

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผ้าสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย

จิรากรณ์ อรัณยะนาค

ห้องสมุดวัฒนธรรม
ศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย

รายงานการวิจัย
เรื่อง

ค้าสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย

จิราภรณ์ วัลยะนาถ

นักวิทยาศาสตร์ 5

งานช่างสวนรักษา

กองพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ

กรมศิลปากร

2525

สนับสนุนการวิจัยโดย สถาบันวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	1
สารบัญภาพ	2
เนื้อความย่อ.....	4
บทนำ	5
แหล่งที่เข้ร่องรอยของน้ำโบราณในประเทศไทย.....	7
ชนิดและคุณสมบัติของเส้นใย	10
การทอ	32
วิธีวิเคราะห์	40
ผลวิจัย	43
สรุปและวิจารณ์	47
เอกสารอ้างอิง	49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. เปรียบเทียบคุณสมบัติของไหมเลี้ยงและไหมป่า	14
2. แสดงค่า degree of polymerization ของเส้นใยชนิดต่างๆ	15
3. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของ เส้นใยชนิดต่างๆ	23
4. เปรียบเทียบขนาดของ เส้นใยชนิดต่างๆ	24
5. เปรียบเทียบความหนาแน่นของ เส้นใยชนิดต่างๆ	30
6. แสดงคุณสมบัติของผ้าและเส้นก้ายในสภาวะต่างๆ	31
7. รมสีได้แก่ผงขมิ้นและเส้นใยชนิดต่างๆ.....	39
8. ผลการวิเคราะห์	46

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขอบเกาะ	51
2. ขอบกระถาง	51
3. ไนเม	52
4. ฝ่าย	52
5. นุ่น	53
6. ปอกระเจา	53
7. ปอแก้ว	54
8. ลินิน	54
9. กัญชา	55
10. กำไลสำริดจากบ้านเชียง	56
11. กำไลสำริดจากบ้านเชียง.....	56
12. กำไลสำริดจากบ้านเชียง.....	57
13. กำไลสำริดจากบ้านเชียง	57
14. กำไลสำริดจากบ้านเชียง	58
15. กำไลสำริดจากบ้านคอนคาเพชร	58
16 –17. ขวานสำริดจากกิ่งอำเภอดงหลวง	59
18. กำไลสำริดจากบ้านฉักกบ	60
19. เส้นใยที่ไ้จากบ้านเชียง (ไนลีน)	61
20. เส้นใยที่ไ้จากบ้านเชียง ขนกำไลสำริด(รูปที่ 12.).....	61
21. เส้นใยที่ไ้จากบ้านเชียง ขนกำไลสำริด(รูปที่ 12).....	62

ภาพที่	หน้า
21. เส้นใยที่ได้จากก่าไลสำริดบ้านเชียง (รูปที่ 12).....	62
22. เส้นใยที่ได้จากก่าไลสำริด บ้านเชียง(รูปที่ 10).....	62
23. เส้นใยที่ได้จากก่าไลสำริด บ้านเชียง(รูปที่ 11)	63
24. เส้นใยที่ได้จากก่าไลสำริด บ้านเชียง (รูปที่ 13)	63
25. เส้นใยที่ได้จากบ้านคอนคาเพชร (ในดิน).....	64
26. " " "	64
27. เส้นใยที่ได้จากบ้านคอนคาเพชร(บนก่าไล)	65
28. เส้นใยที่ได้จากกลองมโหรีทัก เขื่อนเจ้าเพชร	65

เนื้อความย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์เส้นใยที่พบในดินและบนศิลปโบราณวัตถุที่ได้จากแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยหลายแห่ง ได้แก่ บ้านเชียง (จังหวัดอุดรธานี) บ้านคอนคาเพ็ชร (จังหวัดสุพรรณบุรี) บ้านยักตบ (จังหวัดอุดรธานี) บ้านคอนตาล (จังหวัดนครพนม) เขื่อนเจ้าเพชร (จังหวัดกาฬสินธุ์) กิ่งอำเภอนาทอง (จังหวัดมหาสารคาม) จำนวนตัวอย่างเท่าที่รวบรวมได้มี 13 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์โดยวิธีเคมีและฟิสิกส์

