4.5
ไนลอน	3.5-5.0
โพลีเอสเตอร์	0-0.1
พอลิเอสเตอร์	0.4
เรยอน	10.7-16.0

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## สภาพยืดหยุ่น (Elasticity)

Elasticity



สมบัติที่เส้นใยสามารถยืดตัวออกเมื่อถูกแรงดึง และหดตัวกลับเมื่อเอาแรงออก

Elastic Recovery



- การคืนตัวจากแรงยืด คิดได้จากความยาวที่หดกลับ เทียบเป็นร้อยละของความยาวที่ยืดออก
- โดยความยาวที่ยืดออกนี้มีค่าระหว่าง 2-10%
- เส้นใยที่หดตัวกลับเท่ากับส่วนที่ยืดออกถือว่า การคืนตัวจากแรงยืดเป็น 100%

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## การยืดตัว (Elongation)

- เป็นระยะของการยืดออกในทิศทางที่ได้รับแรงดึง
- เส้นใยจะยืดออกเมื่อถูกดึงออกจนถึงจุดที่เส้นใยทนแรงดึงนั้นไม่ได้อีกต่อไป เส้นใยก็จะขาดออก
- ระยะที่ยืดออกนี้อาจวัด  $\Delta l$  แรงกระทำใดที่ต้องการ หรือวัด  $\Delta l$  จุดขาด ก็ได้
- การยืดตัวของเส้นใย มักเขียนในรูป ร้อยละที่ยืดออก ( $\% \text{Elongation}$ )

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

### ■ Elongation, Elasticity

- ✓ ฝ้ายยืดสำหรับชุดกีฬา
- ✓ 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
- การใช้งานที่ต้องการความทนทานต่อการขัดถู เช่น ฝ้ายบูเก้อี ฝ้ายทำกระเป๋า กางเกง ขอบหมวก ฝ้ายบูชั่นในกระเป๋า รองเท้าผ้า

### การนำไฟฟ้า การนำความร้อน (Electrical and Thermal Conductivity)

- เป็นความสามารถของเส้นใยในการส่งผ่านประจุไฟฟ้า เนื่องจากเส้นใยมีหมู่ที่มีขั้วในโครงสร้าง
- เส้นใยที่นำไฟฟ้าต่ำจะสะสมประจุไฟฟ้าสถิต ทำให้สวมใส่ไม่สบาย

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความทนทานต่อความร้อน (Thermal Resistance)

- เส้นใยแต่ละชนิดทนต่อความร้อนได้แตกต่างกัน
  - ✓ เซลลูโลสติดไฟง่ายและลุกได้รวดเร็ว
  - ✓ ขนสัตว์ ไหม เมื่อติดไฟจะดับได้ด้วยตัวเอง
  - ✓ ไຍแก้วและใยหินจะไม่ติดไฟ
  - ✓ ไຍธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนสูงจะเหลืองเกรียม ลุกไหม้
  - ✓ ไยสังเคราะห์เมื่อได้รับความร้อนสูงจะอ่อนตัว และเมื่อถึงจุดหลอมเหลวก็จะหลอมเหลวเป็นยางเหนียวคล้ายพลาสติก

# สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

## ความทนทานต่อความร้อน (Thermal Resistance)

### อุณหภูมิที่ใช้รีดผ้าที่ทำด้วยเส้นใยบางชนิด

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

เส้นใย ประดิษฐ์	อุณหภูมิที่ใช้รีด	
	°F	°C
เรยอน	375	190
ไนลอน 66	350	180
พอลิเอสเตอร์	325	160
อะซีเตท	325	160
สแปนเดกซ์	300	150
มอดาคริลิก	215	100









## สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

- ความทนต่อกรด - ด่าง
- ความทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์
- ความทนต่อสารฟอกขาว
- ความทนต่อแสงแดด































ส่งผลกระทบต่อ

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

# สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

								Warning Symbols
 การซัก การซัก	การซัก							 ห้ามซัก
	อุณหภูมิน้ำ	สูงสุด	95C	70C	60C	50C	40C	30C
 การฟอกขาว	ฟอกขาวได้							 ห้ามฟอกขาว
	ห้ามใช้สารฟอกขาวที่มีคลอรีน							

# สมบัติทางเคมี (Chemical Properties)

 <p>การอบแห้ง</p>	<p>การอบแห้ง</p> <p>    </p> <p>ธรรมดา    ระมัดระวัง    ระมัดระวังมาก</p> <p>การตั้งค่าความร้อน</p> <p>      </p> <p>ไม่จำกัด    สูง    ปานกลาง    ต่ำ    ไม่ร้อน</p> <p>     </p> <p>ตากบนราว    ตากด้วยไม้แขวน    ตากบนพื้นราบ    ตากในร่ม</p>	<p></p> <p>ห้ามทำให้แห้ง (ใช้กับห้ามซัก)</p> <p></p> <p>ห้ามอบแห้ง</p>
 <p>การรีด</p>	<p>การรีด</p> <p>    </p> <p>อุณหภูมิสูงสุด    200C    150C    110C</p> <p>สูง    ปานกลาง    ต่ำ</p>	<p></p> <p>ห้ามรีด</p> <p></p> <p>ห้ามใช้ไอน้ำ</p>
 <p>การซักแห้ง</p>	<p>การซักแห้งทั่วไป</p> <p>    </p> <p>ทุกสารละลาย    PCE เท่านั้น    HCS เท่านั้น</p> <p>การซักแห้งเพิ่มเติม</p> <p>     </p> <p>ระมัดระวัง    ลด ความร้อน    ห้ามใช้</p> <p>ความชื้น    ต่ำ    ไอน้ำ</p>	<p></p> <p>ห้ามซักแห้ง</p>

## 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	เป็น / อบคูน	ปิดทึบ / ไม่ปิดทึบ	เรียบ / ขรุขระ	อ่อนนุ่ม / กระด้าง	แห้ง / เหนอะหนะ	ยับ / ไม่ยับ
ฝ้าย	เป็น	ไม่ปิดทึบ	เรียบ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ยับ
ลินิน	เป็น	ไม่ปิดทึบ	เรียบ	กระด้าง	แห้ง	ยับ
ไหม	อบคูน	ไม่ปิดทึบ	เรียบ	กระด้าง	แห้ง	ยับ
ขนแกะ	อบคูน	ปิดทึบ	ขรุขระ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ไม่ยับ
อะคริลิก	เป็น	ปิดทึบ	เรียบ	อ่อนนุ่ม	แห้ง	ไม่ยับ
ไนลอน	เป็น	ปิดทึบ	เรียบ	อ่อนนุ่ม	เหนอะหนะ	ไม่ยับ
พอลิเอสเตอร์	เป็น	ปิดทึบ	เรียบ	อ่อนนุ่ม	เหนอะหนะ	ไม่ยับ

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 2. การทดสอบด้วยการเผา (Burning Test)

- สังเกตว่าเส้นใยติดไฟทันที หรือหลุดตัวออกจากเปลวไฟ
- สังเกตว่าลูกไหม้ต่อไปหรือค่อยๆ ดับเอง
- สังเกตว่าเส้นใยไหม้ไฟหรือไม่เมื่อติดไฟแล้วดึงออกจากเปลวไฟ
- ดมกลิ่นควัน โดยวิธีใช้มือโบกควันมาใกล้จมูกผู้ทดสอบ
- สังเกตสีและลักษณะของเถ้าขณะเย็นตัวลงแล้ว

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



# การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

## 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

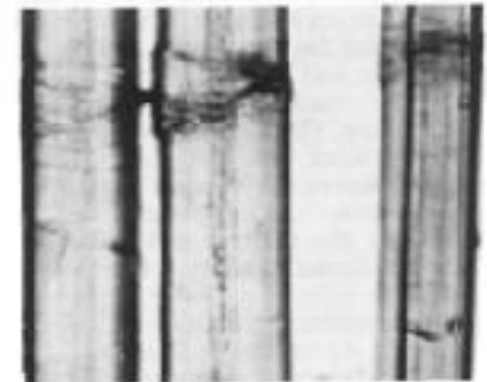
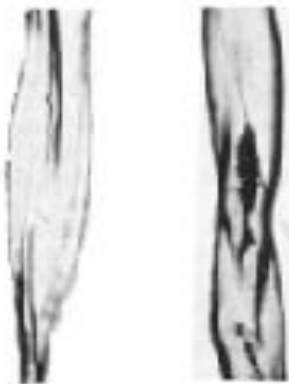
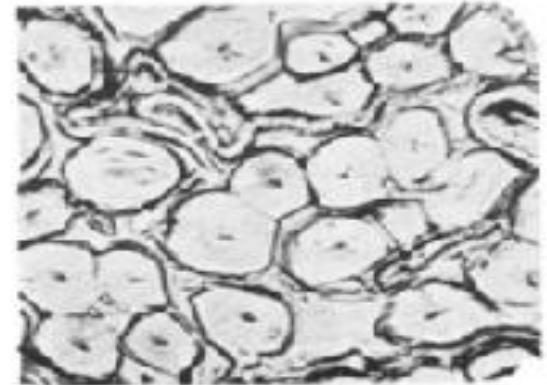
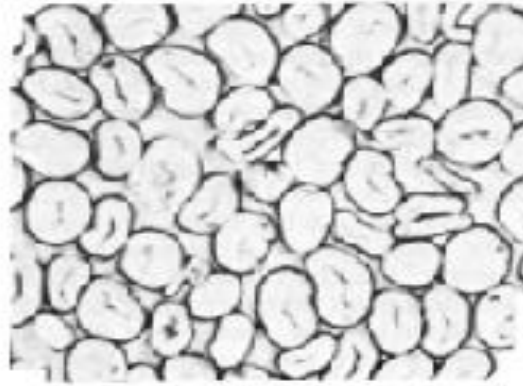


Fig.1 Cotton, not mercerized

Fig. 2 Cotton, Mercerized

Fig. 3 Flax

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

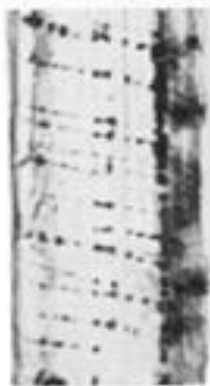
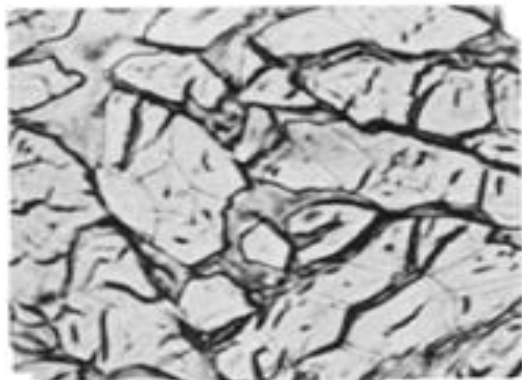


Fig. 4 Hemp

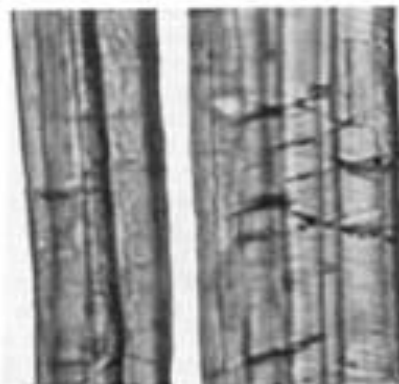


Fig. 5 Jute



Fig. 6 Ramie

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

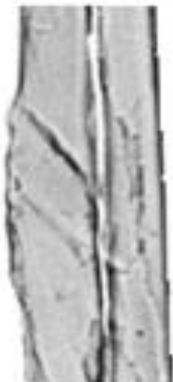
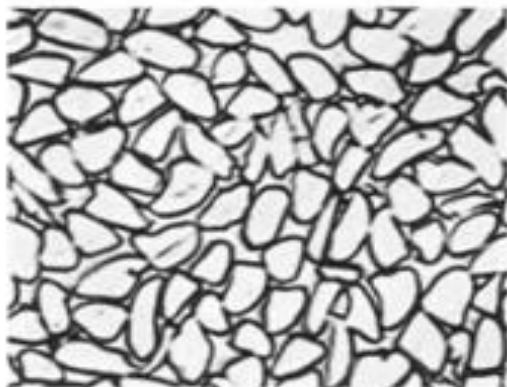


Fig. 7 Silk



Fig. 8 Silk, Tussah

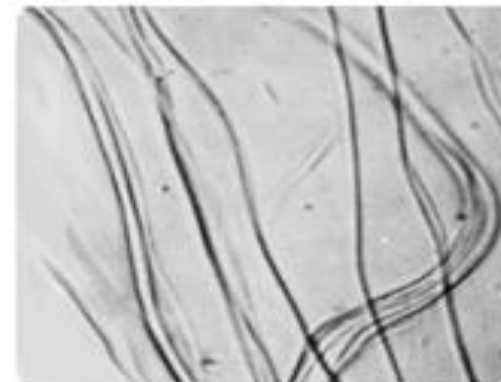
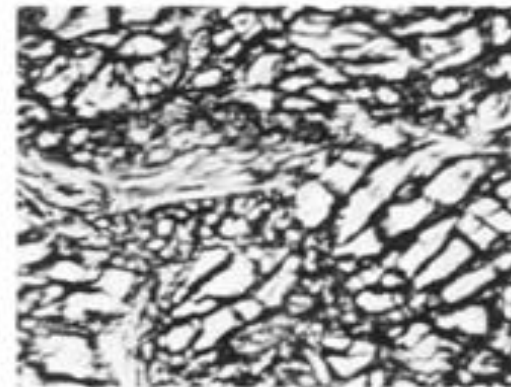


Fig. 9 Asbestos

# การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

## 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

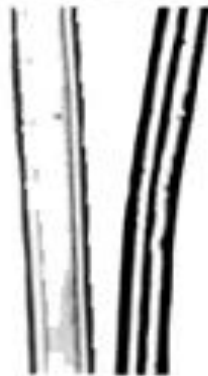
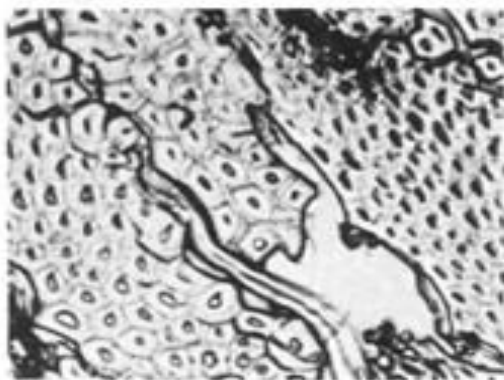


Fig. 10 Phormium

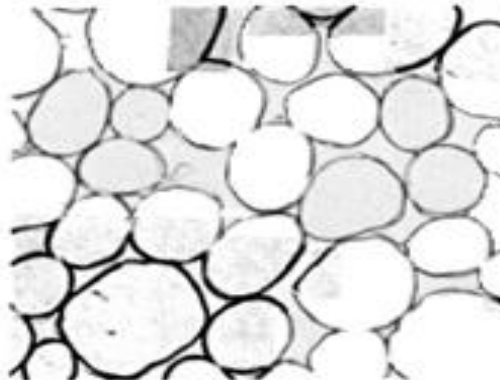


Fig. 11 Wool

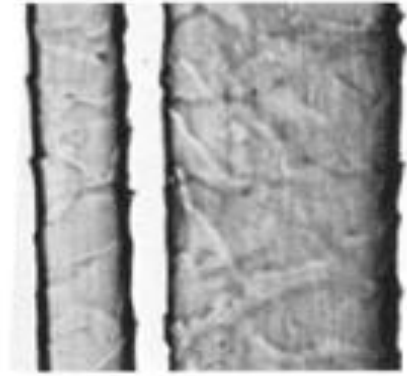
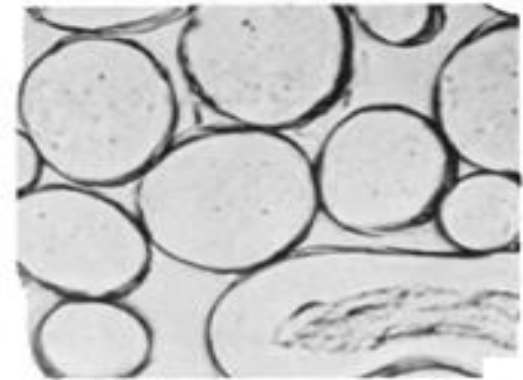


Fig 12. Mohair

# การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

## 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

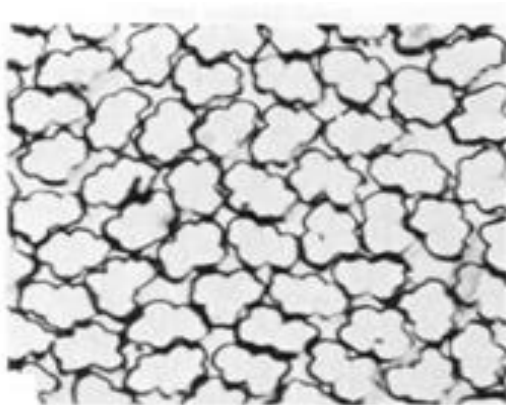


Fig. 13 Acetate, Secondary

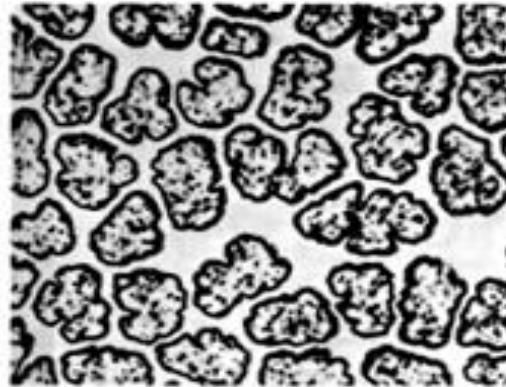


Fig. 14 Triacetate 2.5 Den, dull luster

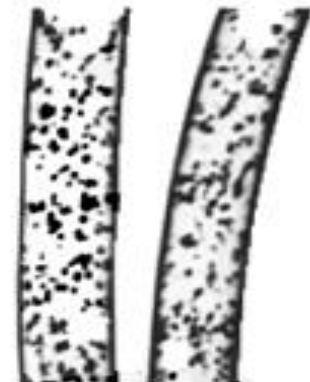
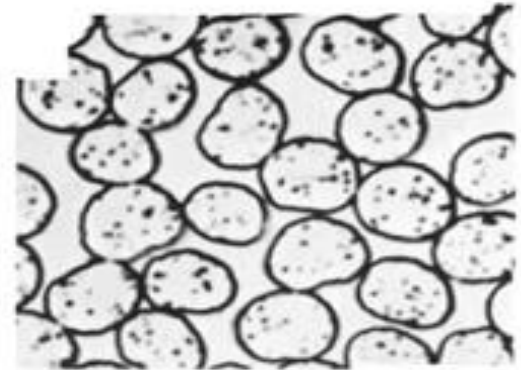


Fig. 15 Acrylic, Reg. wet spun, Semi dull



# การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

## 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

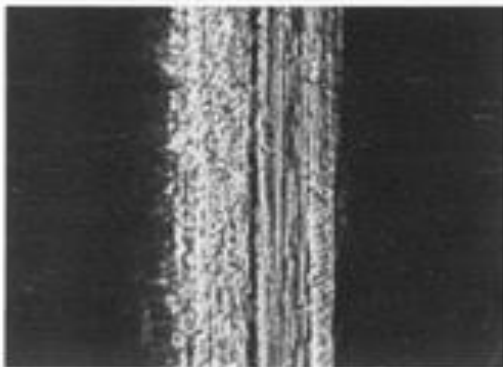
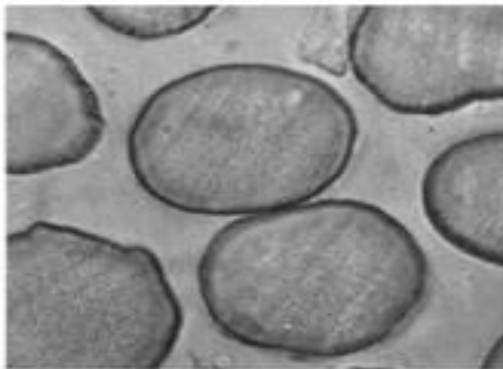


Fig. 16 Modacrylic

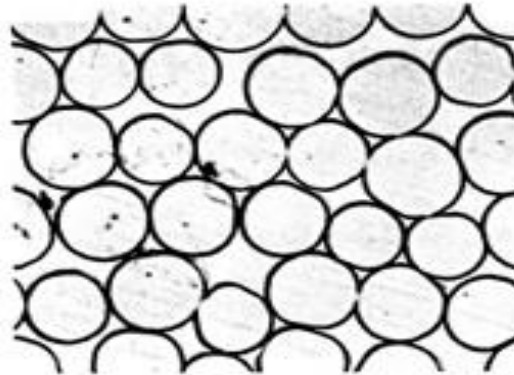


Fig. 17 Nylon, bright

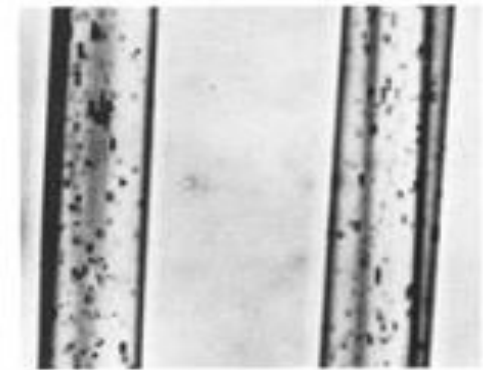
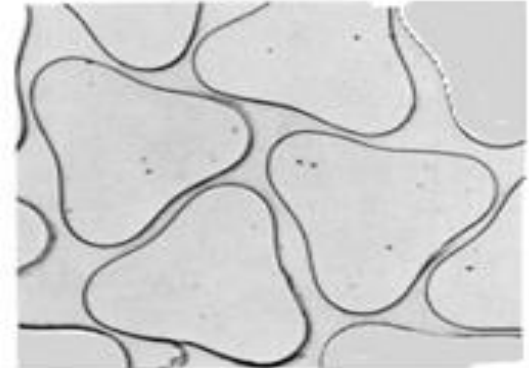


Fig. 18 Nylon, Low modification ratio, trilobal

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด



Fig. 19 Polyethylene, medium density

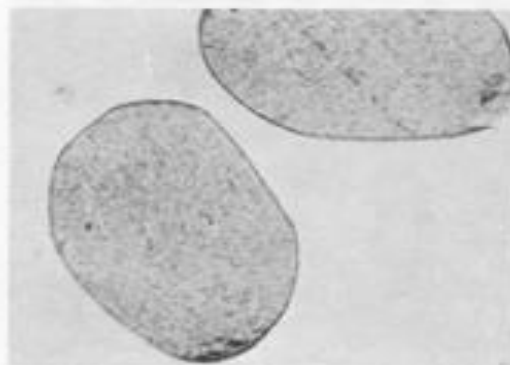


Fig. 20 Polyethylene, high density

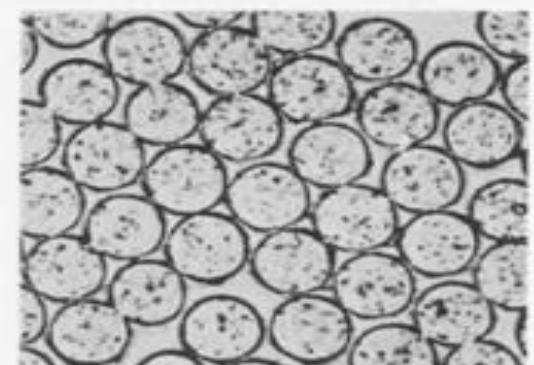
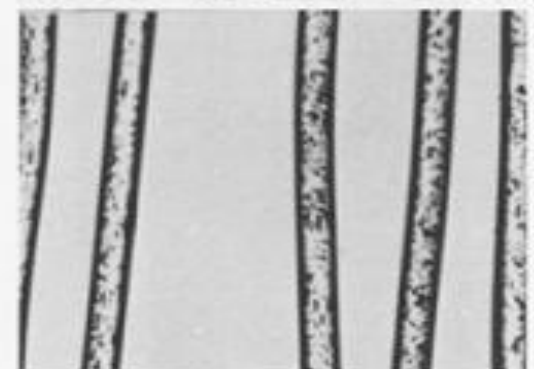
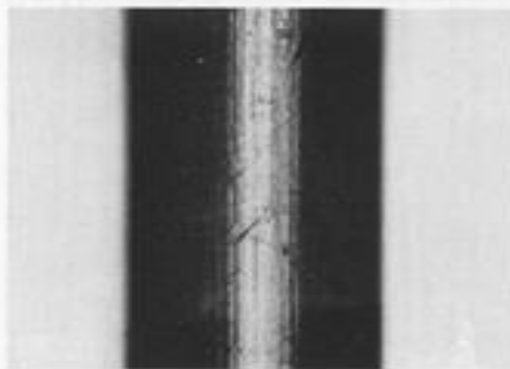
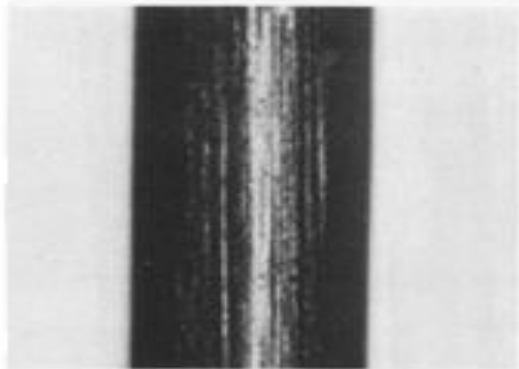


Fig. 21 Polyester, Regular melt spun, 3.0 denier per filament, semi dull



## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 3. การทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopic Examination)

ดูลักษณะโครงสร้างตามความยาวและพื้นที่หน้าตัด

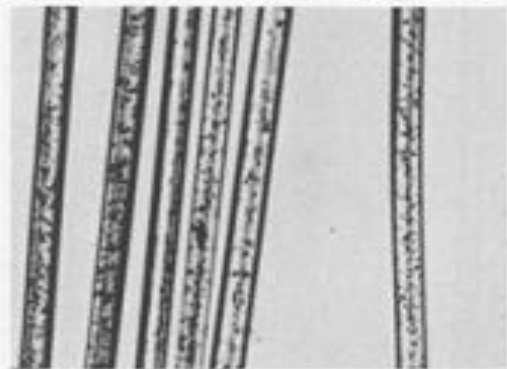
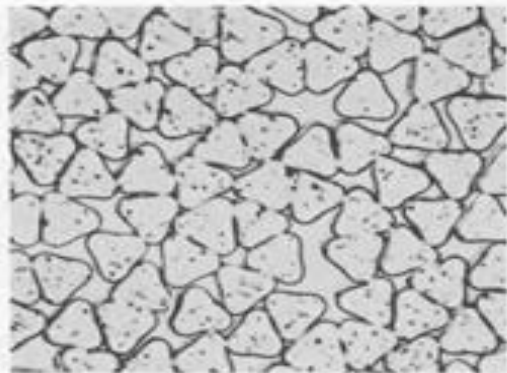


Fig. 22 Polyester, low modification ratio trilobal, 1.4 denier per filament, semi-dull luster

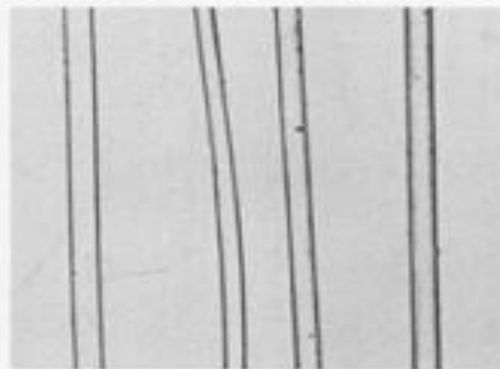
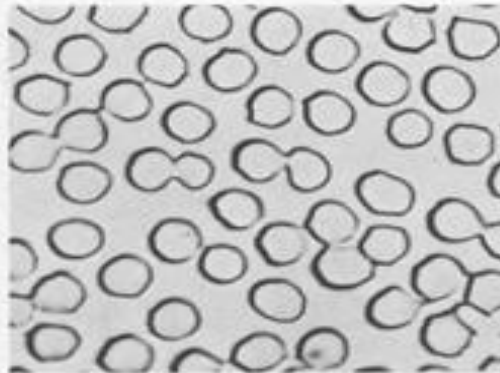


Fig 23 Rayon, cuprammonium 1.3 denier per filament, bright luster

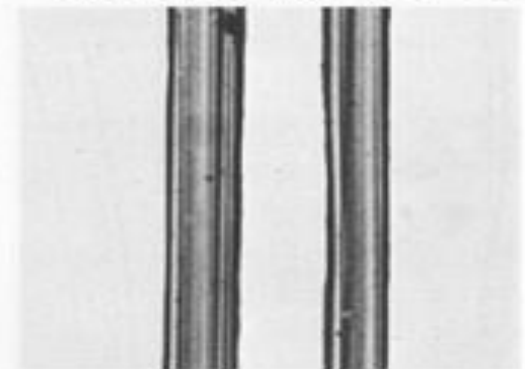
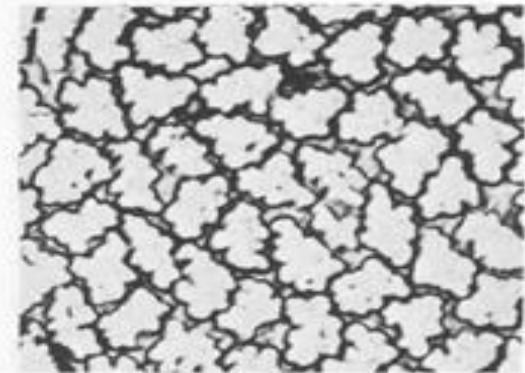


Fig. 24 Rayon, viscose, Regular tenacity

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 3. การทดสอบความสามารถในการละลาย (Solubility Test)

- สังเกตปฏิกิริยาของเส้นใยต่อ กรด ต่าง และสารเคมีเฉพาะอย่าง
- แฉ่ผ้าในสารละลาย (ตามลำดับ)
- สังเกตลักษณะการละลาย

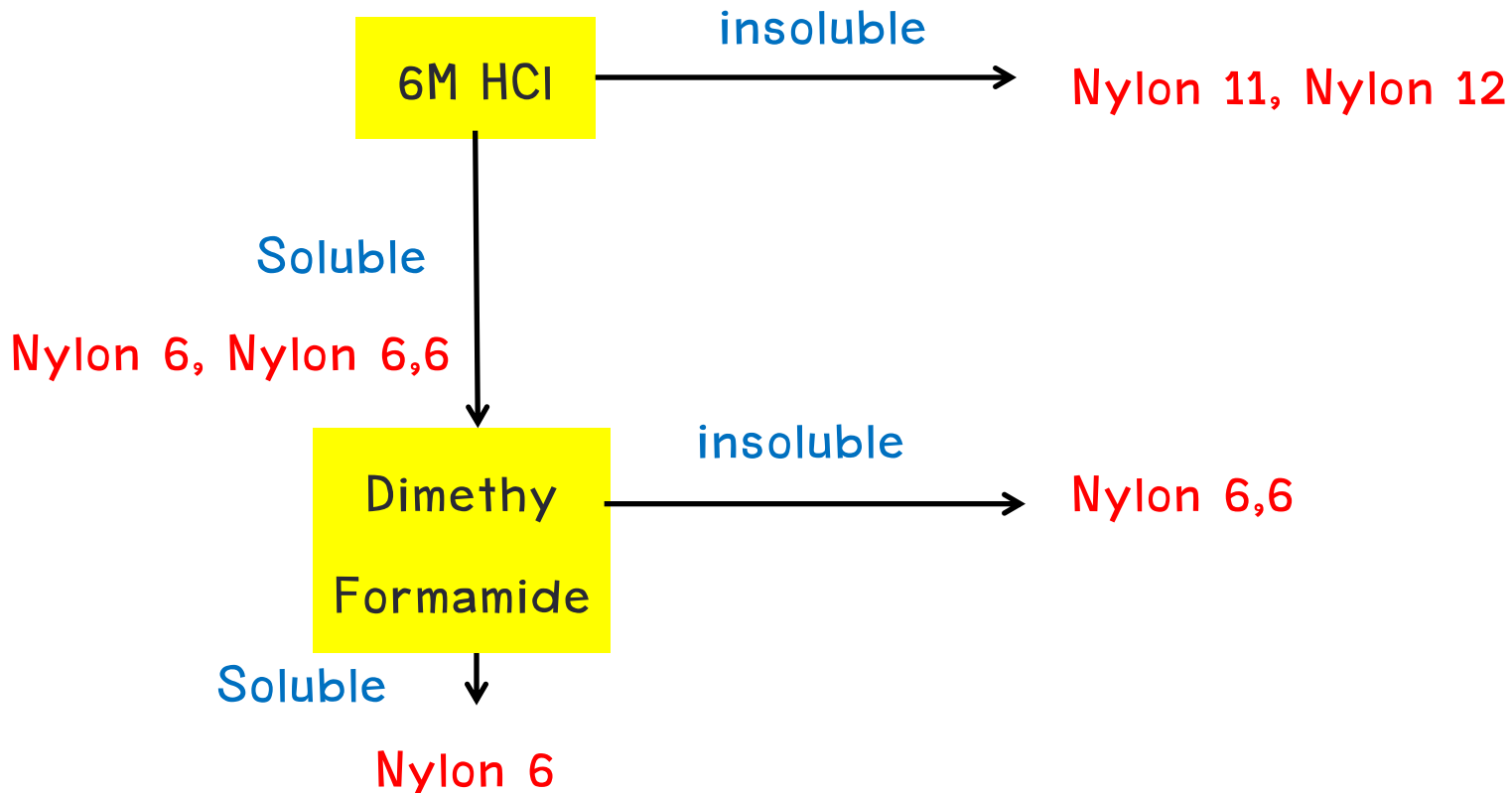
สารละลาย	เส้นใยที่จะถูกละลายออก
กรดอะซิติก 75 F	Acetate, Triacetate
กรด HCl (20% w, 75 F)	Nylon 6, Nylon 6,6
Sodium hypochlorite (5% Cl, 75 F)	Silk, Wool
Dioxane (212 F)	Saran
m-Xylene (bp)	Olefins

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 แล้วย้อมสีเส้นใย ตัวอย่างโดยจุ่มลงในสีย้อม นำตัวอย่างขึ้นและล้างออกด้วยน้ำเปล่า ปลอຍให้แห้งและนำไปประเมิน

## การวิเคราะห์เส้นใย (Fiber Identification)

### 6. การทดสอบความหนาแน่นของเส้นใย (Fiber Density Test)

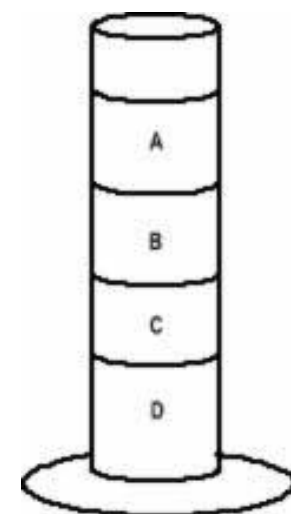
- Gradient column
- Sink & Float Method
  - เตรียมสารละลายผสมของตัวทำละลาย 2 ชนิดที่ทราบ  $\rho$  ในอัตราส่วนต่างๆ เช่น  $\text{CCl}_4$ /Xylene, Toluene/Tetrachloroethylene
  - ใส่ Fiber Bundle ลงไปเพื่อสังเกตการลอยตัว

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

$\rho_f > \rho_m$  → 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)

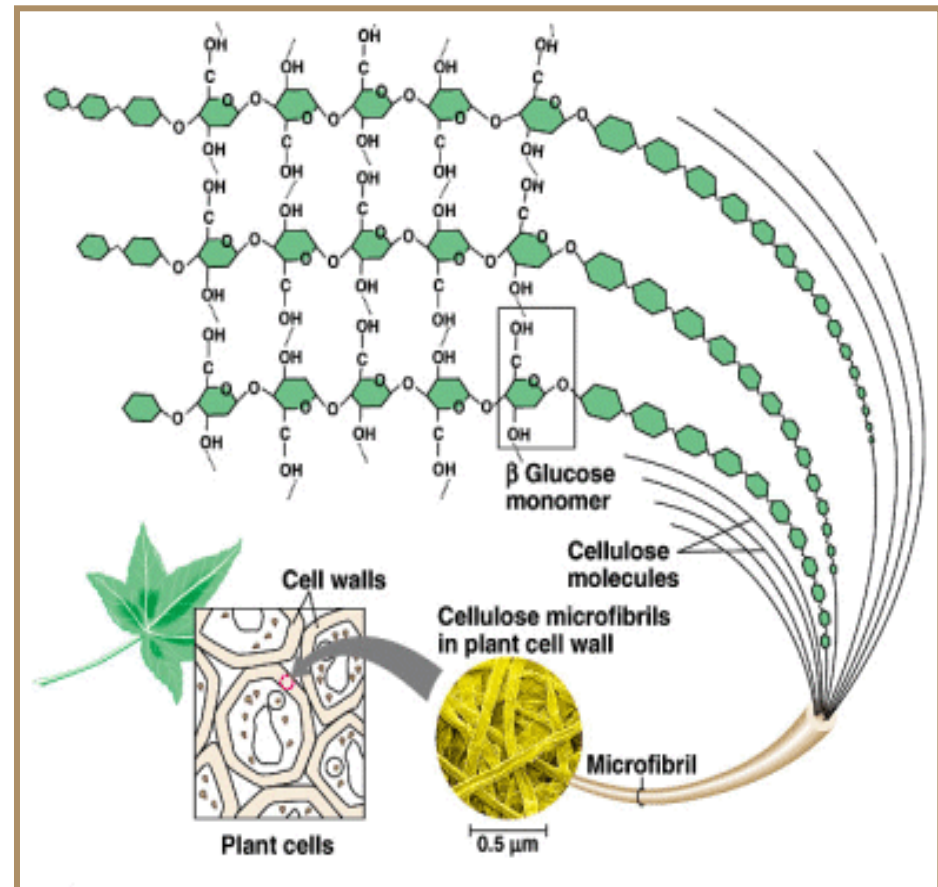
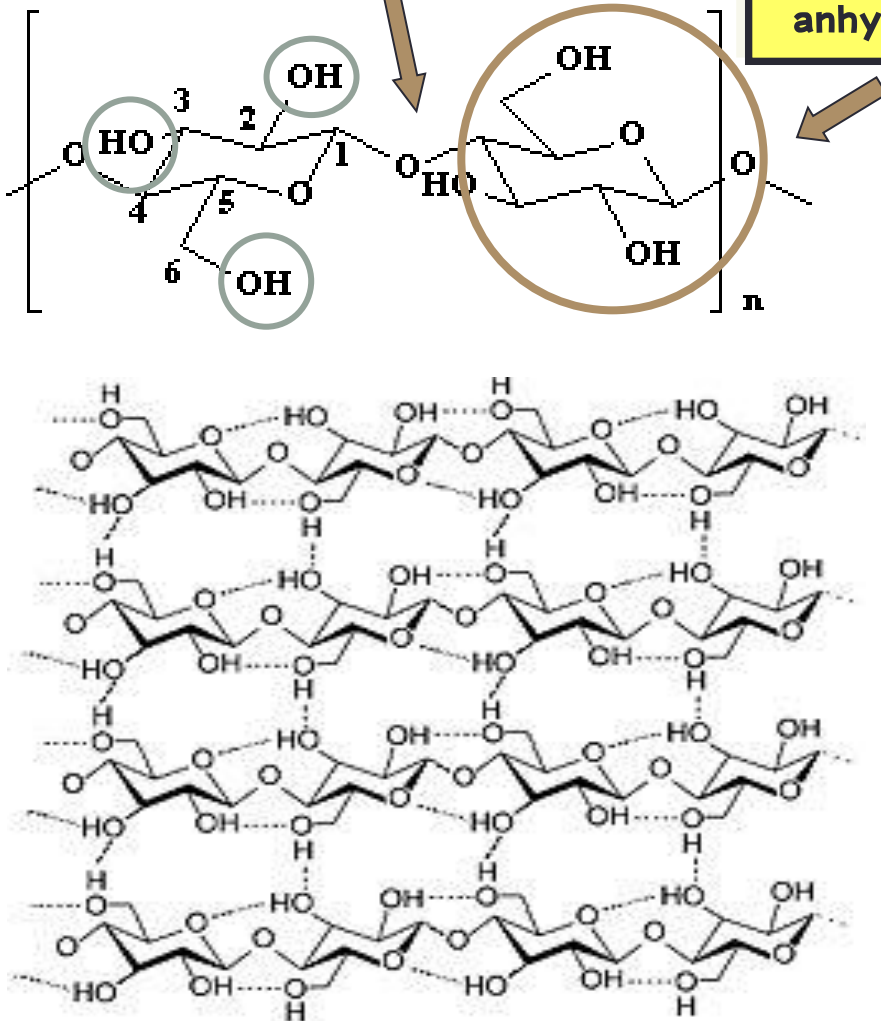
- ❖ Regenerated Fiber : rayon, acetate
- ❖ Synthetic Fiber : nylon, polyester, acrylic

**เส้นใยธรรมชาติจากพืช**  
**(Cellulose Fiber)**

# Cellulose fibers

$\beta$ -1,4 glycosidic bond

anhydro-d-glucose unit ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>



## Cellulose fibers

### เส้นใยจากเมล็ด

- cotton
- kapok

### เส้นใยจากลำต้น

- flax
- hemp
- ramie
- jute

### เส้นใยจากใบ

- sisal
- pineapple leaf

### เส้นใยจากผล

- coir



## Cellulose fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☺ การดูดซึมความชื้นได้ดี	ใส่สบาย
☺ นำความร้อนได้ดี	ทำให้ผ้าเย็นสบายในหน้าร้อน
☺ ความสามารถในการทนต่อ อุณหภูมิสูง	ต้มผ้าในหม้ออบได้ เพื่อการทำความสะอาด ขำ เชื้อโรค รีดผ้าด้วยความร้อนสูงได้
☺ เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะที่ เป็นด้าย	สามารถทอเป็นผ้าที่มีโครงสร้างแน่น ถี่ ก้นลมดี
☺ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี	ไม่สะสมประจุไฟฟ้า
☺ ความหนาแน่นสูง	ผ้าที่ทอขึ้นมีน้ำหนักดี
☺ ทนต่อแมลง	ง่ายต่อการเก็บรักษา

## Cellulose fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
 การคืนตัวจากแรงอัดต่ำ	ฝ้ายยับง่าย
 ถูกทำลายได้ด้วยกรดแร่ (mineral acid) แต่มีผลเล็กน้อยกับกรดอินทรีย์	รอยเปื้อนจากผลไม้จะต้องรีบกำจัดทันทีก่อนที่จะติดผ่านานจนซักไม่ออก
 ถูกทำลายด้วยรา	ผ้าสกปรกควรจะระวังอย่าให้ขึ้น
 จุดติดไฟได้รวดเร็ว	เสื้อผ้าบางหรือทอแบบหลวมๆ ไม่ควรเข้าใกล้เปลวไฟ

## ฝ้าย (Cotton)

## Cellulose fibers

❖ เป็นเส้นใยจากเมล็ดที่มีการใช้งานมากที่สุด

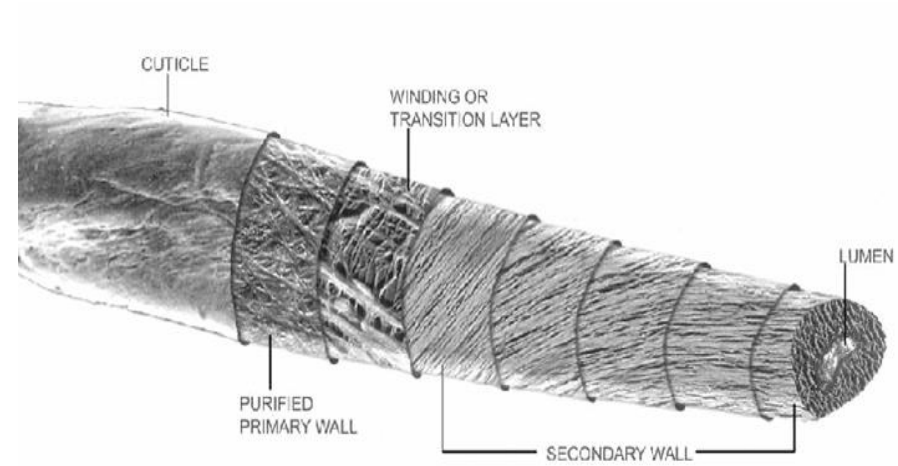
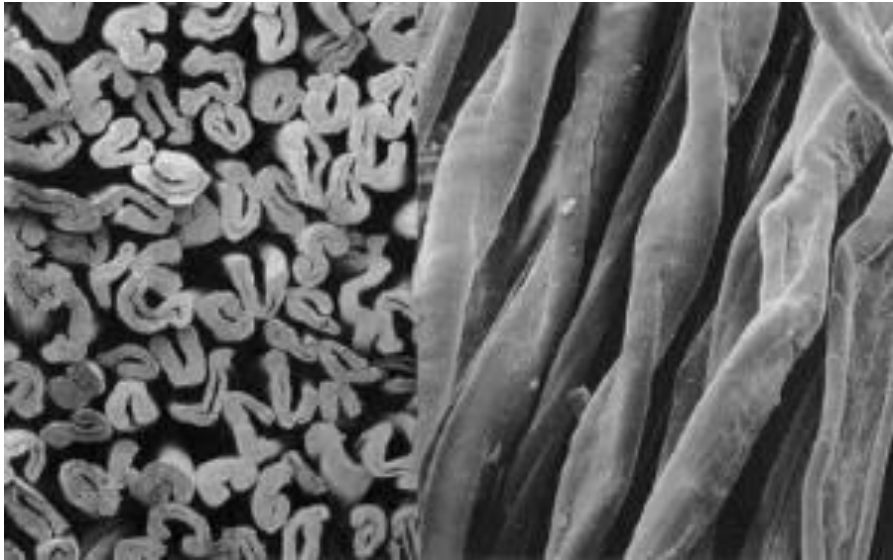
### สมบัติทางกายภาพ