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า เส้นใยส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่ได้จากลำต้นของพืช (bast fiber) คาดว่าน่าจะเป็นป่านกัญชา (Cannabis sativa หรือ hemp) มีเพียงสองตัวอย่างเป็นใยแบบทอทแยงอย่างทอแบบลายฉลุ (plain weave หรือ tabby weave)

บทนำ

จากการศึกษาค้นแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์หลายแห่งในประเทศไทย
 ได้พบเส้นใยซึ่งคาดว่า เป็นเส้นใย เครื่องนุ่งห่มและเส้นด้ายที่ย้อมนํ้า เครื่องมือเครื่องใช้และ
 เครื่องประดับที่ทำด้วยเหล็กและสำริด เช่น เส้นใยที่ขุดพบในหลุมขุดค้นที่บ้านเชียง เส้นด้าย
 ที่ขุดพบที่ไผ่ดำริ่งใกล้จากบ้านเชียงจำนวนมากหลายตัวความ เส้นด้ายที่ขุดพบที่ไผ่ดำริ่ง
 ที่ได้จากการขุดค้นที่บ้านลอนตา เข็ม อ.พนมมวน จังหวัดกา จันบุรี เส้นด้ายที่ขุดพบที่ขวาน
 สำริดที่ไผ่ดำริ่งที่อำเภอท่าวาง จังหวัดจันทบุรี เส้นด้ายที่ขุดพบที่คลองมโหรีที่ใกล้จากเขื่อน
 เจ้าเพชร จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น เส้นใยและเส้นด้ายเหล่านี้ส่วนใหญ่ยังไม่มีการ
 วิเคราะห์วิจัยอย่างจริงจัง หรืออาจกล่าวได้ว่ายังไม่มีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาวิจัยเลย

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารหลายฉบับ พบว่าในต่างประเทศได้พบ
 หลักฐานหลายอย่างที่เชื่อได้ว่าความนิยมโบราณยุคหินใหม่รู้จักนำเส้นใยธรรมชาติหลายชนิดมา
 ทอเป็นเส้นด้ายและประดิษฐ์เป็นเส้นด้าย เครื่องนุ่งห่มและเครื่องใช้ในครัวเรือน แต่ไม่มีหลักฐาน
 ยืนยันแน่ชัดแน่นอนว่าเริ่มมีใช้เมื่อใด ในประเทศอียิปต์ได้พบหลักฐานแสดงว่าความนิยมโบราณที่
 อาศัยอยู่ในอียิปต์ในยุคหินใหม่รู้จักปลูกต้นฟลิน (flax) เพื่อนำเส้นใยมาทอเป็นเส้นด้าย เรียกว่า
 วัลลิน (linen) และยังได้พบภาชนะดินเผาเนื้อหยาบและเนื้อละเอียดในหลุมฝังศพ
 ซึ่งมีอายุประมาณ 3400 ปีก่อนคริสตกาล อันนี้ชี้ให้เห็นว่าการทอวัลลินน่าจะเริ่มขึ้นก่อนหน้านั้น
 เป็นเวลานาน

ผ้าฝ้ายก็เริ่มมีใช้มานานตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์เช่นกัน จากหลักฐานหลายอย่าง
 เชื่อกันว่าแหล่งกำเนิดผ้าฝ้ายอยู่ที่ประเทศอินเดีย สำหรับผ้าไหม เชื่อกันว่าเริ่มถือกำเนิด
 ในประเทศจีนเมื่อประมาณไม่ต่ำกว่า 6640 ปีก่อนคริสตกาล และก็เกี่ยวพันกับเส้นใยชนิด
 อื่นๆ ไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอนว่าเริ่มมีใช้เมื่อใด ประวัติศาสตร์จีนกล่าวว่าชาวจีนรู้จักใช้เส้นด้าย
 ทำเป็นเครื่องนุ่งห่มและเครื่องใช้มาเป็นเวลาหลายพันปีก่อนคริสตกาล