- 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 ทำให้ฝ้ายบ่ง่าย
- การดูดความชื้น: ค่อนข้างดี (7-10%)
- การทนต่อความร้อน: สูง (204-218°C)
- การติดไฟ: ติดไฟและเผาไหม้รวดเร็ว

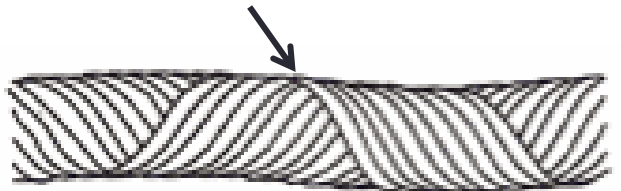


# ฝ้าย (Cotton)

# Cellulose fibers

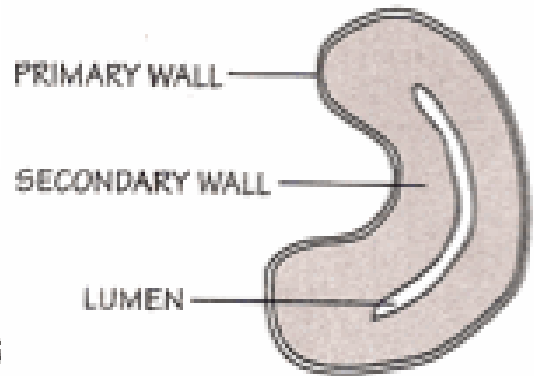


เกลียวที่บิดเปลี่ยนทิศ

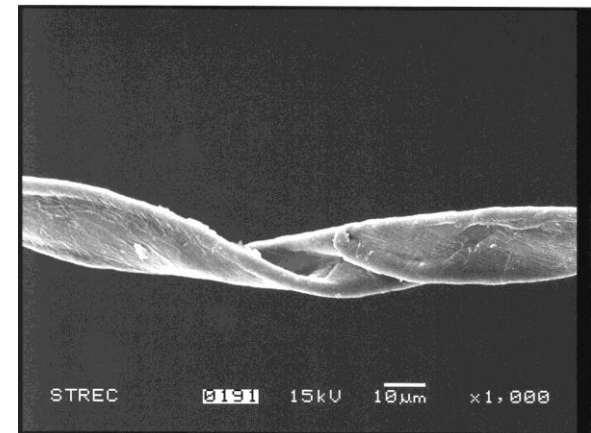


REVERSE SPIRALS OF COTTON FIBER

Cuticle



CROSS-SECTION OF MATURE COTTON FIBER





## ฝ้าย (Cotton)

## Cellulose fibers

### สมบัติทางเคมี

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

### การใช้ประโยชน์

- เสื้อผ้าทั่วไป ฝ้ายยีนส์ ผ้าทำปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง
- งานตกแต่งและของใช้ในบ้าน: ฝ้ายม่าน ฝ้ายปูโต๊ะ ผ้าเช็ดปาก เบาะ ฝ้ายเช็ดตัว



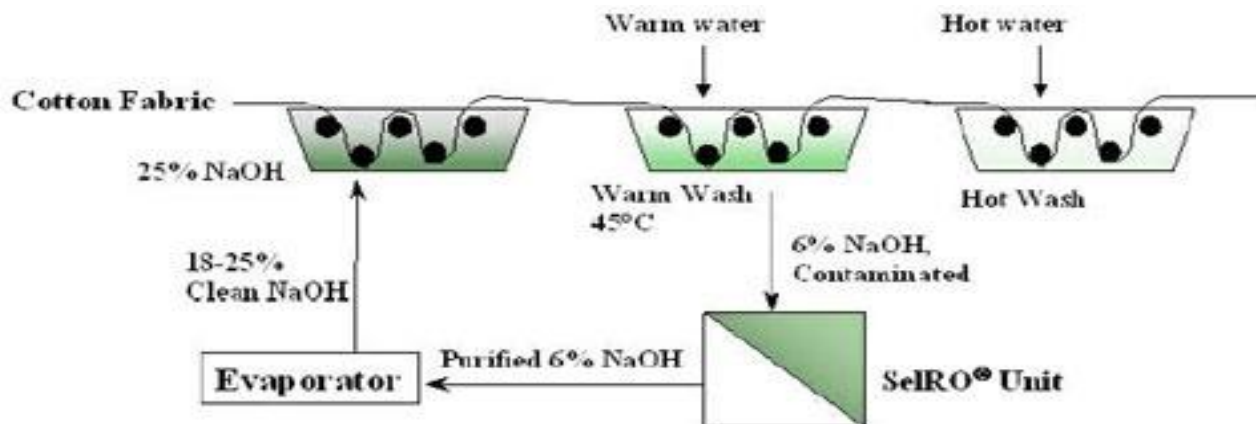
# ฝ้าย (Cotton)

## Cellulose fibers

### Mercerization

กระบวนการปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ฝ้ายหรือด้ายฝ้าย โดยการทำปฏิกิริยากับด่าง เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

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



## พู่กัน (Kapok)

## Cellulose fibers

- ไยพู่กันได้จากส่วนที่เป็นเมล็ดของต้นพู่กัน (Seed fiber)
- ฝักพู่กันมีลักษณะยาวหัวท้ายแหลม มีขนาด 3-6 นิ้ว เมื่อแก่เปลือกแห้ง แตกเปิดให้เห็นเส้นใยหรือพู่กันซึ่งติดอยู่กับเมล็ด แล้วจึงนำพู่กันแยกออกจากเมล็ด

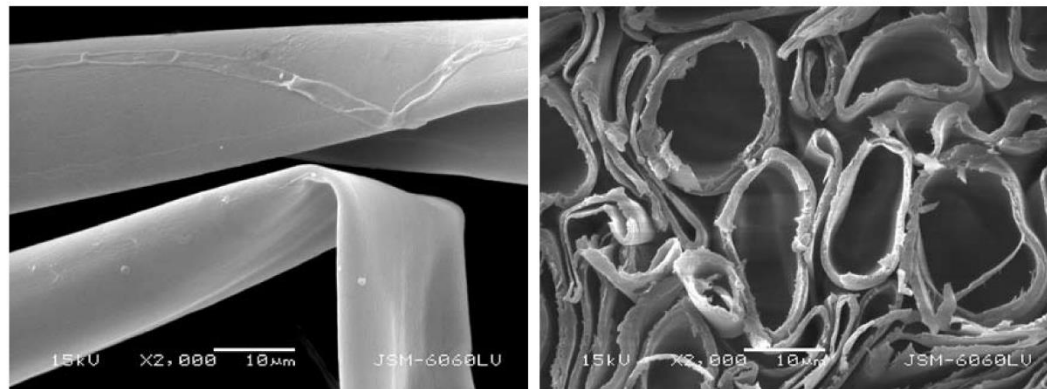


# พู่กัน (Kapok)

## Cellulose fibers

### สมบัติทางกายภาพ

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



(a)

(b)

## พู่กัน (Kapok)

## Cellulose fibers

### การใช้ประโยชน์

- วัสดุอัดเบาๆ พูก หมอน ที่นอน ถูกันตา และเครื่องเรือนอื่นๆ
- เคยมีการนำเอาใยพู่กันไปทำเส้นชูชีพเพราะคุณสมบัติที่เบา ลอยน้ำแล้วสามารถพยุงน้ำหนักได้ถึง 30 เท่า และไม่อุ้มน้ำ
- acoustic insulation, industrial wastewaters filtration



## ลินิน (Linen or flax)

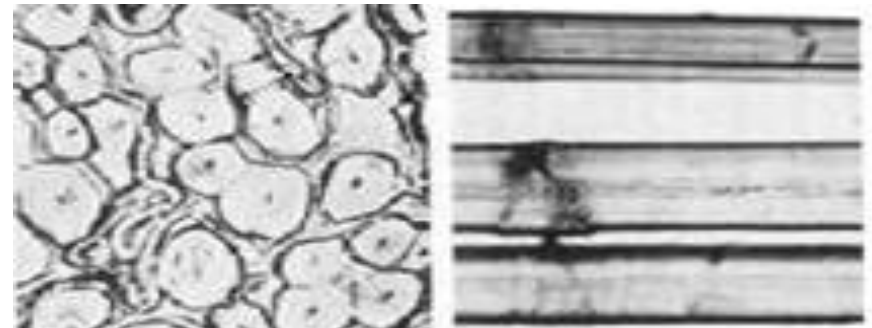
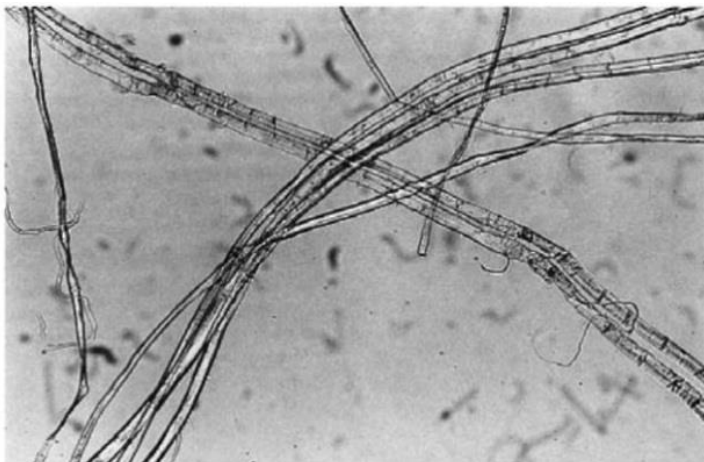
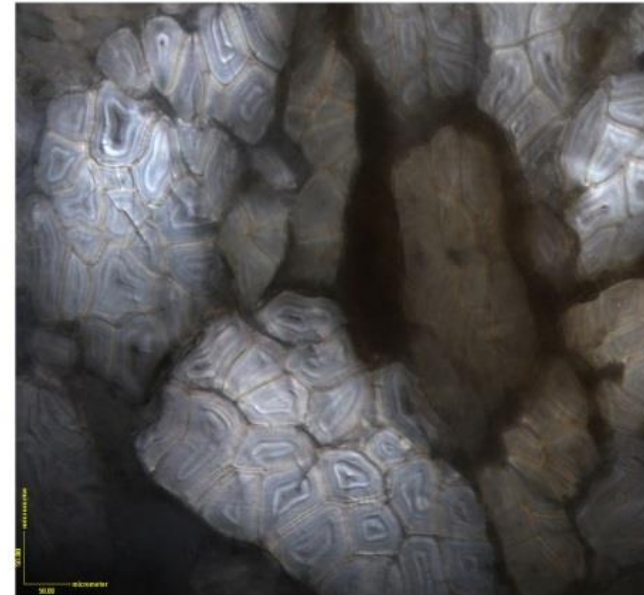
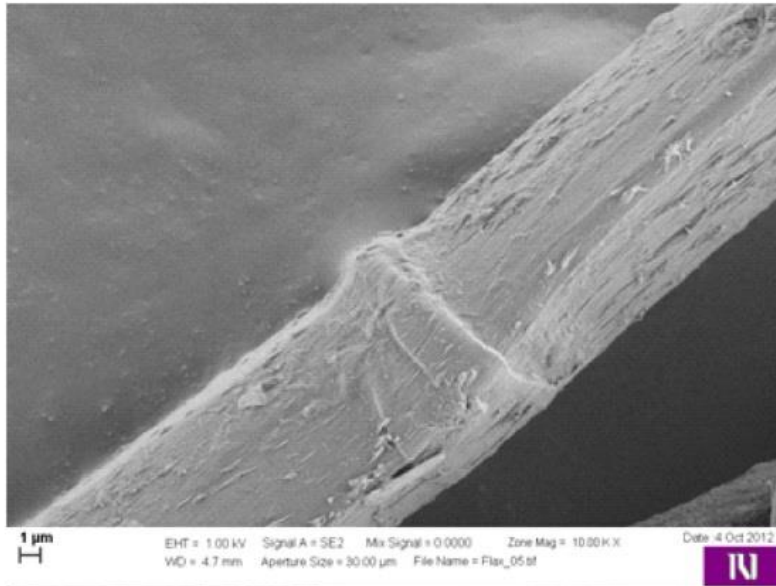
## Cellulose fibers

- ❖ ลินินเป็นเส้นใยที่ได้จากส่วนเปลือกของลำต้นแฟลกซ์ (Flax-Linum usitatissimum)
- ❖ เป็นเส้นใยที่เก่าแก่ที่สุดเป็นเวลากว่า 4500 ปีมาแล้วจากการใช้พันศตวรรษคือพวกम्मมี



# ลินิน (Linen or flax)

## Cellulose fibers



## ลินิน (Linen or flax)

## Cellulose fibers

### สมบัติทางกายภาพ

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



## ลินิน (Linen or flax)

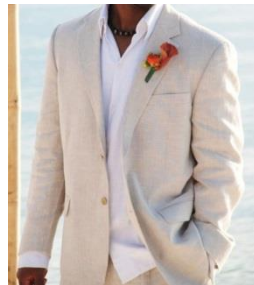
## Cellulose fibers

### 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
- ใยป่านมีลักษณะคล้ายผ้าที่ทอจากใยลินิน แต่เนื่องจากเป็นเส้นใยหยาบมากจึงไม่สามารถนำไปใช้ทดแทน หรือแข่งขันกับลินินได้

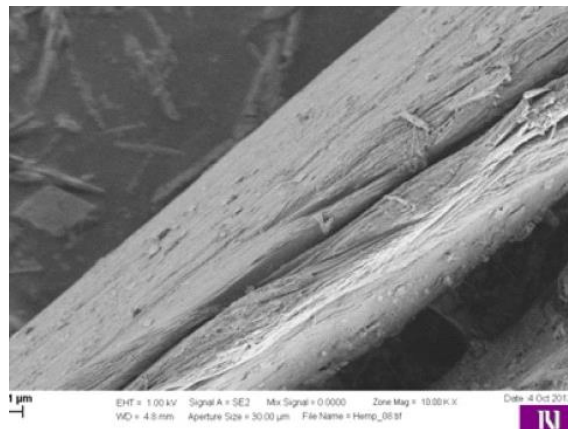
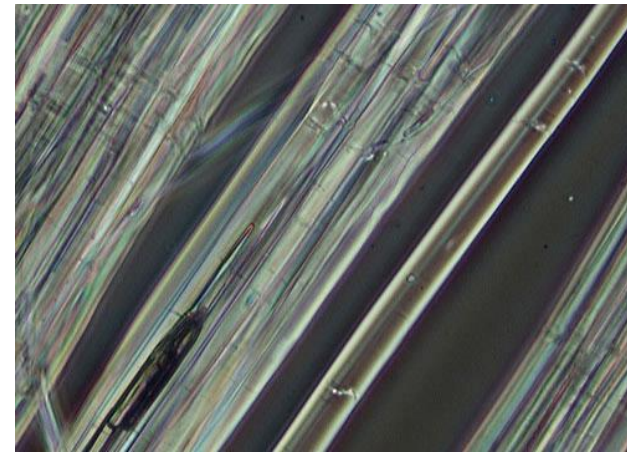
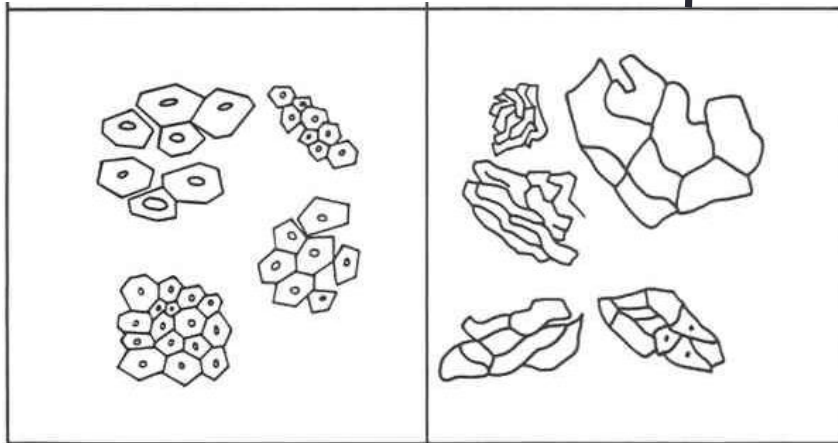


# ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

## Cellulose fibers

linen

hemp



## ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

## Cellulose fibers

### สมบัติ

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

# ป่านเฮมพ์ หรือ กัญชง (Hemp)

## Cellulose fibers

### การใช้ประโยชน์

- นิยมใช้ทำเป็นเชือก กระจอบผ้าสำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นผ้ารองใต้พรม



## ป่านรามี่ (Ramie)

## Cellulose fibers

- เป็นเส้นใยที่ได้จากลำต้น (Bast Fiber) ได้จากเปลือกต้นรามี่ ในประเทศจีนเรียกต้นป่านชนิดนี้ว่า China grass

### สมบัติ

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



# ป่านรามี่ (Ramie)

## Cellulose fibers

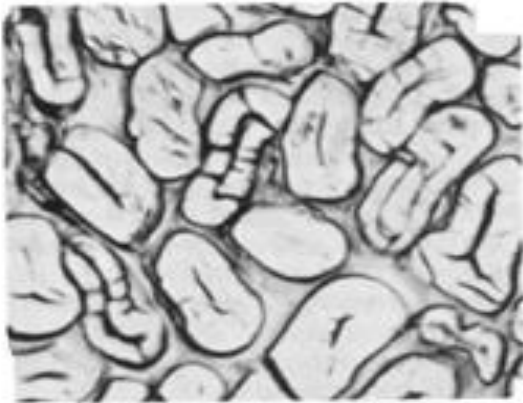
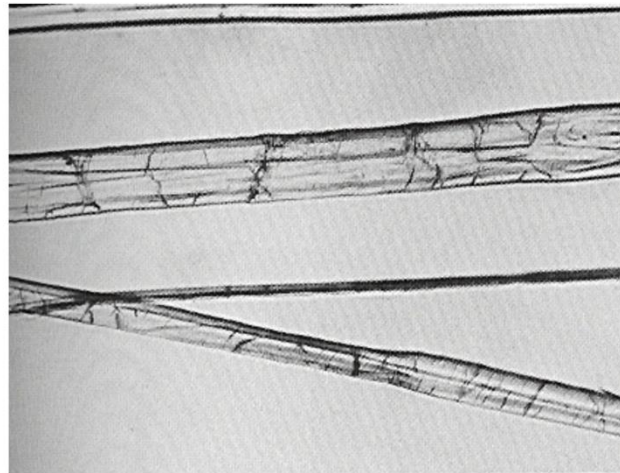


Fig. 6 Ramie



(a)



(b)

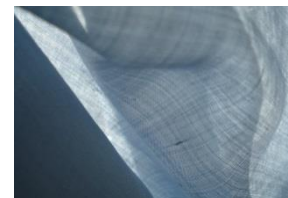
## ป่านรามี่ (Ramie)

## Cellulose fibers

- ข้อเสียของป่านรามี่คือ การยัดตัวไม่ดีนัก ยับง่าย ไม่อยู่ตัว ค่อนข้างแข็งกระด้างและเปราะ อันเนื่องมาจากโครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นผลึกสูง ทำให้ขาดความสามารถในการคืนตัว หรือขาดสภาพยืดหยุ่นที่ดี ถ้าหากถูกกดทับหรือดัดหลาย ๆ ครั้ง อาจเกิดการขาดในบริเวณรอยพับดังกล่าวได้

### การใช้ประโยชน์

- มีลักษณะคล้ายลินิน จึงใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับผ้าลินิน
- ป่านรามี่ มีราคาแพงกว่าลินินและฝ้าย เนื่องจากมีปริมาณที่ค่อนข้างจำกัด และป่านรามี่ค่อนข้างแข็งกระด้าง จึงนิยมผสมกับเส้นใยอื่นๆ เช่น ฝ้าย และเรยอน จะช่วยให้มีสมบัติที่หน้าใช้ยิ่งขึ้น





## ปอกระเจา (Jute)

## Cellulose fibers

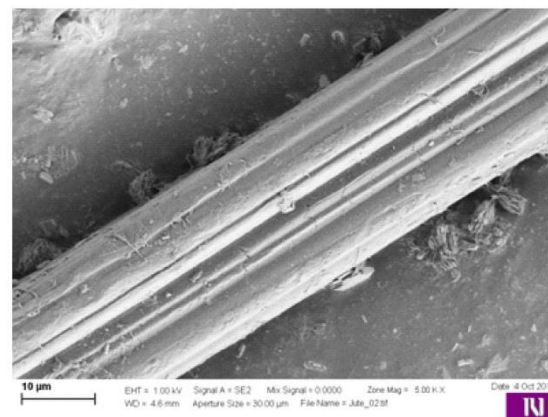
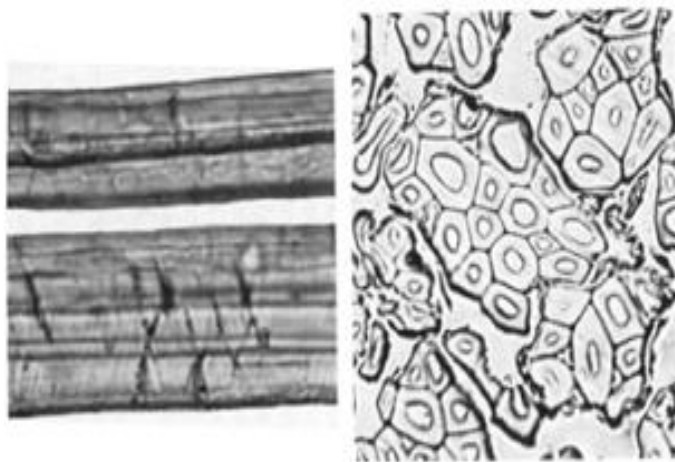
- เส้นใยปอได้จากส่วนของลำต้น (Bast fiber)
- มีความสำคัญและถูกใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางเป็นอันดับสองรองจากฝ้าย และมีราคาถูก