เส้นใยและเส้นใยที่กล่าวว่าเป็นเครื่องนุ่งห่มหรือเครื่องใช้ ที่ผู้พิมพ์จากแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ขุดพบในประเศไทยยังไม่ได้รับการรวบรวม ศึกษาวิจัย และตีพิมพ์รายงานออกเผยแพร่ หลักฐานทางขุดพบกระจัดกระจายและบางอง่างก็สูญหายไป การเส้นใยเหล่านี้ได้รับการวิเคราะห์ วิจัยและรวบรวมหลักฐานเอาไว้ จะเป็นเอกสารอ้างอิงซึ่งหลักฐานอันสำคัญยิ่ง ซึ่งจะบอกถึงความเจริญทางวัฒนธรรมของมนุษย์โบราณที่อาศัยอยู่ในดินแดนดินไทยสมัยก่อนประวัติศาสตร์

ผลที่ได้จากการรวบรวมหลักฐาน ขุดพบ และผลการวิเคราะห์ลายพิมพ์ของเส้นใย ตลอดจนวิธีการทอจะมีส่วนช่วยอย่างมากในการศึกษาเกี่ยวกับวัฒนธรรม ความเป็นอยู่ ตลอดจนเทคโนโลยีของมนุษย์สมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่อาศัยอยู่ในภูมิภาคที่เป็นประเทศไทยในปัจจุบัน เช่น จะบอกได้ว่าชุมชนใด ชนชาชนใด เป็นเครื่องนุ่งห่ม หรือใช้เส้นใยชนิดใด ประดิษฐ์เป็นเครื่องใช้ ตัวอย่างเส้นใยที่ใช้ทอผ้าในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่หลงเหลือมาจนถึงปัจจุบันนี้มีน้อยมาก แต่ก็หลักฐานที่มีคุณค่ายิ่ง สมควรที่จะได้มีการเก็บรวบรวมและศึกษาวิจัย เมื่อขุดพบครั้งหลังจะได้อศึกษามากกว่าต่อไป

แหล่งที่พบร่องรอยของผ้าโบราณในประเทศไทย

เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์มาตั้งแต่สมัยโบราณกาลเป็นที่เชื่อกันว่ามนุษย์โบราณในยุคหินเก่าตอนต้นยังไม่มีเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ในยุคต่อมาจึงได้มีการประดิษฐ์เครื่องนุ่งห่มขึ้นใช้ช่วยเหตุผลหลายประการ เช่น เพื่อปกป้องผิวหนัง ทำใหร่างกายอบอุ่น เพื่อความสวยงาม และตามความเชื่อในลัทธิต่างๆ เป็นต้น แต่เนื่องจากเครื่องนุ่งห่มของมนุษย์ในยุคต่างๆล้วนแต่เป็นสารอินทรีย์ (organic matter) ซึ่งเสื่อมสภาพเน่าเปื่อยผุพังได้อย่างรวดเร็ว จึงไม่เหลือร่องรอยไว้ให้ชนรุ่นหลังได้ศึกษากันว่า วัสดุที่สันนิษฐานว่ามนุษย์ในยุคหิน ใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มได้แก่ หนังสัตว์ ขนสัตว์ ใบหญ้า ใบไม้ เปลือกไม้ และอื่นๆ วัสดุที่ใช้ประโยชน์ในการปกป้องและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายได้ดียิ่งที่สุดคือหนังสัตว์

จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในภูมิภาคต่างๆทั่วโลก ได้พบเศษผ้าหรือร่องรอยการใช้เส้นใยพืชมาทอเป็นผืนผ้าตั้งแต่ยุคหิน ส่วนร่องรอยของขนสัตว์ เพิ่งพบบ้างในยุคสำริด และพบมากในยุคเหล็ก มีผู้สันนิษฐานว่าเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ มนุษย์โบราณที่ดำรงชีวิตด้วยการเลี้ยงสัตว์ไม่มีความจำเป็นที่ต้องทอผ้า เพราะมีหนังสัตว์ใช้เป็นเครื่องนุ่งห่มเครื่องใช้และที่อยู่อาศัย ส่วนมนุษย์โบราณที่ดำรงชีวิตด้วยการเพาะปลูก ไม่มีหนังสัตว์จึงจำเป็นต้องประดิษฐ์เทคนิควิธีทอผ้าจากเส้นใยพืช ข้อสันนิษฐานอีกข้อหนึ่งก็คือ เส้นใยพืชมีคุณสมบัติยืดหยุ่นก็อภิก้าวไกลในอะตอมที่กำลังจะแห้ง จึงเป็นข้อสังเกตที่ทำให้มนุษย์โบราณรู้จักนำคุณสมบัติข้อนี้มาประดิษฐ์เส้นใยสำหรับทอผ้าก่อนเส้นใยชนิดอื่นๆ โดยนำมามันและควั่นเป็นเกลียวแล้วทอหรือสานไปมา ส่วนขนสัตว์ไม่มีคุณสมบัติเช่นนี้ ผ้าขนสัตว์จึงมีใช้ในยุคหลังๆ มีผู้สันนิษฐานอีกว่ามนุษย์ที่เลี้ยงสัตว์ได้เดินทางไปตามที่ตั้งต่างๆและได้มาพบกับมนุษย์ที่ดำรงชีวิตด้วยการเพาะปลูก จึงได้มีการนำเอาขนสัตว์มามันและทอเป็นผืนผ้า

หลักฐานที่แสดงถึงวิวัฒนาการของการทอผ้า นอกจากเศษผ้าและเส้นใยทางที่พบในหลุมฝังศพและแหล่งโบราณคดีอื่นๆแล้ว ยังมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นด้าย ทอผ้า ภาพเขียน ภาพปั้นและภาพแกะสลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเทศอียิปต์พบหลักฐานทางค่านี้นี้มากมาย เนื่องจากสภาพภูมิอากาศอันอบอุ่น ทำให้ร่องรอยหลักฐานเหล่านั้นคงสภาพมาได้ถึงปัจจุบัน

สำหรับประเทศไทยมีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อน-ชื้น ซึ่งทำให้สารอินทรีย์เสื่อมสภาพไคว้วคเร็วมาก เส้นใยที่นำมาทอผ้าทุกชนิดเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีคุณสมบัติและคายความชื้นได้ดี เมื่ออยู่ในดินจะถูกความชื้นจากดิน ทำให้เส้นใยอ่อนนุ่ม ในขณะที่เย็บก็ เป็นอาหารอันโอชะของแมลงและจุลินทรีย์นานาชนิดที่อยู่ในดิน เส้นใยต่างๆจึงมักเน่า เปื่อยสลายตัวไปในเวลาอันสั้น เพราะฉะนั้นความแหล่งชุกค่นทางโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยจึงมักไม่ค่อยพบผ้าหรือร่องรอยของผ้าหลงเหลืออยู่เลย ทั้งๆที่ในสมัยนั้นๆมนุษย์อาจรู้จักทอผ้าใช้แล้วก็ตาม มีเพียงน้อยครั้งที่พบร่องรอยของผ้าติดอยู่บนเครื่องประดับ เครื่องใช้ อาวุธ และในดิน และมักพบแควดินเผาซึ่งใช้ในการปั้นถ้วยอยู่ควยเสมอ เส้นใยที่ยังคงหลงเหลืออยู่นี้ พบว่าส่วนใหญ่คงสภาพอยู่ได้เนื่องจากสนิมของโลหะที่เส้นใยนั้นเกาะติดอยู่ สันนิษฐานว่าในขณะที่ฝังศพผ้าได้สัมผัสโดยตรงกับโลหะ อาจจะห่อหุ้ม กลุ่ม หรือสัมผัสในลักษณะอื่นๆ เมื่อเวลาผ่านไปโลหะทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ น้ำ ออกซิเจน เกลือแร่ต่างๆที่อยู่ในดิน กลายเป็นเกลือของโลหะ หรือเรียกว่า "สนิม" ของโลหะ เกลือเหล่านี้จะค่อยๆแทรกซึมเข้าไปในเนื้อผ้าทีละน้อยๆและตกผลึกหรือตกตะกอนอยู่ในเนื้อผ้า นั้น ทำให้เนื้อผ้ามีลักษณะเสมือนถูกชุบหรือแช่ควยเกลือชนิดต่างๆและเกาะติดอยู่บนผิวโลหะโดยมีเกลือเหล่านั้นเป็นควยยึดผ้าที่อยู่ในลักษณะเช่นนี้จะปลอดภัยจากการรบกวนของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงยังคงสภาพอยู่ไคว้วคจนถึงปัจจุบันนี้