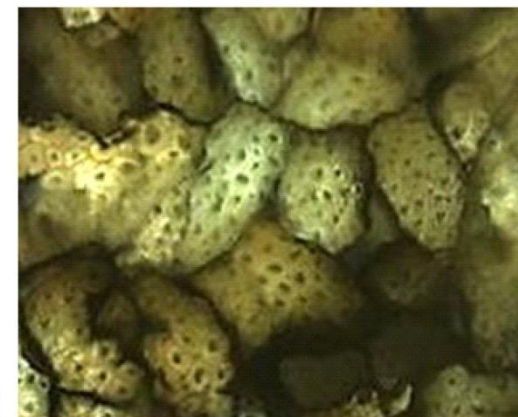
## ปอกระเจา (Jute)

## Cellulose fibers

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



(a)



(b)

## ปอกระเจา (Jute)



### การใช้ประโยชน์

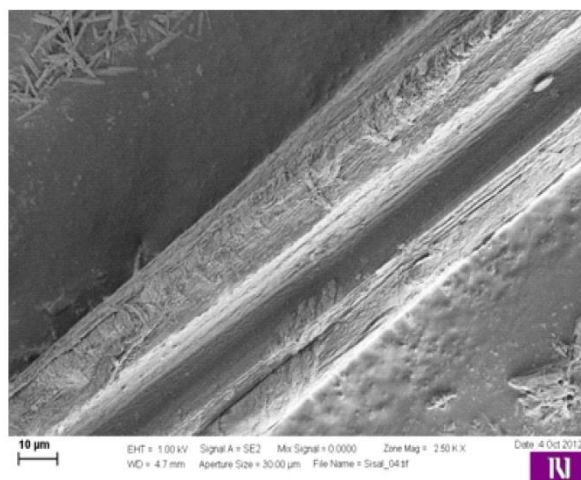
- ใช้ทำพื้นผ้าและกระสอบ (sack and bag) สำหรับบรรจุภัณฑ์เกษตร เพื่อการขนส่ง เช่น กระสอบข้าวโพด ปลาป่น ยาสูบ อาหาร และอื่นๆ
- ใช้ทำเชือก ผ้าทำเต็นท์
- ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือน ทอเป็นผ้าที่ใช้ทำพื้นด้านหลังของพรม (carpet yarn) เช่น พรมปูพื้น มุพหนัง ทำเฟอร์นิเจอร์
- เชือก ทำกระเป๋าถือ หรืองานหัตถกรรมอื่นๆ

## Cellulose fibers

# ป่านศรนารายณ์ (Sisal)

## Cellulose fibers

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



(a)



(b)

## ป่านศรนารายณ์ (Sisal)

## Cellulose fibers

### การใช้ประโยชน์

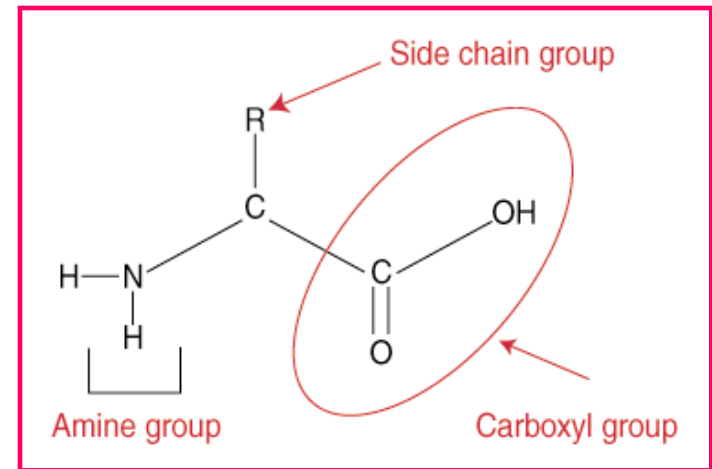
- ใช้ทำเชือกขนาดต่างๆ สำหรับใช้ในกิจการเกษตร
- เชือกขนาดใหญ่ใช้ในการเดินเรือ
- เชือกห่อของ ตลอดจนกระเบื้องเชือกที่ใช้งานอุตสาหกรรม
- ใช้ทำเสื่อ กระเป๋าถือ หมวก และงานหัตถกรรมอื่นๆ



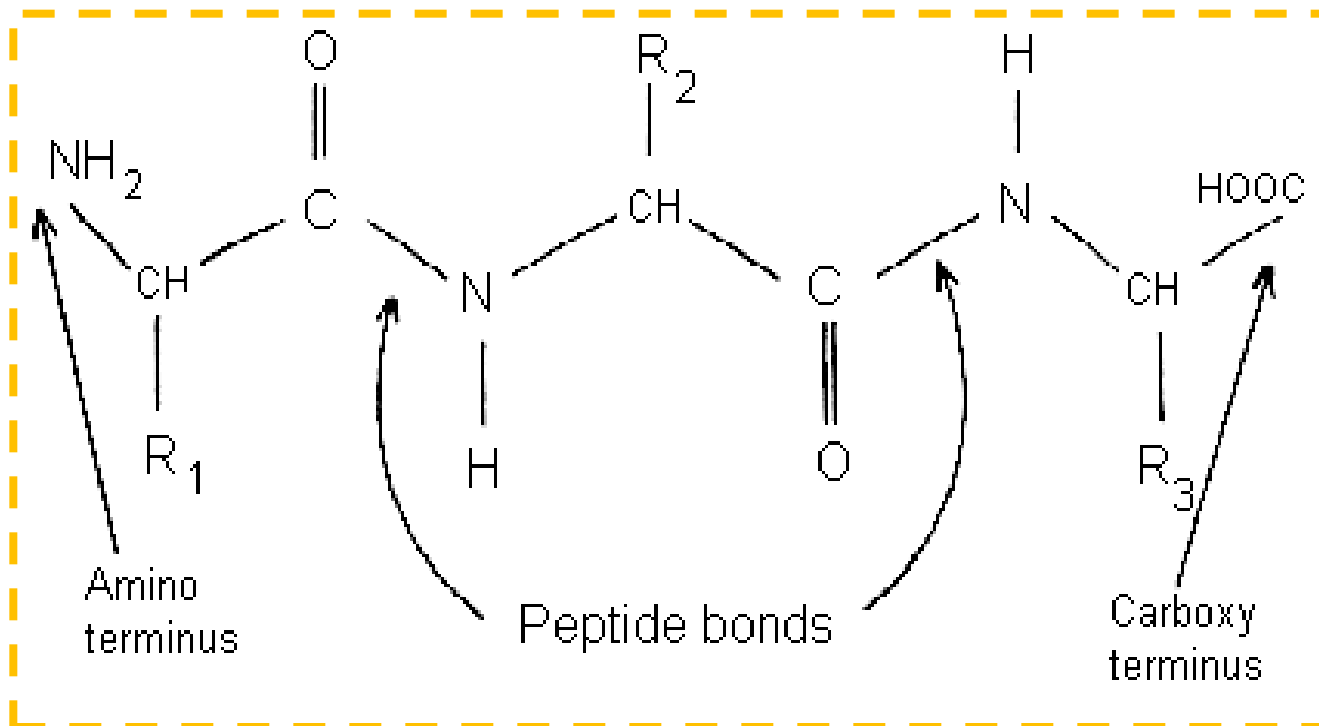
# เส้นใยธรรมชาติจากสัตว์ (Protein Fiber)

## Protein fibers

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



Amino acid



## Protein fibers

สมบัติเส้นใย	ความสำคัญต่อผู้ใช้
☺ การคืนตัวดี	ป้องกันการยับ รอยยับย่นสามารถหายได้โดยการแขวนทิ้งไว้หลังการใช้
☺ การดูดซึมความชื้นดี	สวมใส่สบายในสภาพอากาศที่เย็นชื้น และการดูดซึมน้ำดีทำให้พรรณสัตว์ไม่เปราะแตกง่าย
☺ ความถ่วงจำเพาะต่ำ	ผ้าขนสัตว์น้ำหนักเบากว่าผ้าที่ทำจากเส้นใยพืชที่ความหนาเท่ากัน
☺ ทนต่อเปลวไฟ	เผาไหม้ไม่หมด ดับไฟได้ด้วยตัวเอง ให้กลิ่นเหมือนการเผาไหม้เส้นผม ขี้เถ้าสีดำ เพราะ



## Protein fibers

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

## Protein fibers

## ขนสัตว์ (Wool)

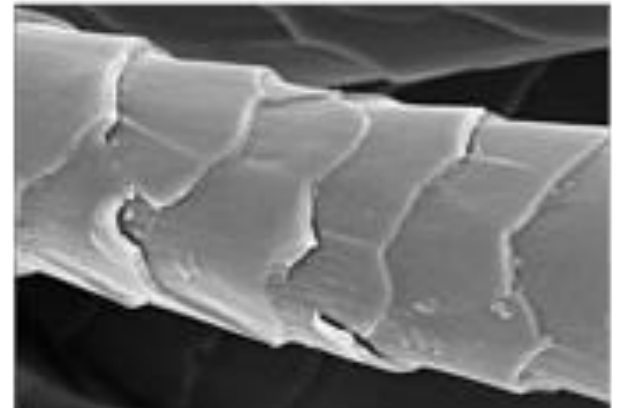
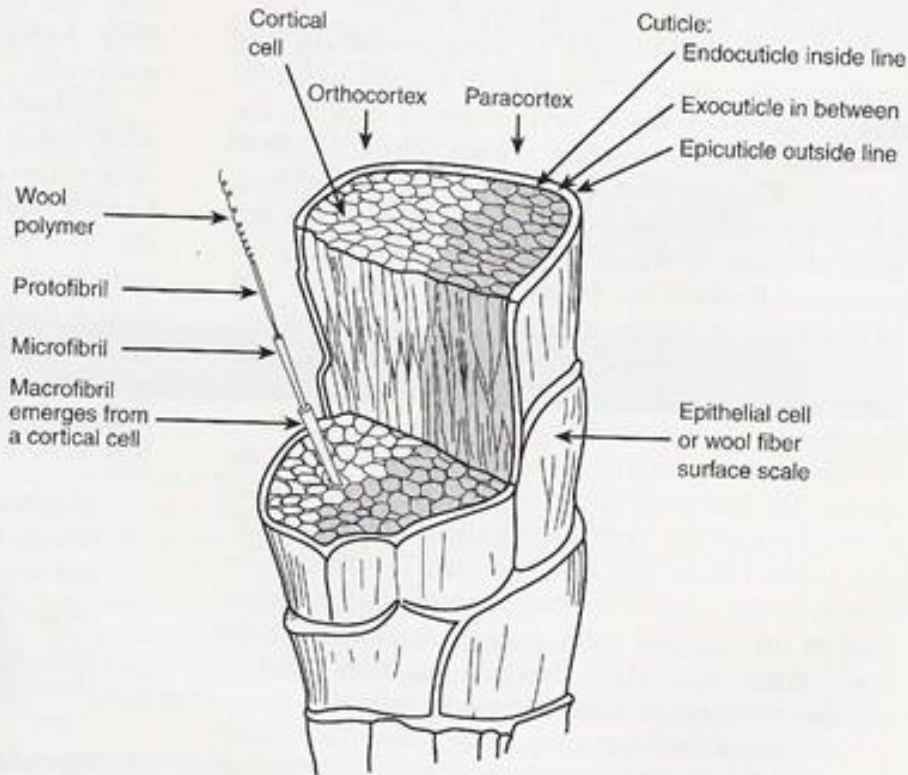
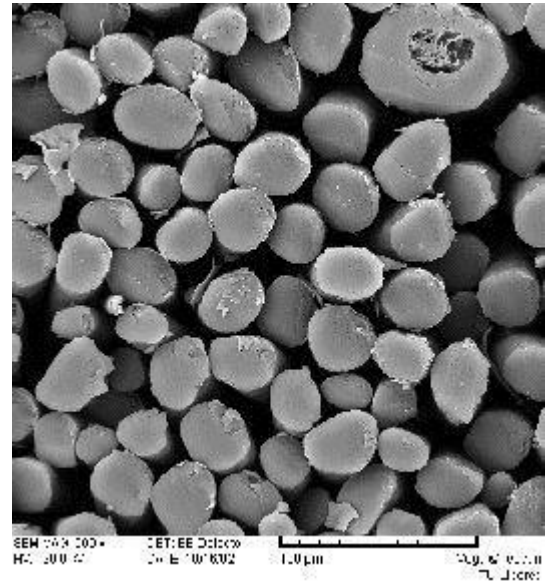
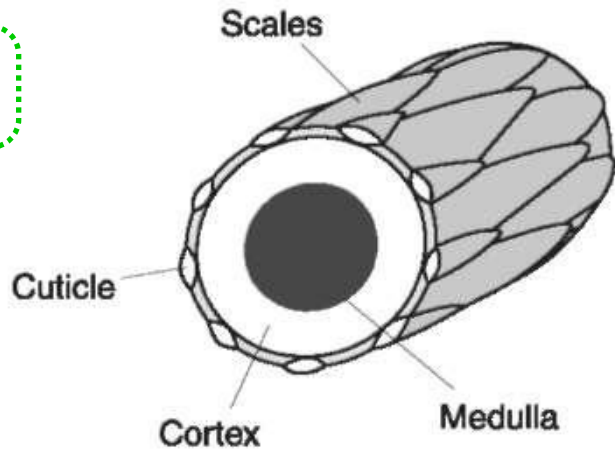


**Merino sheep**



**Protein fibers**

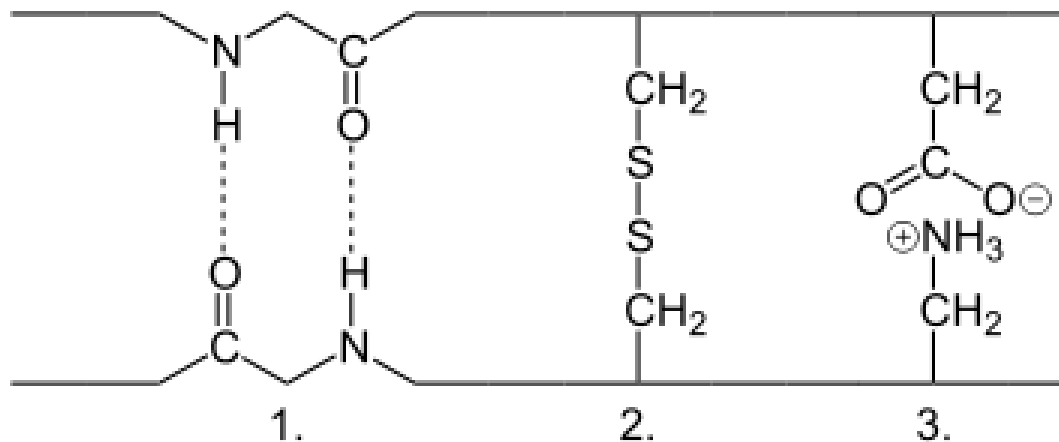
**ขนสัตว์ (Wool)**



## 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: ขึ้นกับพันธุ์และถิ่นกำเนิด
- 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<sup>3</sup> น้ำหนักเบา
- การดูดความชื้น: ค่อนข้างดี (13-18%)

## Protein fibers

## ขนสัตว์ (Wool)

### สมบัติทางกายภาพ (ต่อ)

- การทนต่อความร้อน:  $100^{\circ}\text{C}$  เริ่มหยابกระด้าง,  $204^{\circ}\text{C}$  เริ่มหลอมและกลายเป็นเถ้า
- การติดไฟ: เผาไหม้ช้า ดับไฟได้ด้วยตนเอง
- การนำไฟฟ้า: ค่อนข้างต่ำ เกิดปัญหาไฟฟ้าสถิตได้

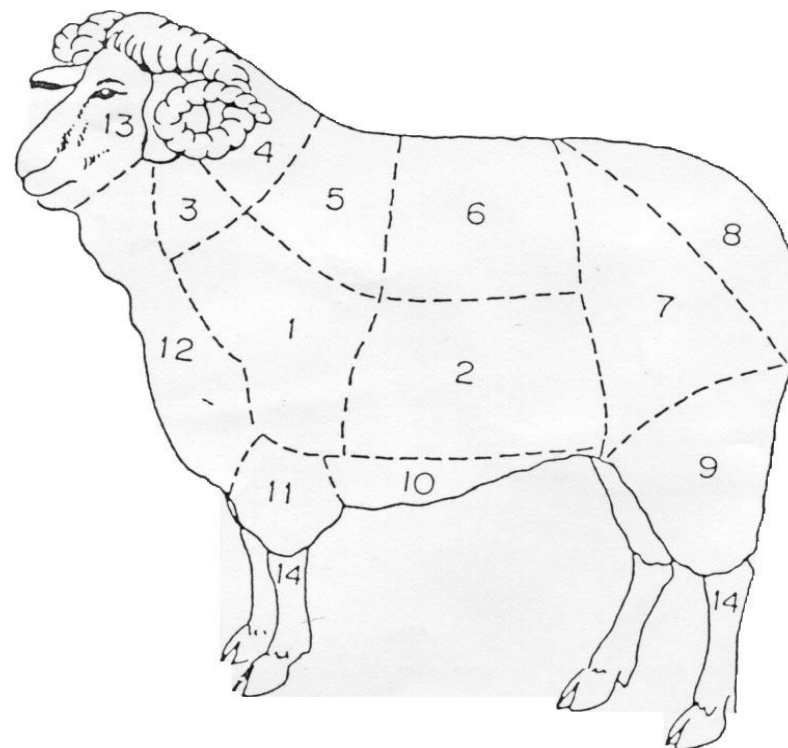
### สมบัติทางเคมี

- 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



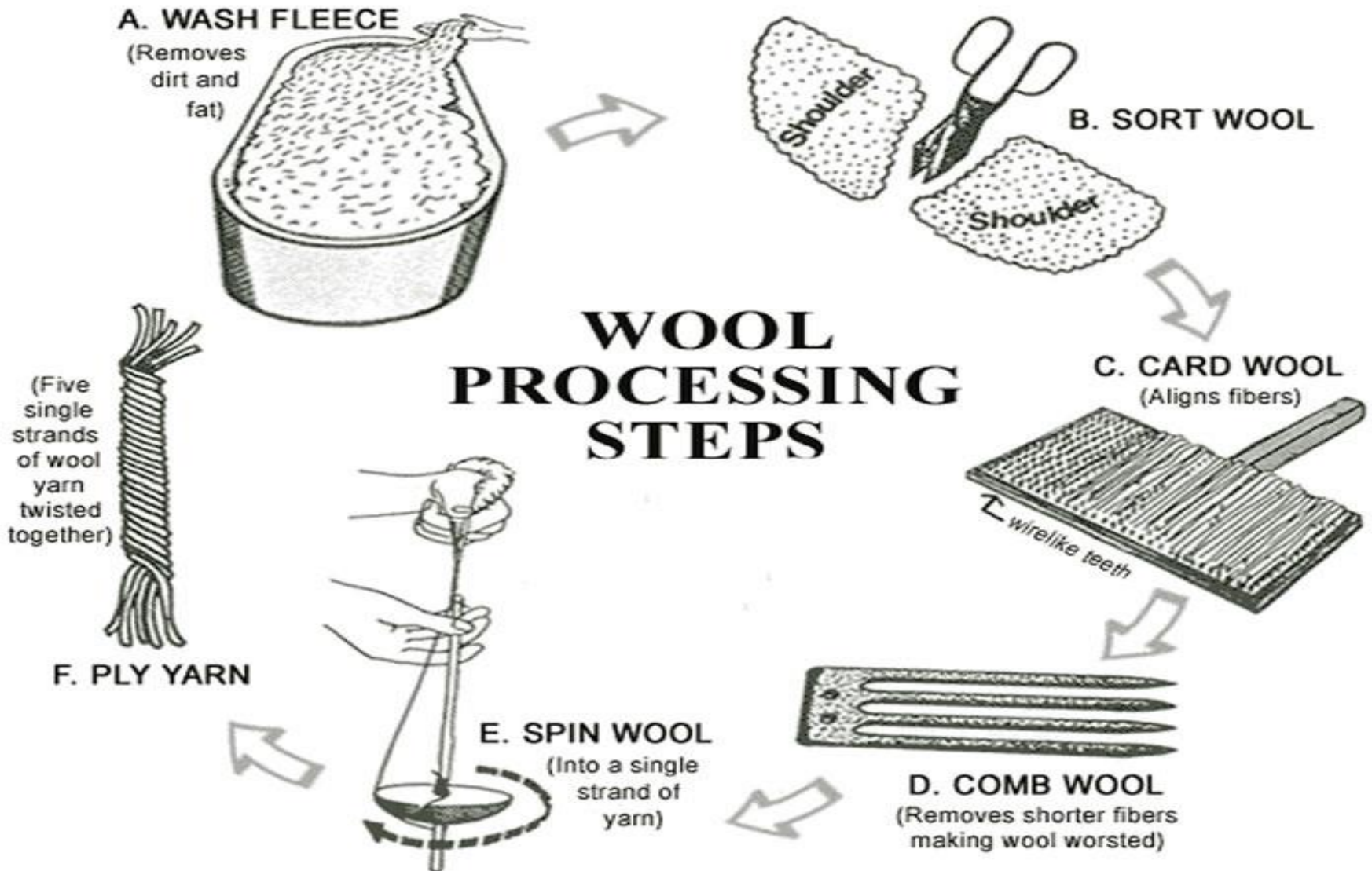
Pure Wool



Wool Blend

# Protein fibers

# ขนสัตว์ (Wool)





## Protein fibers

## ขนสัตว์ (Wool)

### Woolen yarn

### Worsted yarn

ทำจากเส้นใยสั้น

ทำจากเส้นใยยาว

กระบวนการมีแค่การสาว

กระบวนการมีทั้งการสาวและหวีด้วย

ทำให้เส้นใยเรียงตัวขนานกันดี

การตีเกลียวหลวม

การตีเกลียวแน่น ทำให้ได้ผ้าเนื้อเรียบ

แข็งแรงน้อย

แข็งแรงมาก

มีความฟูมาก

มีความละเอียด เรียบ สม่่าเสมอ

นุ่ม

แน่นกว่า

## Protein fibers



## ขนสัตว์ (Wool)

### การใช้ประโยชน์

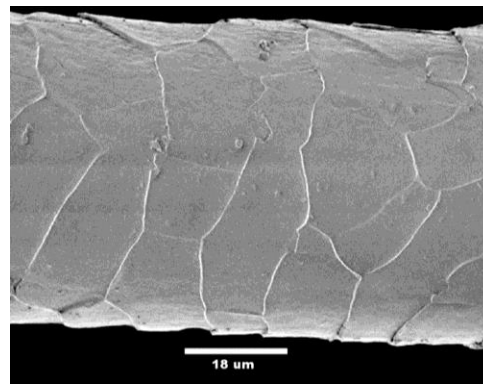
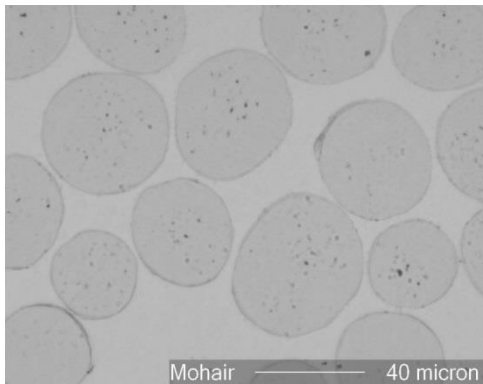
- กางเกง กระโปรง เสื้อสเวตเตอร์ เสื้อคลุม หมวก ผ้าพันคอ ถุงมือ ถุงเท้า ผ้าห่ม ผ้าทอ
- ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตกแต่งบ้าน เช่น พรมปูพื้น