แหล่งที่พบร่องรอยของผ้าโบราณในประเทศไทย เท่าที่ บดลัक्षणมีดังต่อไปนี้

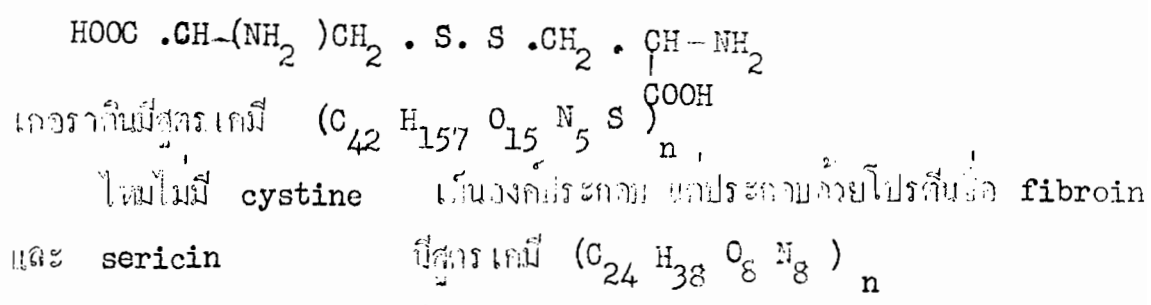
1. บ้านเชียง อำเภอหนองหาร จังหวัดอุดรธานี ไคว้วคเศษผ้าอยู่บนภาไลสำริดจำนวนหลายอัน ส่วนใหญ่ไคว้วคจากการลักลอบขุด จึงไม่ทราบชั้นดินที่แน่นอน คุรูปที่ 10 , 11 , 12, 13 และเส้นใยสีขาวที่ไคว้วคจากการชุกค่นของกรมศิลปากร เมื่อปีพ.ศ. 2516 ในหลุมชุกค่นหน้าบ้านคุณนายบัคสี พบอยู่ลึกประมาณ 1 เมตร (ไม่ทราบชั้นดิน) พบอยู่ข้างโครงกระดูกซึ่งนอนหงายไม่มีกระดูกศีรษะ บนหน้าขาทั้งสองข้างมีเครื่องปั้นดินเผาอยู่เก้าใบ เส้นใยที่พบอยู่ปนกับทรายไคว้วคเศษเครื่องปั้นดินเผา¹

1. ความควยอกเลาของ ศจ. น.พ. สุก แสงวิเชียร

2. บ้านคนตาเพชร อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี จากการสุกค้นของกรมศิลปากร เมื่อปี 2517 ถึง 2518 ได้พบเศษขวานเก่าโล่สำริด (รูปที่ 15) และในการสุกค้นของคณะเจ้าหน้าที่จากมหาวิทยาลัยลอนดอนร่วมกับกรมศิลปากรระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2522 ถึงมกราคม 2523 ได้พบเส้นด้ายที่อยู่กับรูปลอยตัวโล่สำริด และพบเศษขวานอยู่ในดิน
3. เชื้อนเจ้าเพชร จังหวัดกาญจนบุรี ได้จากการที่เจ้าหน้าที่กรมชลประทานไซ้แทรกเตอร์ไถปรับพื้นที่ พบกลองมโหรีที่กลสำริด มีเศษขวานติดอยู่ภายใน
4. อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี พบเศษขวานที่วังวานเหล็ก ในหลุมศพคนยุคโลหะ ศว.ภร.ถิ่น สุว.ทะ.ห.จ. เพราะเหตุพบว่าเป็นปาน ¹
5. ศูนย์การทหารปืนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี ได้รับคำบอกเล่าว่าพบเศษขวานติดอยู่บนเครื่องมือสำริด แต่ไม่พบหลักฐาน
6. กิ่งอำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี ชาวบ้านขุดพบขวานสำริดมีเศษขวานติดอายุ 2 แห่ง และได้มอบให้หน่วยศิลปากรที่ 1 จังหวัดลพบุรี
7. บ้านน้กตม อำเภอหนองหาร จังหวัดอุดรธานี พบเศษขวานติดอยู่บนเก่าโล่สำริด (ไม่ทราบชนิด) รูปที่ 18
8. บ้านแกอนกลาง จังหวัดนครพนม พบเศษขวานอยู่บนเก่าโล่สำริด ไม่ทราบชนิด ปัจจุบันจัดแสดงอยู่ที่วังวานแก้ว