## Protein fibers

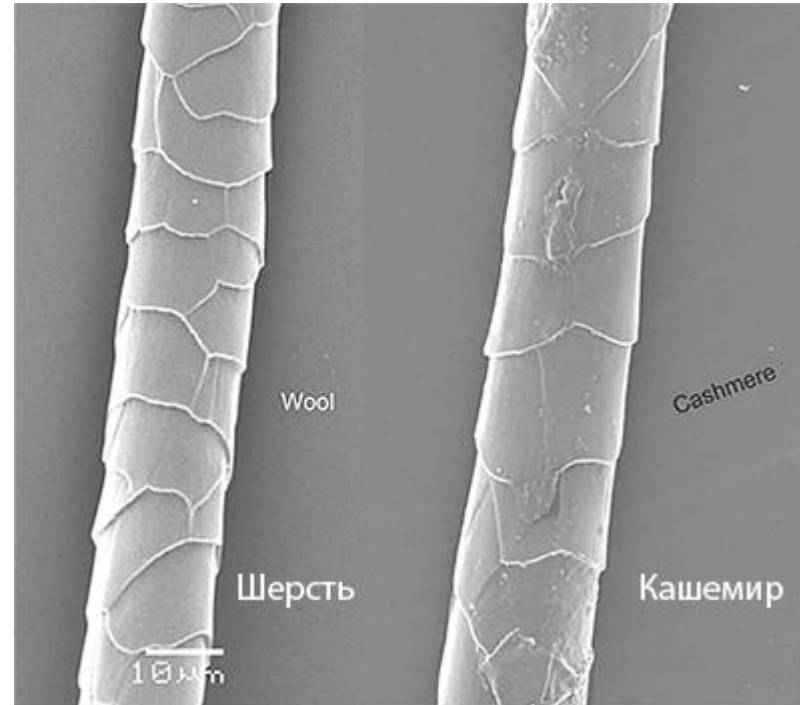
- เส้นใยได้จากแพะพันธุ์แองโกรา (Angora)
- โมแฮร์มีเกล็ดไม่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ แต่ลักษณะเกล็ดจะชนกัน
- ภาคตัดขวางเป็นทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้นใย

## โมแฮร์ (Mohair)



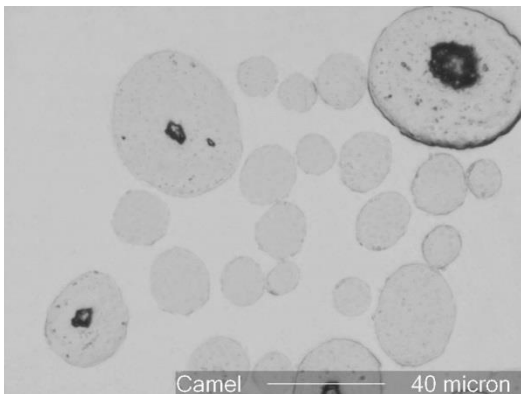
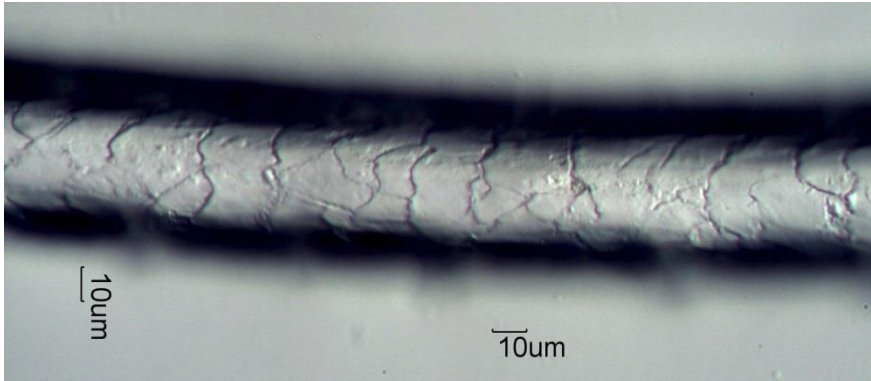
## Protein fibers

## แคชเมียร์ (Cashmere)



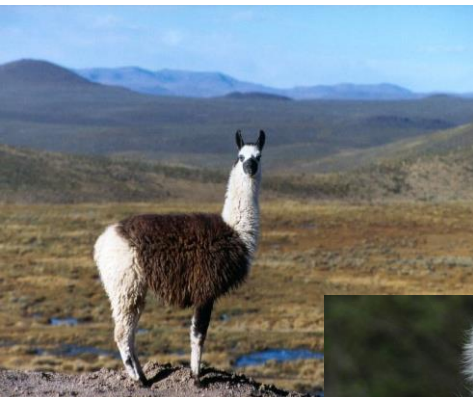
# Protein fibers

# ແກ່ນລູງ (Camel Hair)



## Protein fibers

## ลาม้า (Lama) & อัลปากา (Alpaca)



## Protein fibers



## แองโกรา (Angora)



## Protein fibers

## ไหม (Silk)



Mulberry Silk

Bombyx Mori

Wild Silk

Tussah silk



# Protein fibers

# ไหม (Silk)

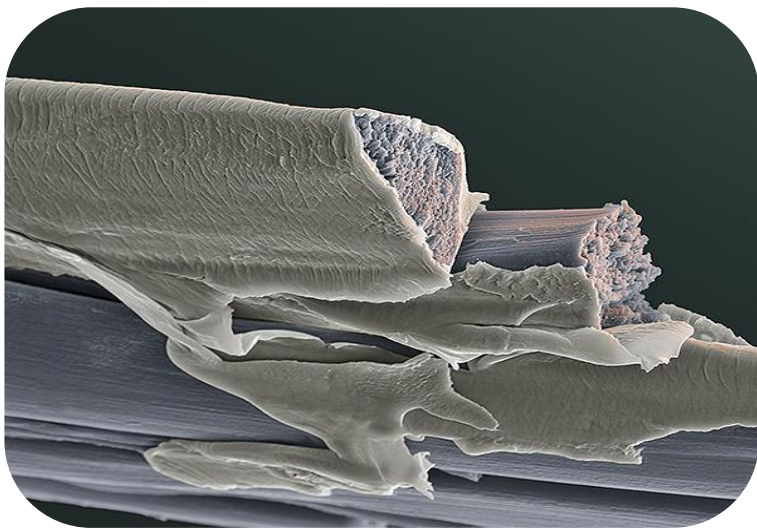
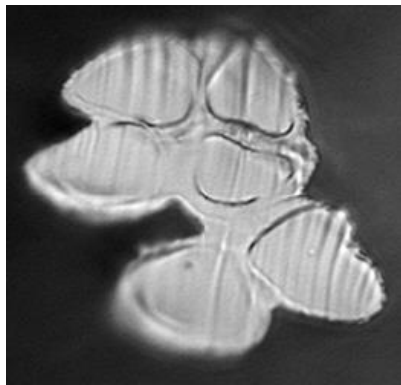
## Life Cycle of Silkworm



## 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

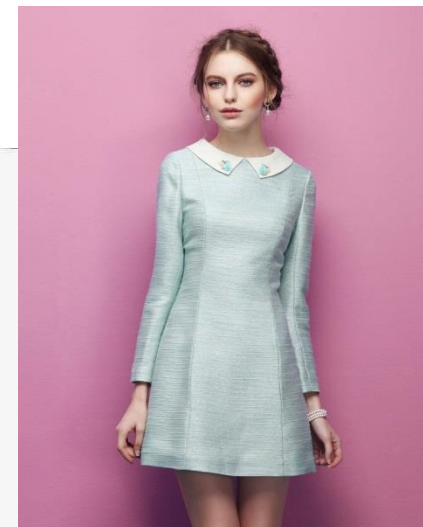
- **สารเคมี:** - ทนกรดอ่อนและเจือจางได้
  - ไม่อ่อนไหวต่อด่างแก่ขนสัตว์ อาจซักด้วยสบู่อ่อนและไม่รุนแรงได้ แต่ด่างแก่ทำให้ความมันของไหมลดลง
  - ถูกทำลายได้ด้วยเกลือคลอไรด์ เช่น เหนือ น้ำเกลือ น้ำยาดับกลิ่น
  - ทนต่อสารซักฟอกประเภทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
- **แสงแดด:** อ่อนไหวต่อแสงแดด ทำให้ผ้าเหลืองและความแข็งแรงลดลง
- **ราและแมลง:** ทนได้ดี

## Protein fibers

## ไหม (Silk)

### การใช้ประโยชน์

- เลื่อ กางเกง กระโปรง ผ้าพันคอ ผ้าคลุมผม แหคไท โบว์ไท
- ผ้ามา่าน เครื่องประดับบ้าน เฟอร์นิเจอร์ ผ้าคลุมเตียง

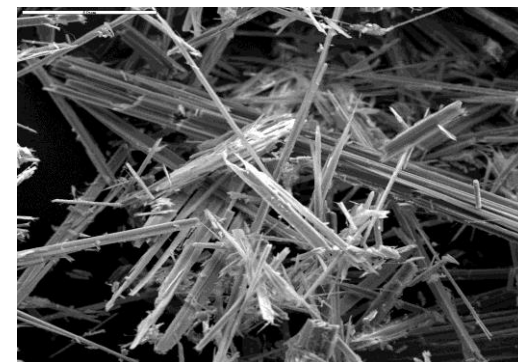


# เส้นใยธรรมชาติจากแร่ธาตุ (Mineral Fiber)

## Mineral fibers

### แร่ใยหิน (Asbestos)

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



## Mineral fibers

### ใยแก้ว (Glass Fiber)

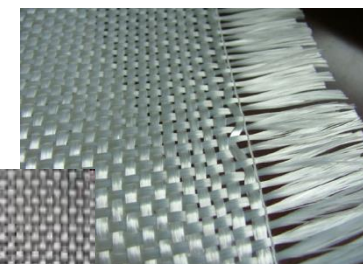
- องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่คือ ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ที่เหลือจะเป็นออกไซด์ชนิดต่างๆ เช่น  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  และอื่นๆ
  - E-glass มีการผลิตและนำมาใช้งานมากที่สุด มีสมบัติต้านทานไฟฟ้าที่ดี มีความแข็งแรงสูง
  - C-glass มีความทนทานต่อเคมีภัณฑ์สูง ทนต่อการกัดกร่อน
  - S-glass มีความแข็งแรงสูงมาก (มากกว่า E-glass 30%)
  - D-glass มีสมบัติไดอิเล็กทริกดี มีความหนาแน่นต่ำ ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์



## Mineral fibers

### ใยแก้ว (Glass Fiber)

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

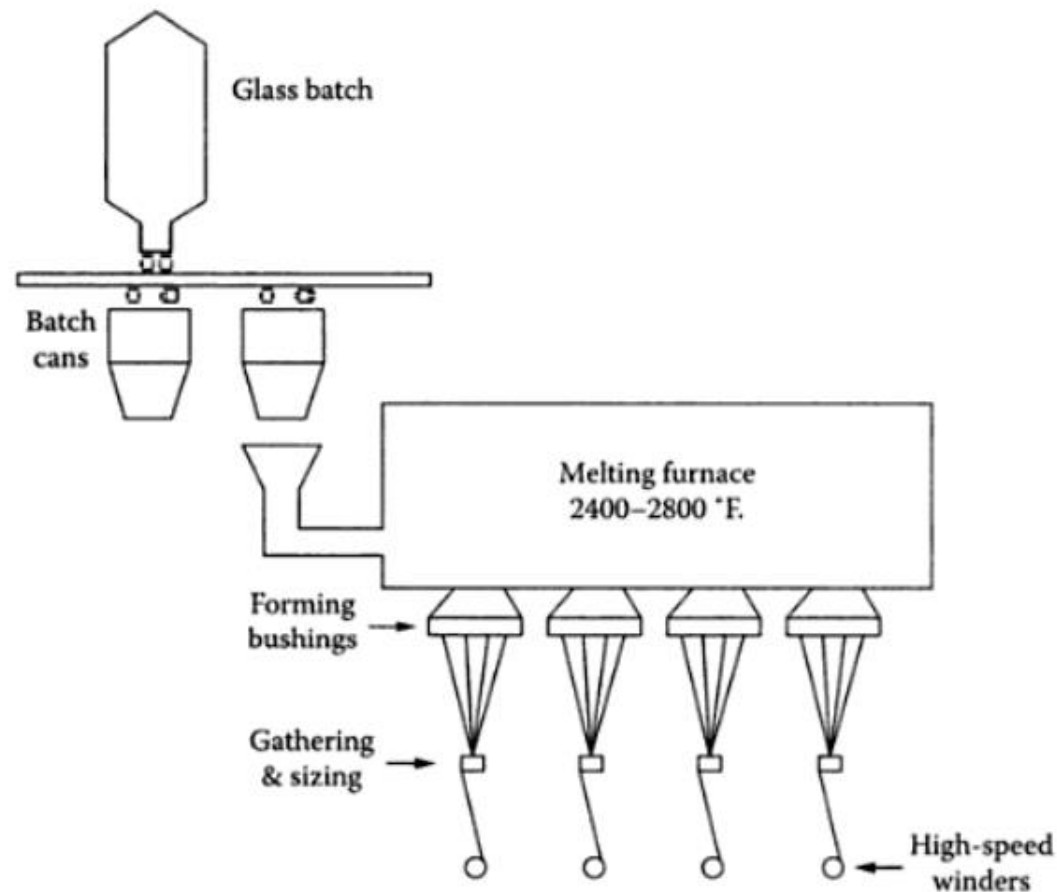


## Mineral fibers

### ใยแก้ว (Glass Fiber)

#### การใช้ประโยชน์

- งานเสริมแรง FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) เช่น อุปกรณ์กีฬาเช่น ก้านไม้กอล์ฟ, คันเบ็ดตกปลา, ชิ้นส่วนรถยนต์ลำเรือ, อุปกรณ์ทางอุตสาหกรรมที่ต้องการความทนทานจากการกัดกร่อน, ชุดพญเพลิง



# เส้นใยประดิษฐ์

## (Man-Made Fiber)

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

-Rayon

-Lyocell

-Cellulose Acetate

Man-made fiber

-Nylon

-Polyester

-Acrylic

-Modacrylic

-Spandex

-Olefin

-Aramid

❖ Regenerated Fiber

(Semi-Synthetic Fiber)

Made artificially from natural raw materials

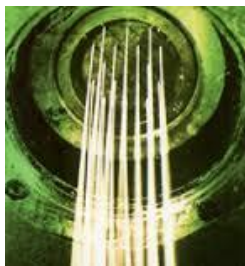
❖ Synthetic Fiber

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. ทำให้สารตั้งต้นหรือโพล์ อัดผ่านหัวรีดออกมาในรูปของเส้นใยยาวต่อเนื่อง
3. ทำให้เส้นใยยาวต่อเนื่องนี้ เกิดการอยู่ตัวเป็นเส้นใยที่ใช้งานได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการแข็งตัว การระเหย หรือการเย็นตัวของเส้นใย

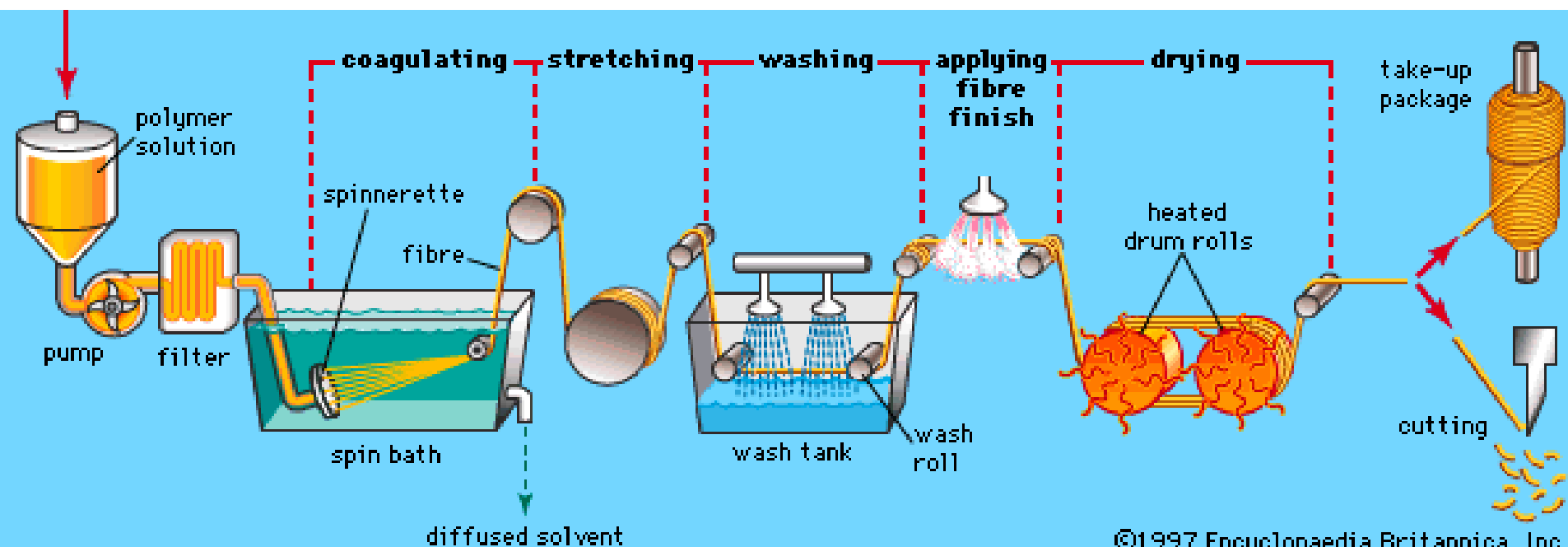


Spinneret refers to a multi-pored device through which a plastic polymer melt is extruded to form fibers

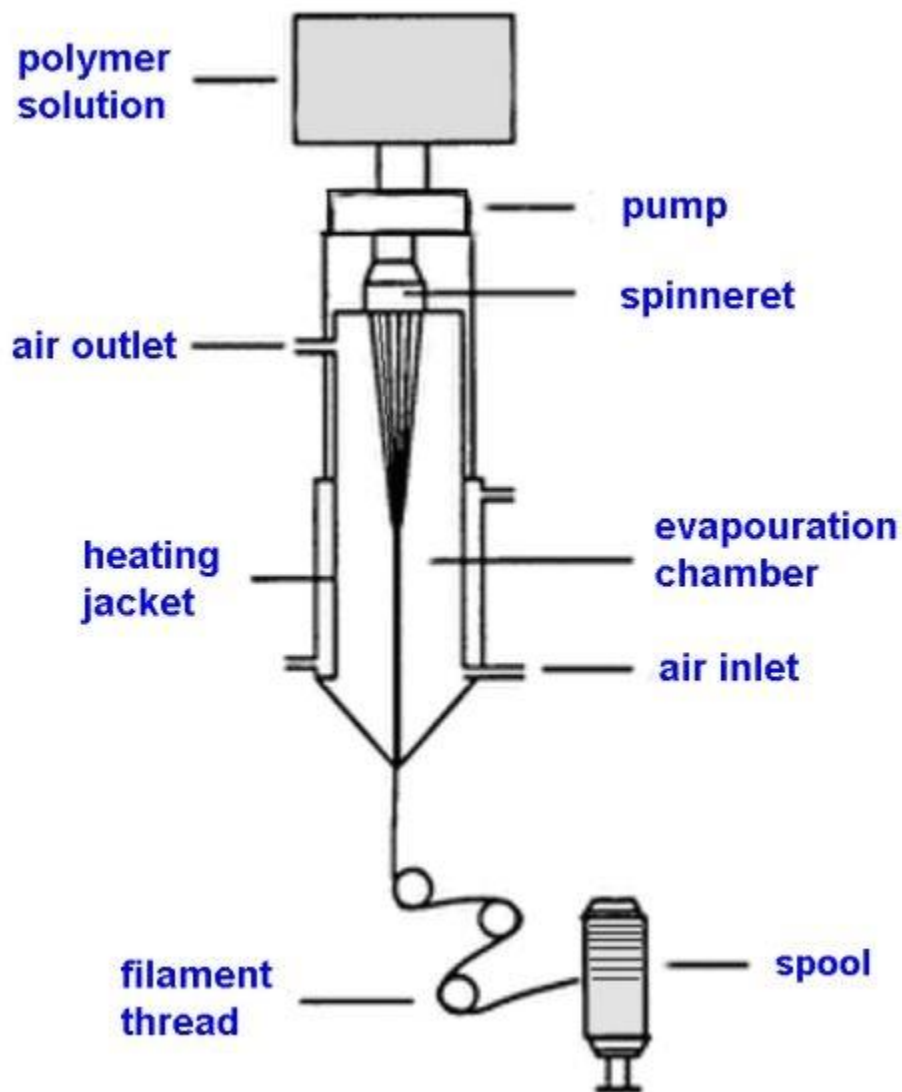
## Wet Spinning

- Solution Spinning
- พอลิเมอร์ถูกละลายในตัวทำละลาย
- เส้นใยถูกปั่นลงไปให้อ่างน้ำ หรือสารละลายที่เหมาะสม
- เส้นใยแข็งตัวโดยการตกผลึกให้อ่างนั้น