1. จากคำบอกเล่าของอาจารย์ ชิน อัญลี

โครงสร้างของเส้นใยที่ได้จากสัตว์เคี้ยวทั้งเล้า(หมูเว่นใหม่) มีลักษณะคล้ายๆ กัน องค์ประกอบที่สำคัญๆ การมีไขมันประมาณ 50% โปรตีนประมาณ 7% ออกซิเจน ประมาณ 22 - 25% และไนโตรเจนประมาณ 16 - 17% บนสัตว์บางชนิดมีค่าความชื้นด้วยประมาณ 3 - 4% เนื้อเยื่อของสัตว์ประกอบด้วยโปรตีนที่เรียกว่าเคอราติน (keratin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีชื่อ cystine ซึ่งมีสูตร



เส้นใยที่ได้จากสัตว์มีงแบ่งจากได้เป็น

1.1 ขนสัตว์

ขนสัตว์ไม่กาวไหมใช่ แต่ถ้าไว้กับ เปลวไฟ โดยทรงเส้นใยจะสลายตัวที่ต้นก้านคล้ายๆกับหนังบนกไหม เป็นกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในโปรตีนพวกนี้ออกจากเปลวไฟ ขนสัตว์จะหลุดลอกไหม แต่จะเกร็งเป็นสีน้ำตาล มีลักษณะเป็นปุ่มปมและเปราะ

ขนสัตว์ไม่ละลายในกรดที่เย็น แต่จะละลายได้ในด่างที่ร้อน (5 % NaOH) ไม่ทนทานต่อแมลงกินยา แต่จะทนทานต่อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเส้นใยชนิดอื่น

เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะพบว่า ผิวนอกของเส้นใยมีเกล็ดเล็กๆไม่สม่ำเสมอ มีรูปร่างและว่าขนาดต่างๆกันความหนาของสัตว์ปกคลุมอยู่ทั่วไป เกล็ดดังกล่าวมีลักษณะคล้ายก้อน (ดูรูปที่ 1) เกล็ดเหล่านี้ช่วยปกป้องเส้นใยเอาไว้ภายใต้ และทำให้เส้นใยแข็งแรงและสามารถยืดหยุ่นได้ ความร้อนสามารถแทรกซึมทะลุผ่านเกล็ดเหล่านี้เข้าไปยังเส้นใยได้โดยที่เข้าไปในช่องว่างของเกล็ด ขนสัตว์ต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นพอเหมาะ หากความชื้นต่ำเกินไป ขนสัตว์จะแห้ง แข็งและกรอบ หากเปียกชื้นเกินไป ขนสัตว์จะอ่อนแอ หากความชื้นแข็งแรง เส้นใยมีความธรรมชาติของขนสัตว์คือทำหน้าที่ปกป้องและคุ้มครองสิ่งที่อยู่ภายใน ทำให้สัตว์อบอุ่นและแห้งอยู่เสมอ เมื่อนำเส้นใยเหล่านี้

มาป็นและทอเป็นยีนผ้า มันก็ยังคงรักษาคุณสมบัติเดิม โลกเฉพาะอย่างยิ่ง ยีนแกะ มีควา
สามารถดูดซับน้ำเอาไว้ได้ถึงหนึ่งในสามของน้ำหนักตัวโดยไม่ทำให้รู้สึกเปียกเมื่อสัมผัส

ขนสัตว์ที่พบบ่อยคือ ขนแกะ ขนแพะ ขนวัว ขนมิงค์ (mink) ขนนก ขนกระต่าย
ขนอู ขนม้า เป็นต้น

สันนิษฐานว่าขนแกะคงเป็นเส้นใยชนิดแรกที่มีมนุษย์รู้จักนำมาทำเป็นยีนผ้า อาจจะใช้
การปัก การถัก (เช่น สักหลาด) หรือโดยการนำเส้นใยมาปั่นเป็นเส้นใยแล้วทอเป็นยีนผ้า
ขนแกะพันธุ์ต่างๆ ให้เส้นใยที่มีลักษณะไม่เหมือนกัน ขนแกะบางชนิดมีเม็ดสี (pigment)
ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กอยู่กระจัดกันห่างๆ หรืออยู่รวมกันเป็นกระจุก ทำให้ขนแกะนั้นๆ
มีสี ขนแกะส่วนใหญ่มีสีขาว