- Rayon
- Acrylic
- Spandex



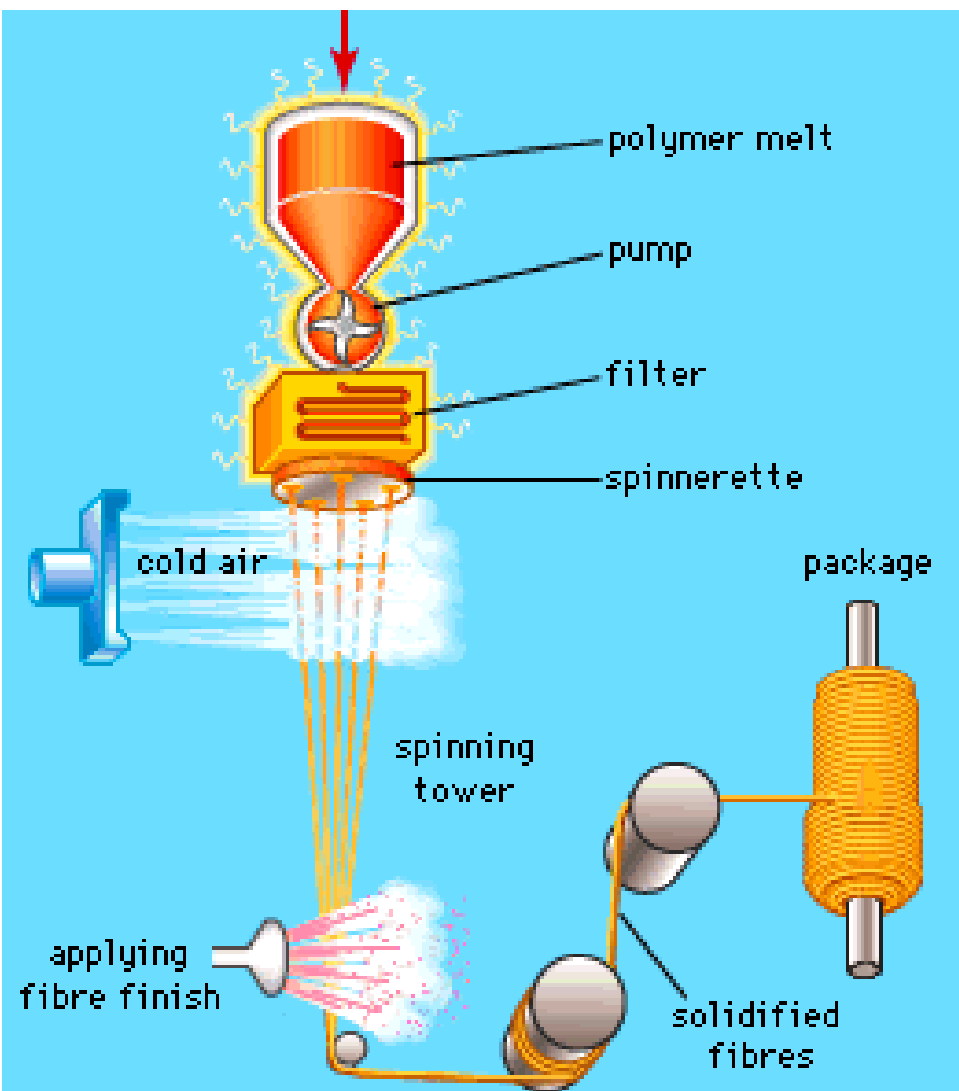
## Dry Spinning



- Solvent Spinning
- พอลิเมอร์ถูกละลายในตัวทำละลายที่ระเหยได้
- เส้นใยถูกปั่นลงไปในการะแสลมอุ่น
- เส้นใยแข็งตัวโดยตัวทำละลายระเหยออกไป

- Acetate
- Acrylic
- Modacrylic
- Spandex
- Triacetate

## Melt Spinning



- พอลิเมอร์ถูกทำให้หลอมเหลว
- เส้นใยถูกปั่นเข้าไปในกระแสลมเย็น/น้ำเย็น
- เส้นใยแข็งตัวโดยการเย็นตัวลง

### ข้อเด่น

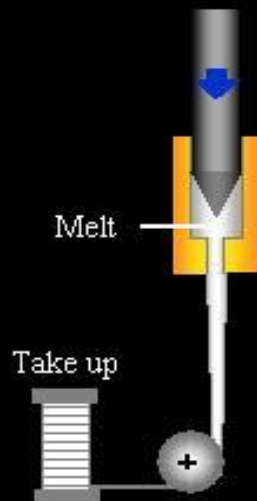
- ประหยัด ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย หรือสารเคมี
- สามารถควบคุมรูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใยได้อย่างแม่นยำ
- อัตราเร็วในการปั่นเส้นใย (Spinning rate) สูง

- Nylon
- Polyester
- Polyolefin



# Spinning Process

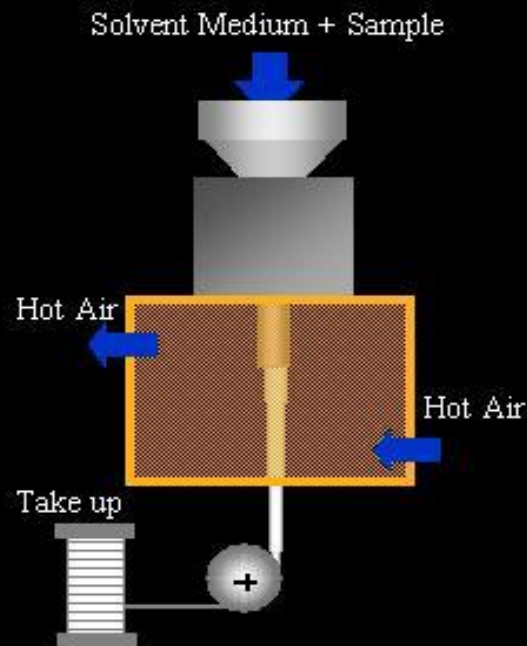
## Melt Spinning



A sample is melted and it pushes out from a capillary tube. Then it is take up.

Polyester  
Nylon  
... etc

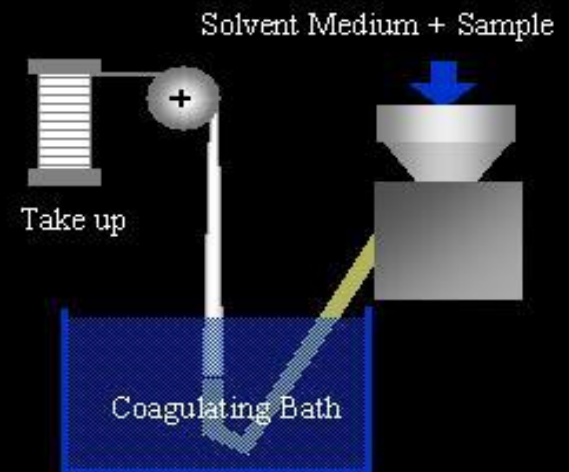
## Dry Spinning



A sample is melted by a solvent and it pushes out in heat atmosphere. And it is take up, removing a solvent.

Acetate  
Acrylic  
... etc

## Wet Spinning

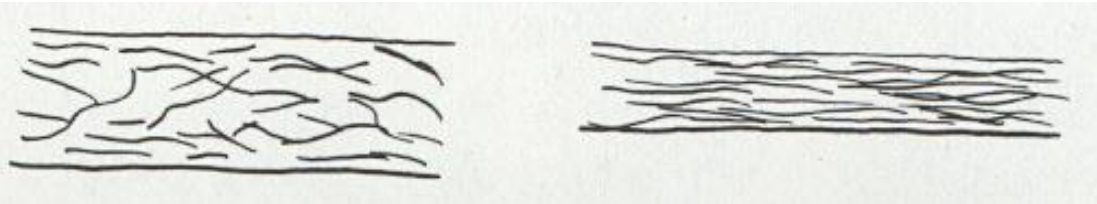
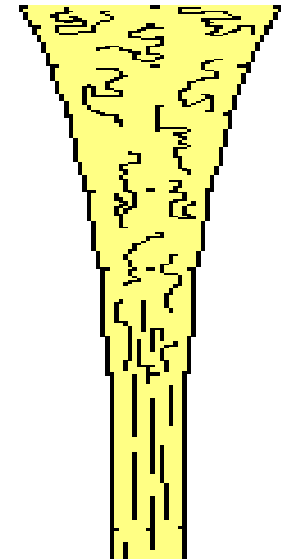


A sample is melted to a solvent and it pushes out in coagulating bath. It take up removing a solvent, after carrying out a chemical reaction.

Rayon  
Acrylic  
... etc

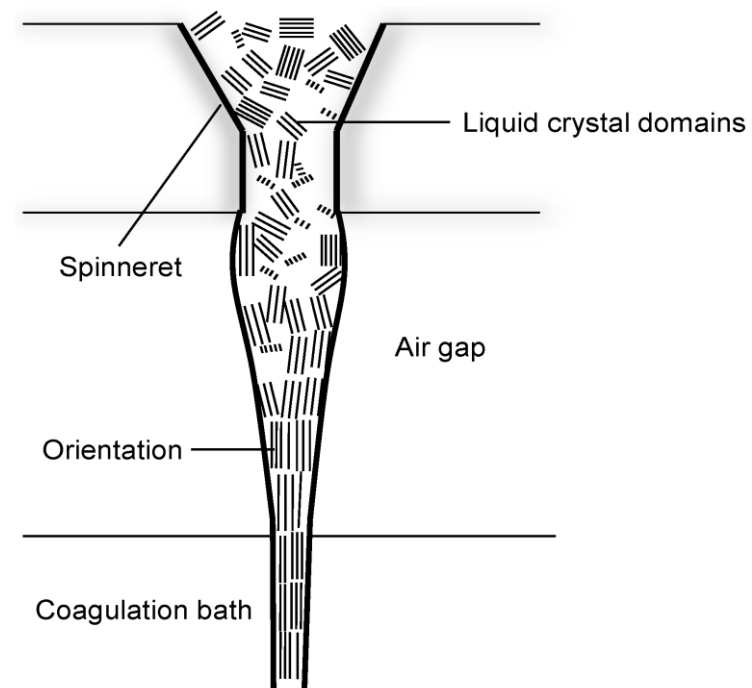
## Drawing or Stretching

- 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 (Regenerated Cellulose) ซึ่งถูกแทนที่ด้วยสารอื่นไม่มากกว่า 15% ของไฮโดรเจนที่อยู่ในหมู่ไฮดรอกซิล”
- Rayon → “Regenerated Cellulose”
- Oldest commercial man-made
- Artificial Silk

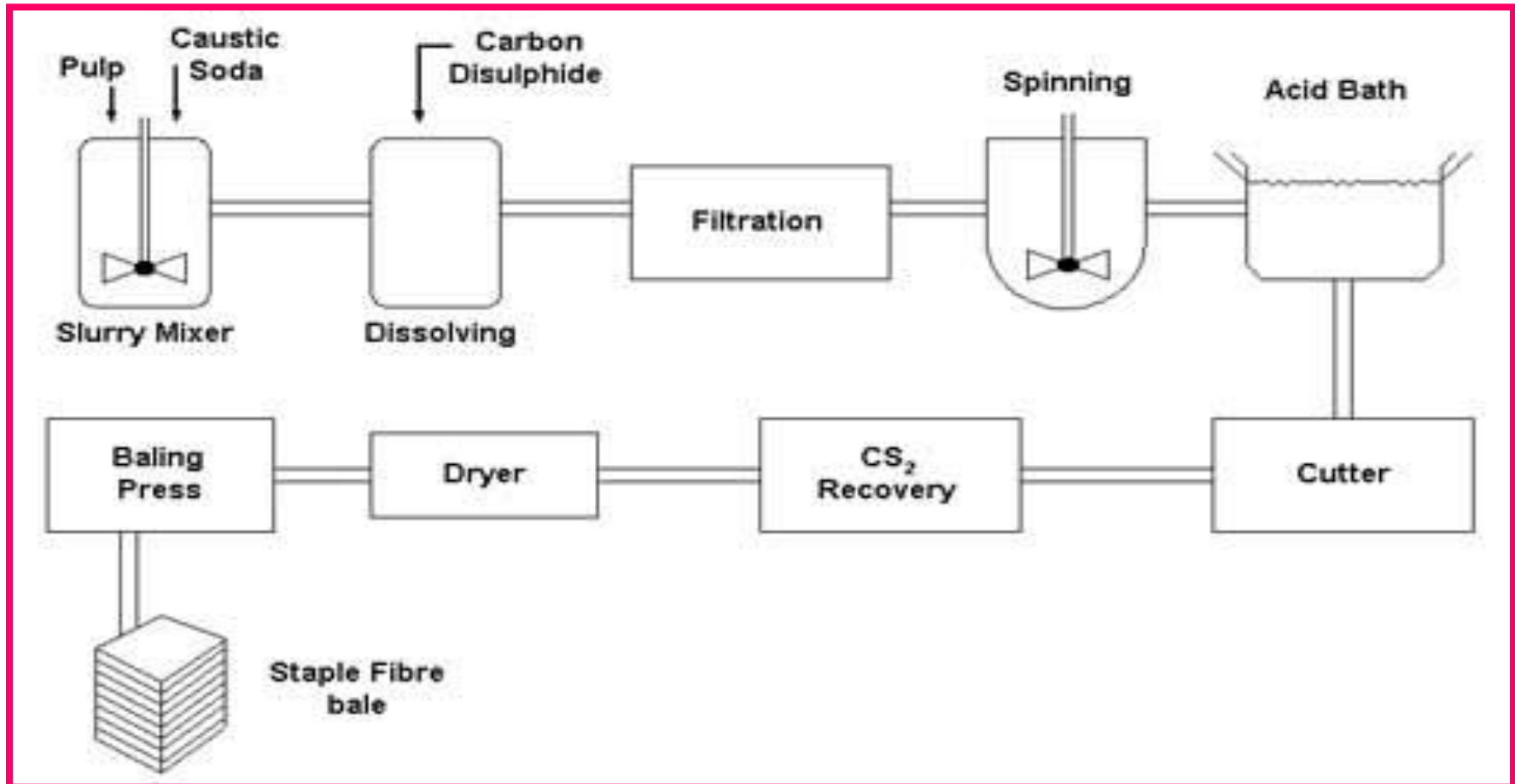
#### Type of Rayon Fiber

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

# เรยอน (Rayon)

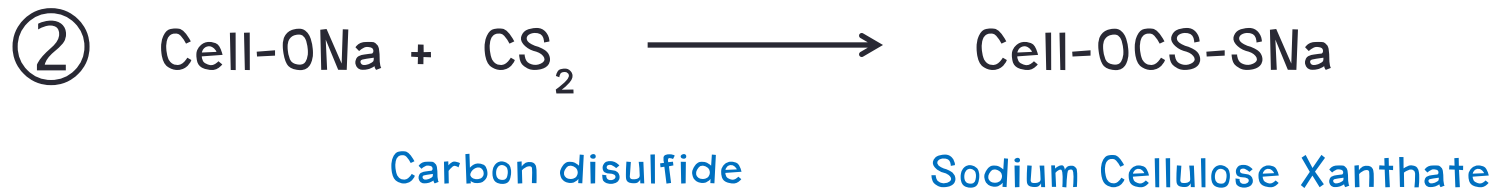
## Regenerated fibers

กระบวนการผลิต



## เรยอน (Rayon)

## Regenerated fibers

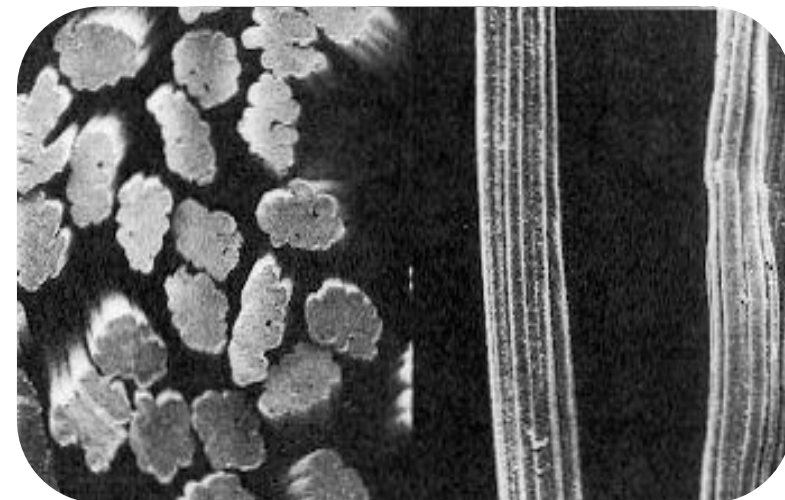


## เรยอน (Rayon)

## Regenerated fibers

### 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  
และสารละลายอินทรีย์ที่ใช้ซักแห้งได้ดี  
ย้อมติดสีได้ดี

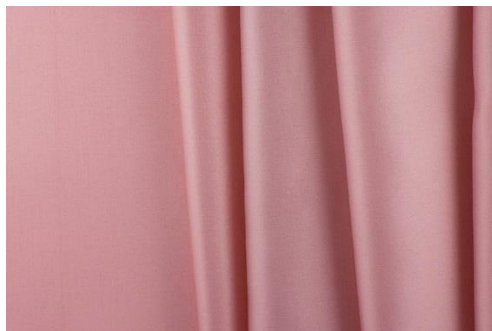


## เรยอน (Rayon)

## Regenerated fibers

### การใช้ประโยชน์

ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยวิสคอสเรยอน จะมีลักษณะอ่อนนุ่ม เป็นมันคล้ายผ้าไหม สวมใส่สบายแต่จะยับง่าย จึงเหมาะที่จะผลิตเป็นผ้าโดยนำไปผสมกับเส้นใยชนิดอื่น เช่น โพลีเอสเตอร์ อะคริลิก ไนลอน การดูแลรักษาทำเช่นเดียวกับผ้าฝ้าย





## ไลโอเซล (Lyocell)

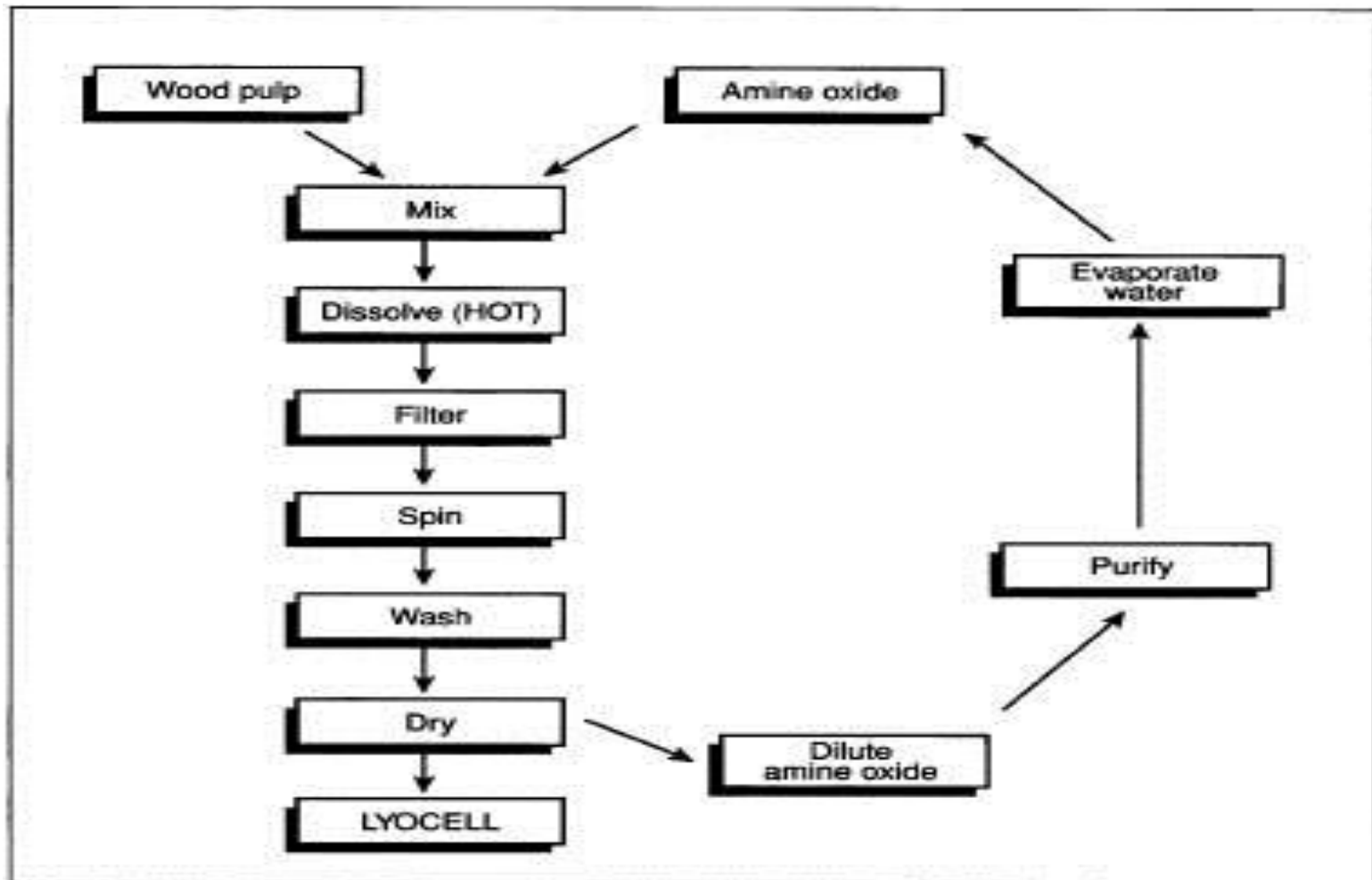
Trade name >> Tencel®

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

# ไลโอเซล (Lyocell)

## Regenerated fibers

กระบวนการผลิต



## ไลโอเซล (Lyocell)

## Regenerated fibers



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

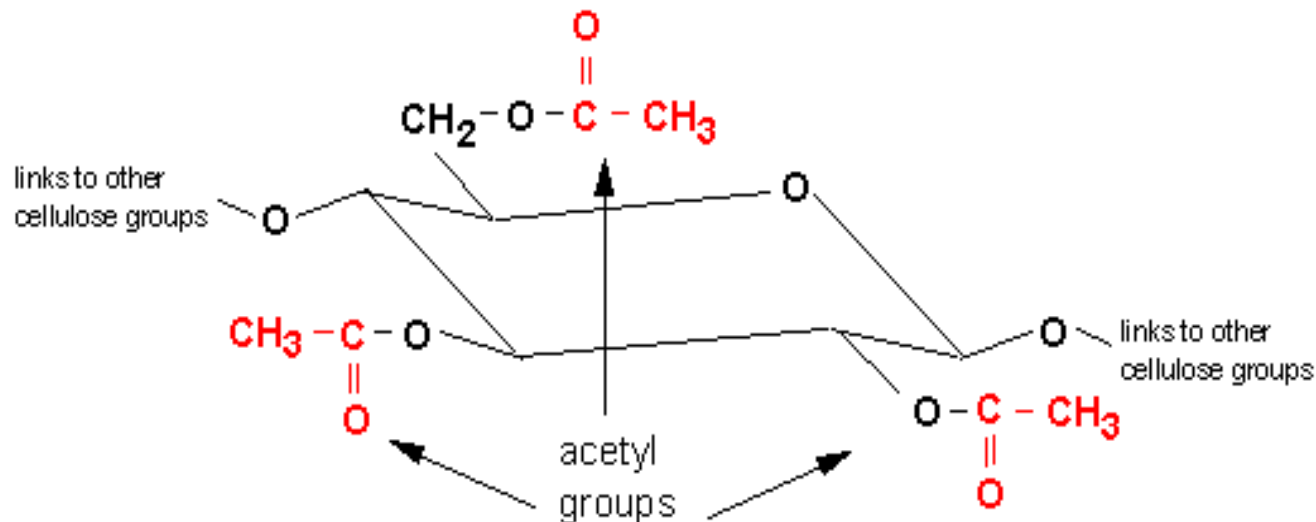
### การใช้ประโยชน์

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

## Regenerated fibers

### อะซิเตท (Acetate)

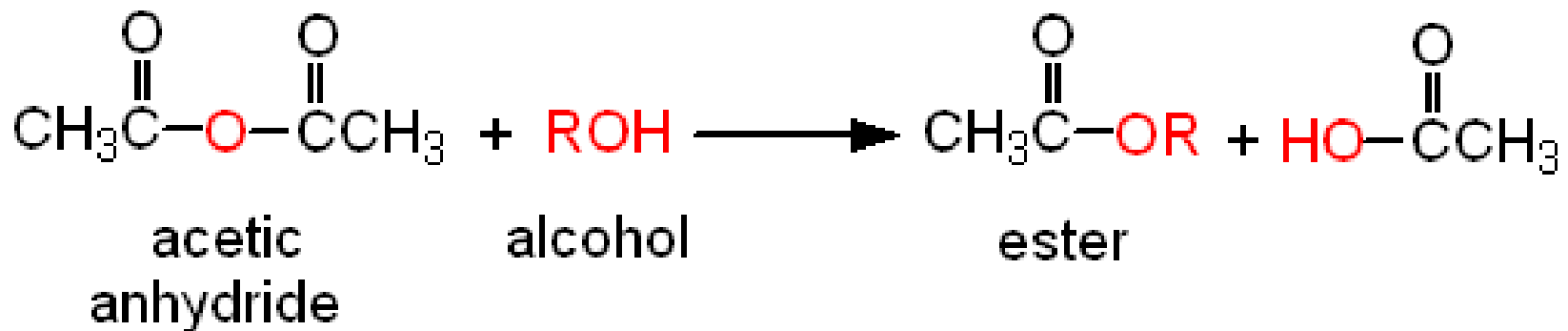
- เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส (derivative of cellulose) โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสกับกรดอะซิติก (acetic acid) และอะซิติกแอนไฮไดรด์ (acetic anhydride) ในสภาวะที่มีกรดซัลฟูริก >> ปฏิกิริยา “Acetylation”
- อะซิเตท >> เส้นใยที่ผลิตได้จากสารเซลลูโลสอะซิเตท โดยไม่น้อยกว่า 92% ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของเซลลูโลส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



## อะซิเตท (Acetate)

## Regenerated fibers

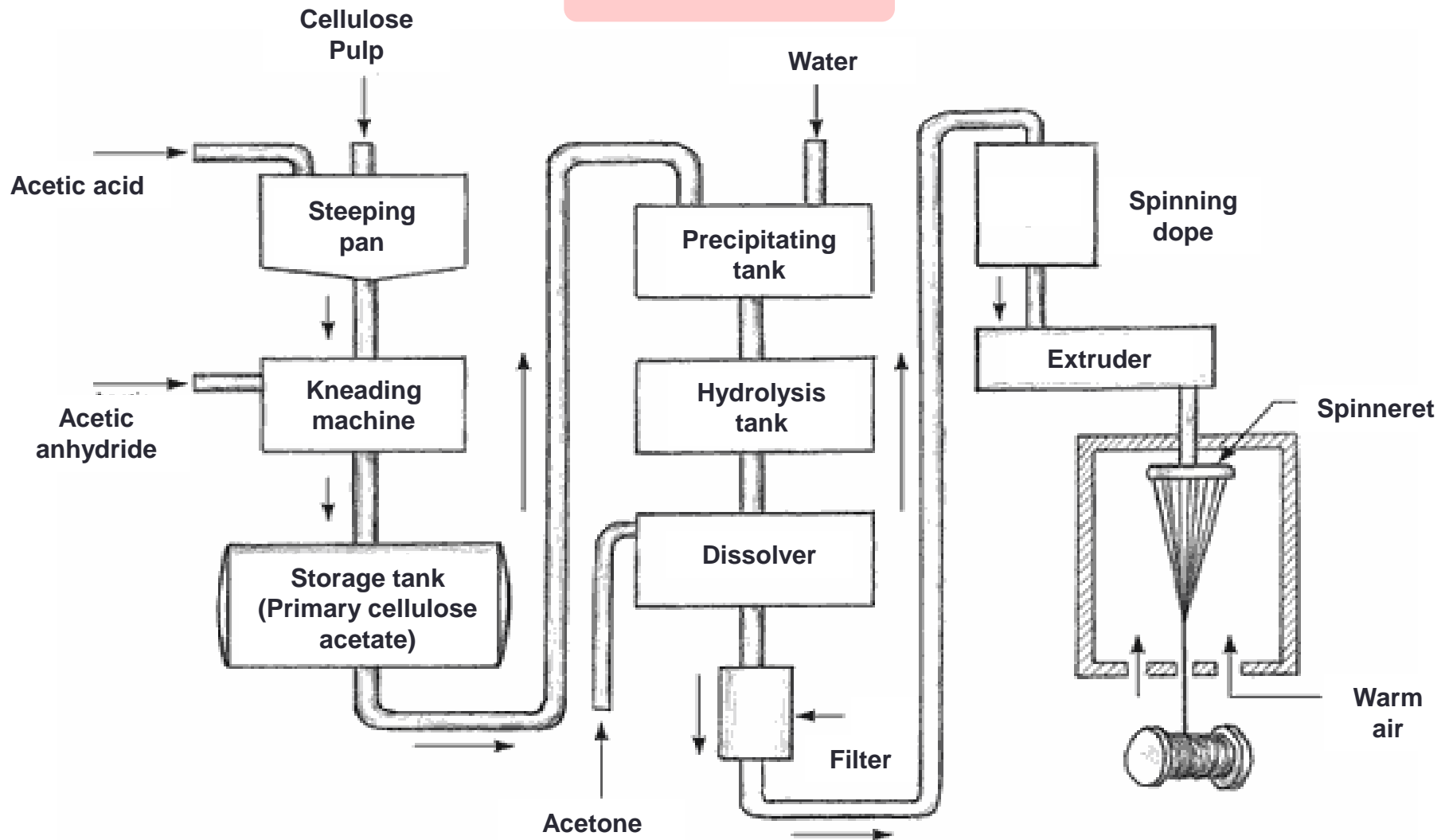
- Acetylation refers to the process of introducing an **acetyl group** into a compound, namely the substitution of an acetyl group for an active hydrogen atom.
- A reaction involving the replacement of the hydrogen atom of a hydroxyl group with an acetyl group ( $\text{CH}_3\text{CO}$ ) yields a specific **ester**, the acetate.
- Acetic anhydride is commonly used as an acetylating agent reacting with free hydroxyl groups.



# อะซิเตท (Acetate)

## Regenerated fibers

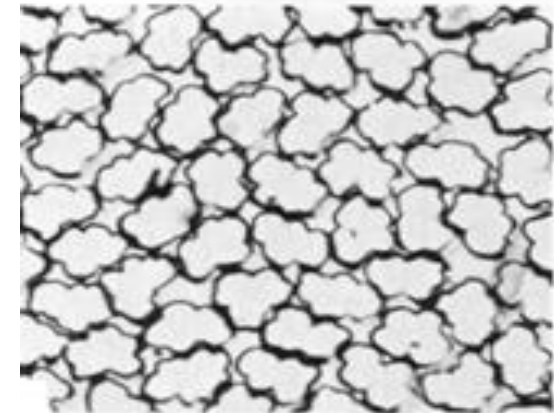
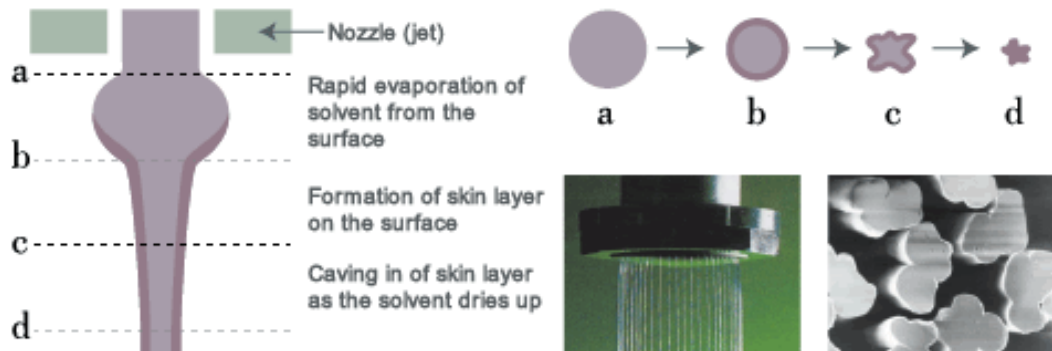
### กระบวนการผลิต



# 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 °C)
- สมบัติทางเคมี: ไม่ทนต่อกรดและด่างที่เข้มข้น ทนต่อสารฟอกขาว และสารละลายอินทรีย์ที่ใช้ซักแห้งได้ดี ละลายได้ในอะซิโตนและคลอโรฟอร์ม
- สมบัติทางชีวภาพ: ไม่ขึ้นราและทนต่อแมลงได้ดี



## อะซิเตท (Acetate)

## Regenerated fibers

### 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)**

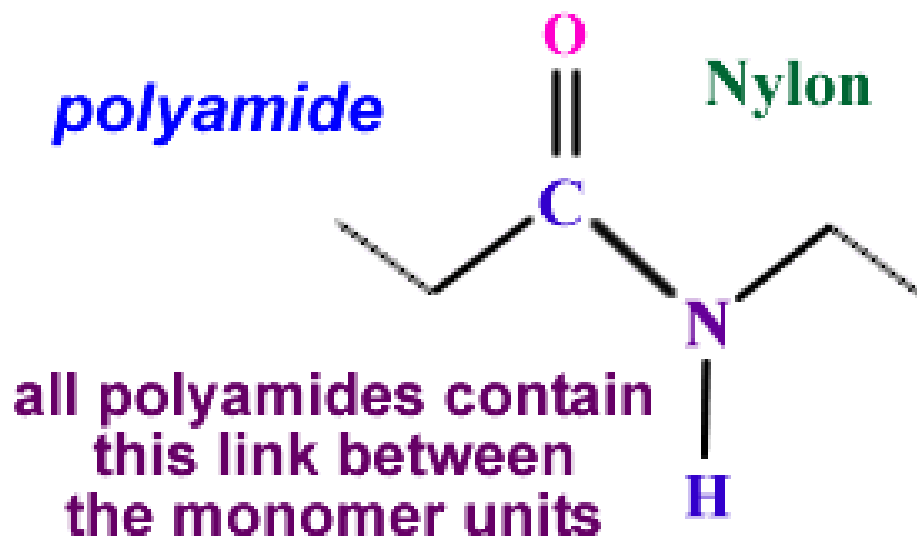
## คุณสมบัติของเส้นใยสังเคราะห์

- 😊 แข็งแรง และทนทานต่อสารเคมีได้ดีกว่าเส้นใยธรรมชาติ
- 😊 ผิวเส้นใยเรียบ ทำให้ดูดฝุ่นหรือสิ่งสกปรกมาติดได้ยาก
- 😊 ง่ายต่อการบำรุงรักษา ทนทานต่อสารซักฟอกที่ใช้ตามบ้านเรือน

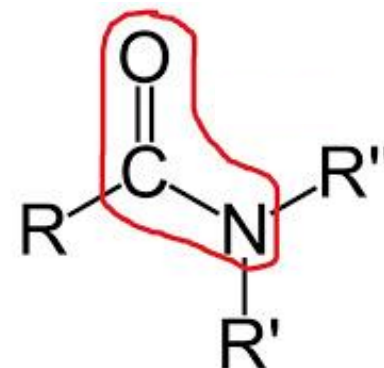
- 😞 ไม่ดูดความชื้น (Hydrophobic) ย้อมสีติดยาก ไม่สบายเวลาสวมใส่  
ขจัดคราบไขมันออกได้ยาก
- 😞 จุดหลอมเหลวต่ำ จึงต้องรีดที่อุณหภูมิต่ำๆ

## ไนลอน (Nylon)

## Synthetic fibers



Amide group

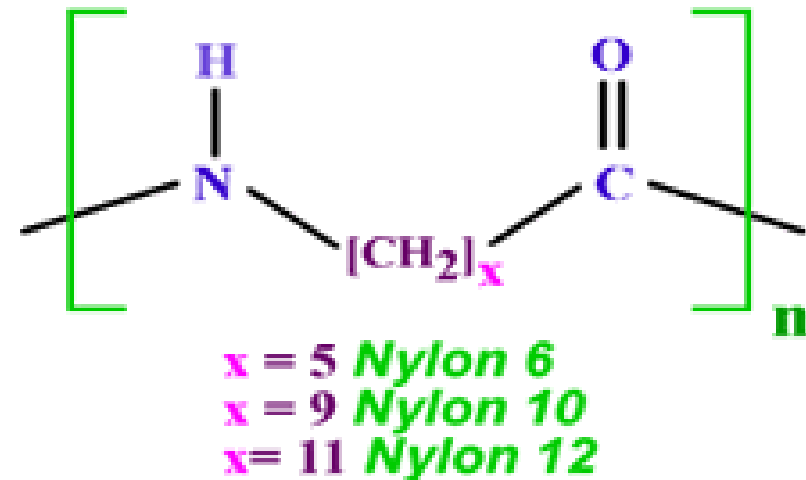


ไนลอน (Nylon) เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่เนื้อเส้นใยเป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวของพอลิเอไมด์สังเคราะห์ซึ่งมีปริมาณของแขนเอไมด์ ถูกแทนที่โดยตรงด้วยวงแหวนอะโรมาติกน้อยกว่า 85% ของปริมาณทั้งหมด

# ไนลอน (Nylon)

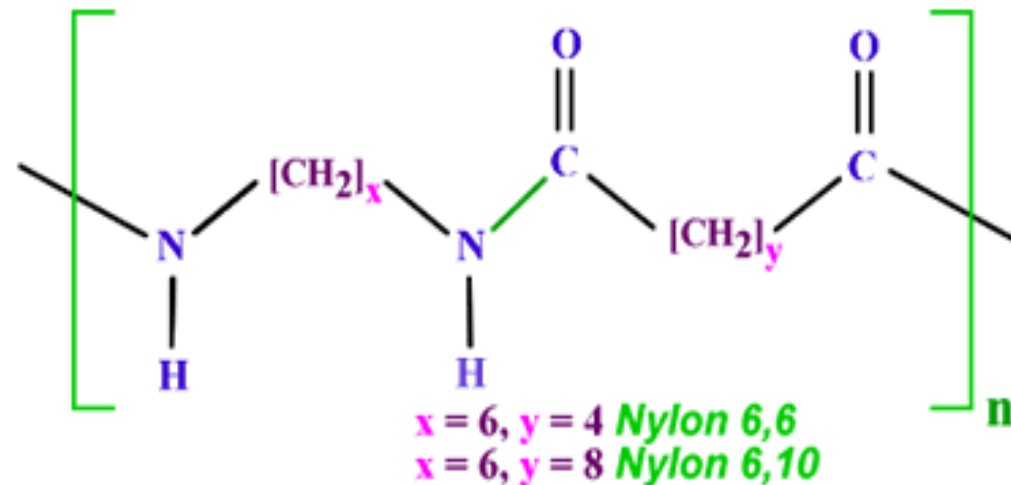
## Synthetic fibers

### One repeating monomer unit



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

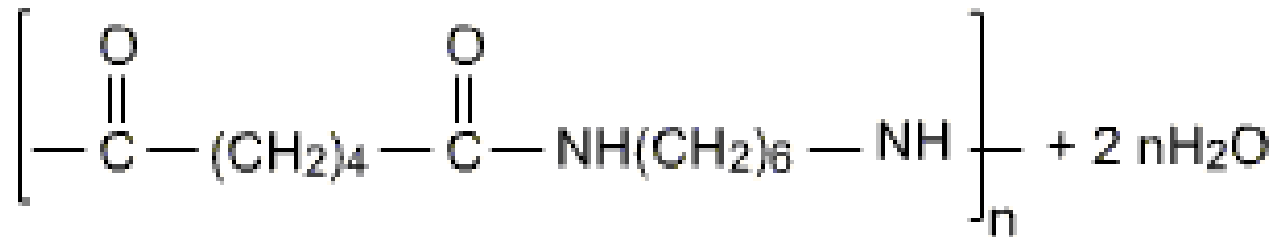
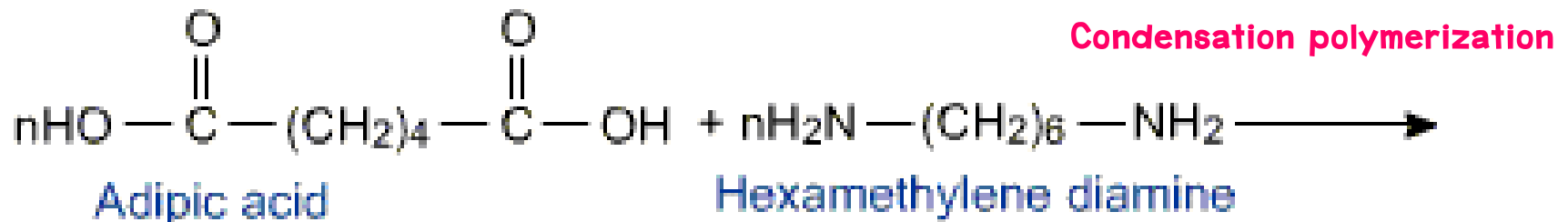
### Two different repeating monomer



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

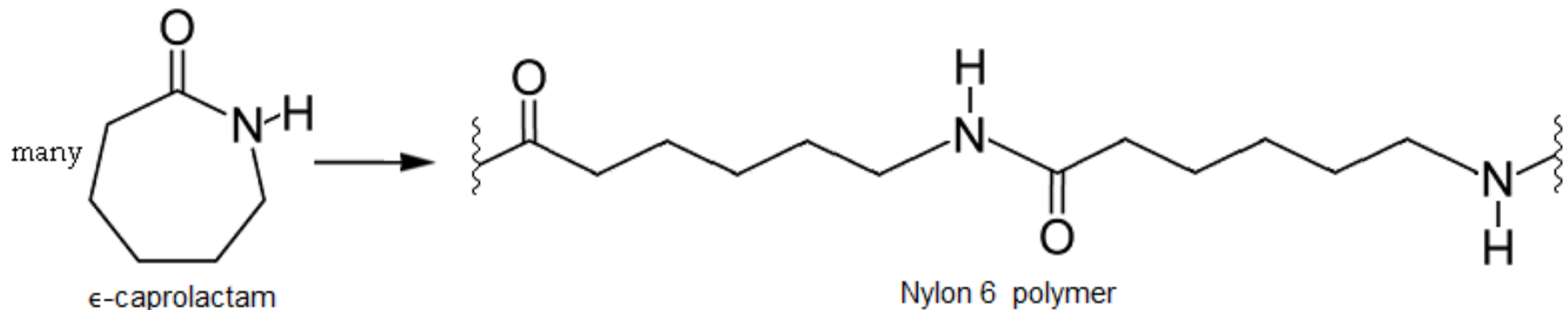
## Synthetic fibers

### ไนลอน (Nylon)



### Nylon 6, 6

ring opening polymerization

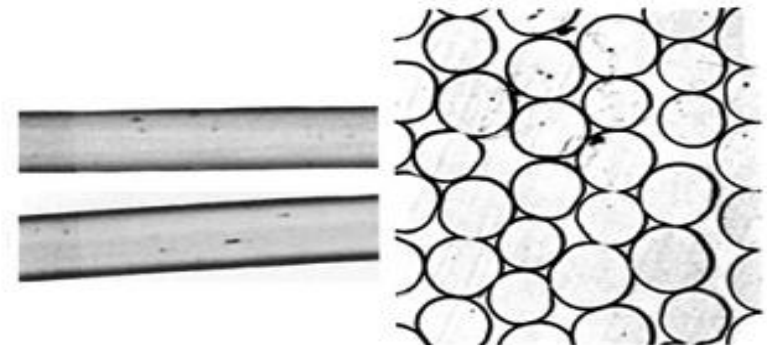


## Synthetic fibers

### 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°C, Nylon6,6 = 250°C
- สมบัติทางเคมี: ทนต่อด่าง ไม่ทนกรด  
ชักแห้งได้ ทนต่อสารละลายอินทรีย์  
ทนต่อเชื้อราและแมลง



## ไนลอน (Nylon)

### 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 เส้นเอ็น ในอุปกรณ์กีฬา หมวกขั้วฟัน



Synthetic fibers





## Synthetic fibers

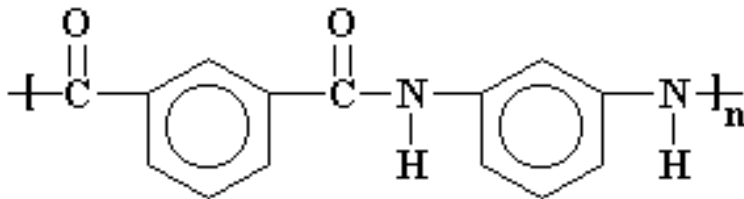
### อะรามิด (Aramid)

Aramid >> Aromatic Polyamide

อะรามิด (Aramid) เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยพอลิเอไมด์สังเคราะห์เป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวที่มีอย่างน้อยที่สุด 85% ของแขนเอไมด์ ถูกจับโดยตรงกับวงแหวนอะโรมาติกทั้งสองข้าง

Nomex

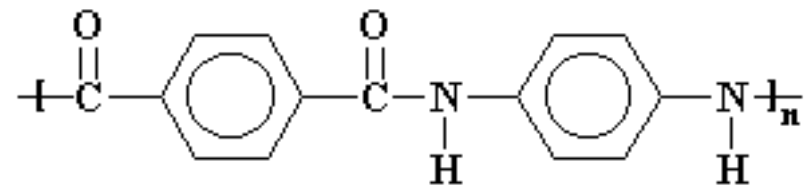
(meta-linkage)



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)



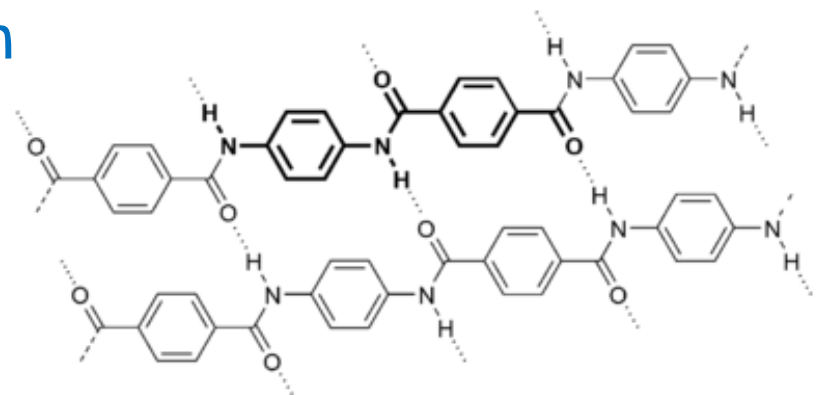
In Kevlar the aromatic groups are all linked into the backbone chain through the 1 and 4 positions. This is called *para*- linkage.

## 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 ต่าง  
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

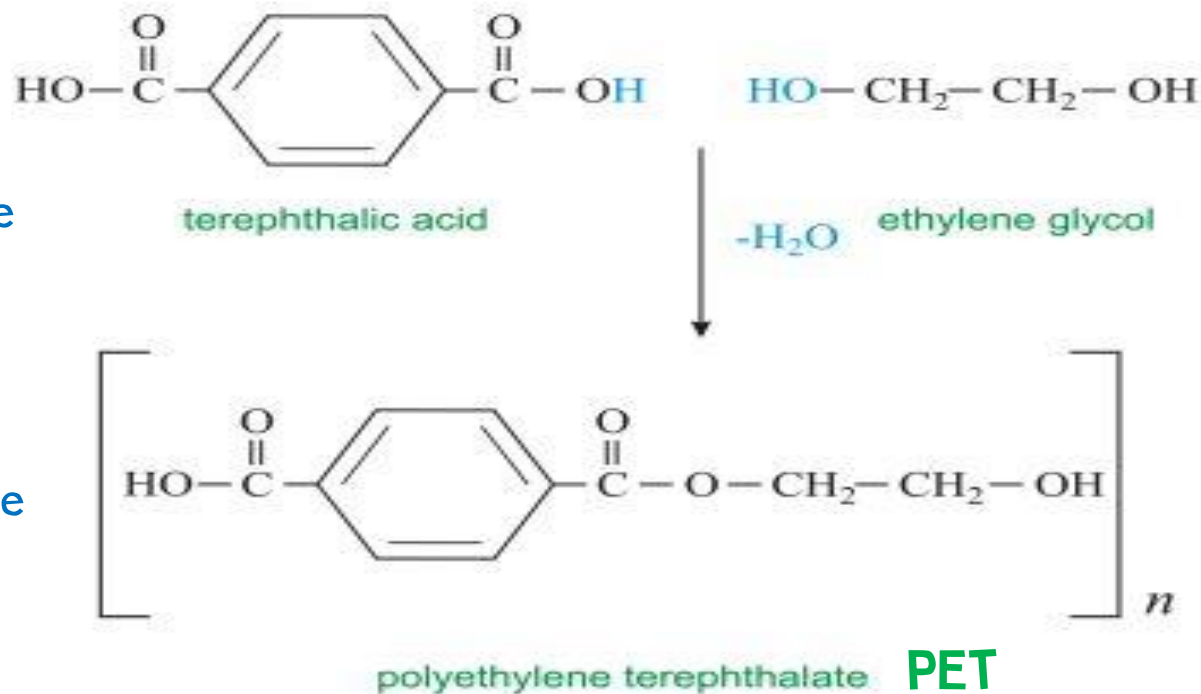


## พอลิเอสเตอร์ (Polyester)

## Synthetic fibers

“เส้นใยที่เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาว ซึ่งประกอบด้วยอย่างน้อย 85% โดยน้ำหนักของพอลิเอสเตอร์ที่ได้จาก dihydric alcohol และ Terephthalic acid”

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



## พอลิเอสเตอร์ (Polyester)

### Synthetic fibers

#### สมบัติทางกายภาพ

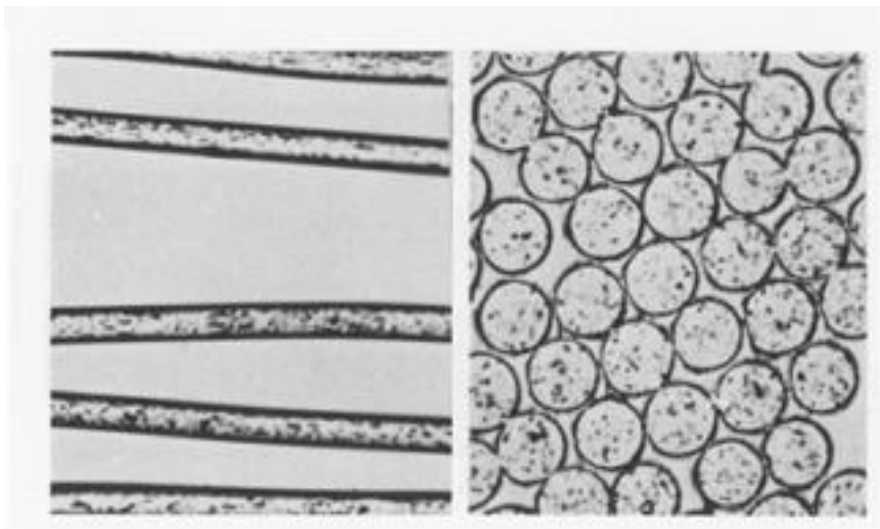
- ความแข็งแรง: filament : tenacity= 4.0-5.0 gpd  
filament ชนิดความแข็งแรงสูง : tenacity = 6.3-9.5 gpd  
staple : tenacity = 2.5-5.5 gpd
- การคืนตัวจากแรงอัด: ดี ถึงดีมาก ทั้งในขณะแห้งและเปียก
- การยืดตัว: ไม่ดีนัก ถ้ามีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงๆ จะคืนกลับสภาพเดิมได้ไม่ดีนัก
- การดูดซึ่มความชื้น: ต่ำมาก แห้งเร็วเมื่อเปียก แต่สวมใส่ไม่สบายตัว
- การทนต่อความร้อน: เริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิ  $230^{\circ}\text{C}$
- การติดไฟ: ละลายและหลอมเป็นหยด

## พอลิเอสเตอร์ (Polyester)

## Synthetic fibers

### สมบัติทางเคมี

- สารเคมี: ทนต่อกรดและด่างได้ดี ทนต่อสารซักฟอกและสารละลายที่ใช้ซักแห้ง  
ทั่วไปได้
- แสงแดด: ทนทานต่อแสงแดด เหมาะใช้ทำเป็นผ้าม่าน
- ราและแมลง: ทนต่อราและแมลงได้อย่างดี ทนทานต่อจุลินทรีย์ในน้ำทะเล



## พอลิเอสเตอร์ (Polyester)

## Synthetic fibers



### การใช้ประโยชน์

- ❖ **Apparel:** เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายทั่วไป กระโปรง เหนือ
- ❖ **Home Furnishings:** ผ้าปูที่นอน ปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง พรม ผ้าม่าน เครื่องตกแต่งภายในต่างๆ ที่ทำด้วยผ้า ใช้แทนขนบรจุภายในผลิตภัณฑ์ หมอน ผ้าห่ม
- ❖ **Industrial and Other Uses:** เชือก สายพาน ไบเรือ ท่อน้ำผ้าใบที่ใช้ในการดับเพลิง ผ้าใบสำหรับยางรถยนต์ ทำถุงใส่ผ้าที่เข้าเครื่องย้อม ผ้ากรองเยื่อกระดาษในโรงงานกระดาษ ทำผ้าหุ้มสายไฟ

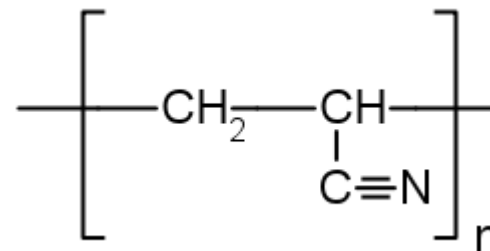
## อะคริลิก (Acrylic)

## Synthetic fibers

เส้นใยประดิษฐ์ซึ่งวัสดุที่เป็นเส้นใยนั้นเกิดจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของอะคริโลไนไตรล์ (acrylonitrile) อย่างน้อย 85% โดยน้ำหนัก

### สมบัติทางกายภาพ

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



PAN = Polyacrylonitrile



## อะคริลิก (Acrylic)

## Synthetic fibers

### การใช้ประโยชน์

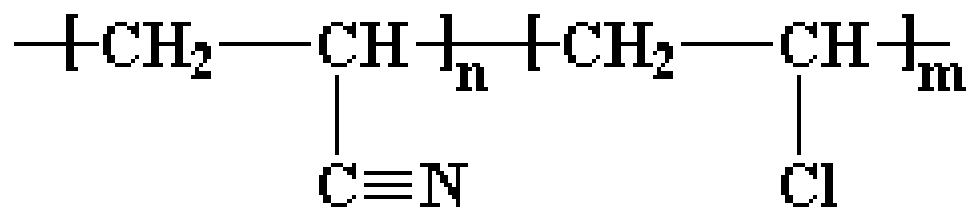
- ❖ นิยมนำไปผสมกับเส้นใยขนสัตว์ ทำผ้าขนสัตว์เทียม เมื่อนำไปผลิตเส้นผ้าจะได้ผ้าที่คุณสมบัติคล้ายขนสัตว์แท้ๆ แต่ราคาถูกกว่าและมีความทนทานกว่า เหมาะสำหรับจะนำไปทำเสื้อเวดเตอร์ เสื้อชายหาด กล้วยกางเกง กระโปรง เสื้อโค้ท
- ❖ ใช้อะคริลิกผสมกับไนลอนจะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีของเส้นใยทั้งสองชนิด คือ แข็งแรง อ่อนนุ่มกว่าไนลอน 100% เหมาะสำหรับใช้ถักถุงเท้า ถุงน่อง การใช้งานมีทั้งผ้าถัก ผ้าทอ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ทำผ้าห่ม ทำพรม ม่าน

## Synthetic fibers

### โมดาครีลิก (Modacrylic)

- ดัดแปรมาจากอะครีลิก (Modified acrylic)
- ตัวเนื้อเส้นใยประกอบด้วยพอลิเมอร์สังเคราะห์เป็นลูกโซ่โมเลกุลยาวที่มีกลุ่มของอะคริโลไนไตรล์ผสมอยู่ 35-85% ส่วนสารเคมีอื่นที่ประกอบอยู่ด้วยนั้น อาจเป็นไวนิลคลอไรด์ ( $\text{CH}_2\text{CHCl}$ ) หรือไวนิลิดีนคลอไรด์ ( $\text{CH}_2\text{CCl}_2$ )

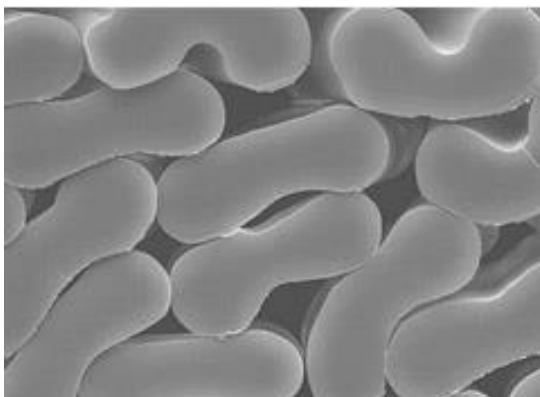
“copolymers of acrylonitrile and vinyl chloride”



**poly(acrylonitrile-co-vinyl chloride)**

## โม่ดาคีรียิก (Modacrylic)

## Synthetic fibers



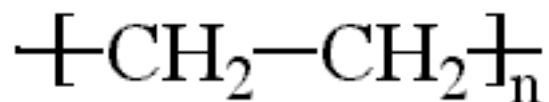
Kanecaron®/Protex®



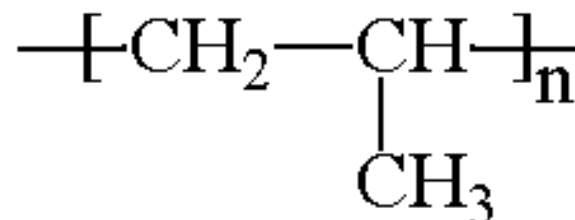
การใช้ประโยชน์ Modacrylics are used primarily in applications where environmental resistance or flame retardancy is necessary or required.

## พอลิโอเลฟินส์ (Polyolefin)

## Synthetic fibers



Polyethylene (PE)



Polypropylene (PP)

- มีความแข็งแรงตั้งแต่ปานกลางถึงดีมาก
- คีนตัวจากแรงอัดได้ดี (สมบัติจะแปรผกผันกับความแข็งแรง)
- ดูดซึ่มความชื้นต่ำมาก
- น้ำหนักเบา เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี
- เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก มีความอ่อนไหวต่อความร้อนสูง
- ทนต่อกรด ต่าง สารเคมี แผลงและเชื้อรา
- เสื่อมสภาพได้ด้วยความร้อนและแสงแดด

## พอลิโอเลฟินส์ (Polyolefin)

## Synthetic fibers



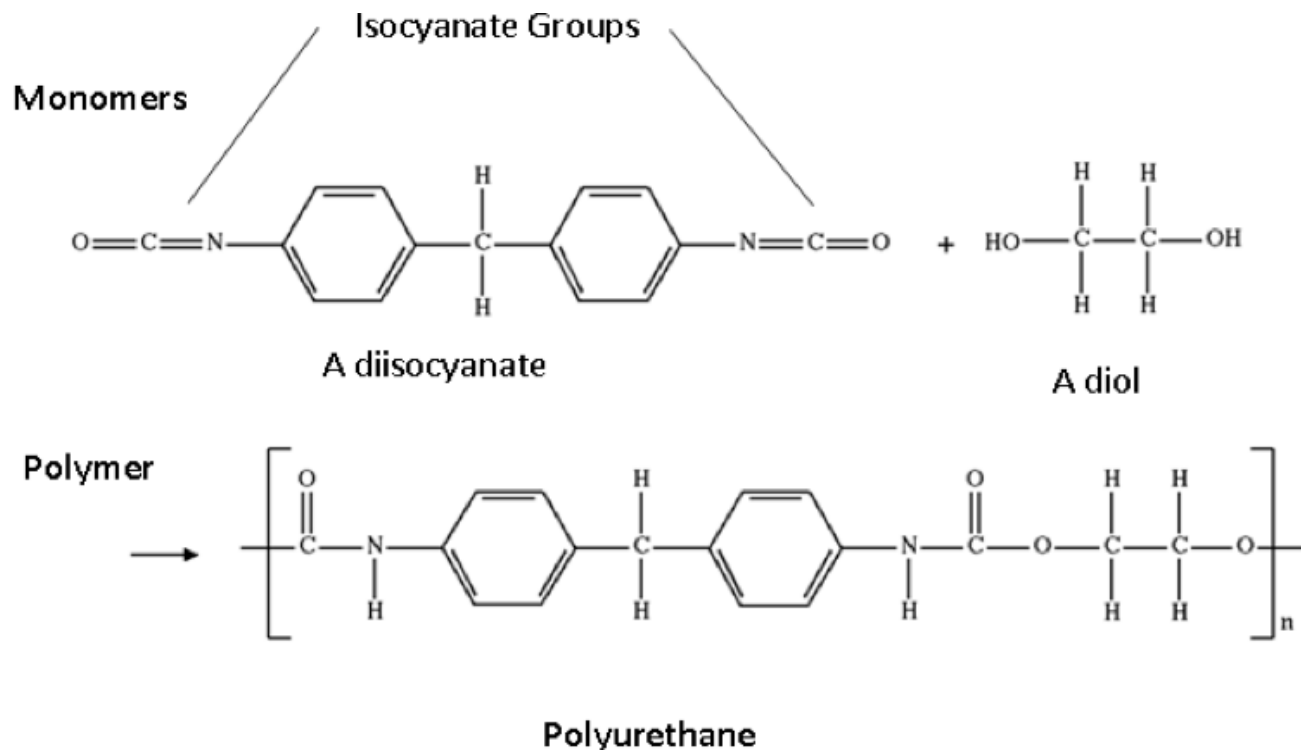
**การใช้ประโยชน์** ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่ในงานอุตสาหกรรม เช่น เชือก แห อวน พรม ฝ้าบุที่นั่งรถยนต์ เพอร์นิเจอร์นอกบ้าน ฟิล์มรองพรม ผลิตในรูปแผ่นฟิล์มบาง (Split film) แล้วตัดเป็นแถบเล็ก ๆ แล้วสานเป็นผ้าใช้คลุมหรือเป็นถุงบรรจุสารเคมี

# สแปนเดกซ์ (Spandex)

## Synthetic fibers

### “Elastomer Fiber”

“เส้นใยที่ประกอบด้วยสารพอลิเมอร์สังเคราะห์สายโซ่ยาว ที่มีส่วนของพอลิยูรีเทน อย่างน้อย 85% โดยน้ำหนัก”

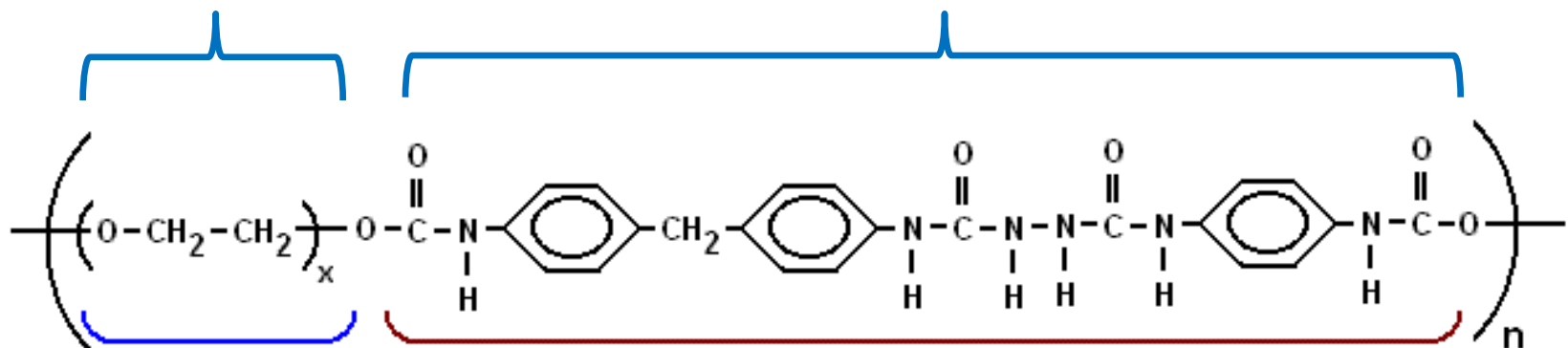


# สแปนเด็กซ์ (Spandex)

## Synthetic fibers

Soft segment (Polyol)

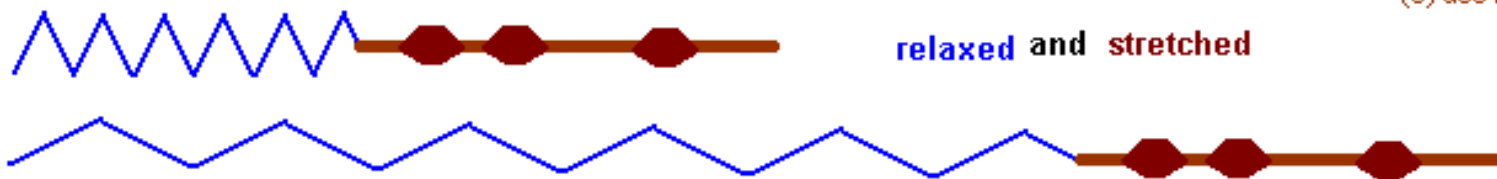
Hard segment (Diisocyanate)



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

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
- การดูดซึ่มความชื้น: ต่ำมาก (0.75-1.3%) ทำให้สวมใส่ไม่สบายตัวเมื่อสัมผัสเส้นใยโดยตรง

### สมบัติทางเคมี

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



## สแปนเดกซ์ (Spandex)

## Synthetic fibers

### การใช้ประโยชน์

- เลือผ้า เครื่องนุ่งห่มที่ต้องการความกระชับ รัดกุม หนีไปถักหรือทอเป็น เลือผ้าชุดชั้นในที่กระชับรูปทรง (Foundation garments) เช่น บราเซียร์ หรือสแตยต์ นอกจากนี้ยังนิยมหนีไปผลิตเป็นเลือแจ็กเก็ต กางเกง (slack) กางเกงสำหรับเล่นสกี ชุดว่ายน้ำ เข็มขัด สายรัด ถุงน่อง หรือผ้าที่ใช้ในทาง การแพทย์





**THE END**

**THANK YOU FOR YOUR ATTENTION**

---