ยีนที่ถักด้วยวางของขนแกะเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะมีลักษณะต่างๆกัน อาจ
เป็นรูปไข่ หรือวงกลม เกดสีจะเห็นได้เด่นชัดกว่าขนสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่น ขนอัลปากา (alpaca)

ขนแกะไค้มาจากแกะ angora ส่วนใหญ่มีสีขาว เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์
จะเห็นเส้นใยที่ไม่มี medulla² เกดสีไม่ค่อยเห็นเด่นชัด หากตัดขวางมีเส้นผ่าศูนย์กลาง
กลางเท่ากัน ผิวเรียบ แต่ไม่มีลักษณะเฉพาะที่เห็นเด่นชัด พวกที่มีคุณภาพสูงจะมียีนที่
หากตัดขวางเป็นรูปกลม พวกที่มีคุณภาพต่ำมียีนที่ถักด้วยวางเป็นรูปไข่

ขนแกะเมียร์ (cashmere) ใ้มาจากแกะพันธุ์แคชเมียร์ซึ่งปีหนึ่งสองชั้น ชั้นนอก
เป็นเส้นใยค่อนข้างหยาบปกคลุมเส้นใยชั้นในที่อ่อนนุ่มและละเอียด ส่วนใหญ่มีสีเทาอมขาว
น้ำตาลอ่อน เขาส้มเหลือง สีขาวมีน้อยมาก เส้นใยชั้นในที่ละเอียดอ่อนนุ่มเป็นเส้นใย
ที่ไม่มี medulla เกดสีอยู่ห่างๆกันและมองไม่ค่อยเห็นเด่นชัด อาจจะได้เม็ดสี
กระจายอยู่ต่างๆในเส้นใยที่มีสีอ่อนหรืออาจไม่มีเลยก็ได้

ขนอู ประกอบด้วยเส้นใยสองชนิดเช่นเดียวกัน เส้นใยชั้นนอกมีลักษณะหยาบ
มีความยาวถึง 15 นิ้ว ส่วนเส้นใยชั้นในละเอียดอ่อน มีความยาว 1-5 นิ้ว ขนอูที่มี
คุณภาพดีที่สุกจะมีสีเทาแกมเหลืองอ่อนๆ หากคุณภาพต่ำจะมีสีเข้มกว่า เมื่อมองผ่านกล้อง
จุลทรรศน์ จะมองไม่ค่อยเห็นเกดสี นอกจากจะเลือกใช้ตัวกลาง (medium) ที่มี

1. สัตว์ที่มีขนยาวคล้ายแพะป่า อยู่ตามภูเขาสูงๆในสหรัฐอเมริกา
2. ส่วนที่กลวงภายในเส้นใย ประกอบด้วยช่องว่างที่มีอากาศอยู่ภายใน

ม ๒๑๖ ก
๖พพ. ๐๓
๙๕๓๕
๒๕.๗.๖๒

กับนี้หักเห (refractive index) ต่ำกว่ากับนี้หักเหของเนื้อเยื่อ เพราะหักเหที่ปรากฏ
เห็นรูปร่างเกือบกลมควมไปทางรูปไข่ มี medulla แคบ จะเห็นเมือกสีอยู่เป็นกระจุก
เส้นใยมีสีอ่อน มีเมือกสีอยู่เล็กน้อยและกระจายอยู่ห่างๆ

ขนกระต่าย ประกอบด้วยเส้นใยสองชนิดคือขนยาวและขนหนวดจะหยาบและ
มีความยาวต่างกัน มักไขว้สมกับขนแกะ ขนยาวกว่าและหยาบกว่า
ส่วนขนเป็นเส้นใยที่ละเอียดอ่อนนุ่ม เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะเห็น medulla
มีลักษณะคล้ายกับขรรโค (รูปที่ ๒) ซึ่งที่ภาคตัดขวางเป็นรูปเตี้ยแบนและมุม

ขนวัว มีสองชนิดคือ ขนตามลำตัวและขนหาง ขนตามลำตัวสั้นกว่าขนหาง
และมักมีเมือกสีกระจายอยู่มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสีของขน ส่วนขนหางไม่มีเมือกสี ขน
ตามลำตัวส่วนใหญ่ไม่มี medulla นอกจากขนที่หยาบมากจะมี medulla แคบๆ
ซึ่งที่ภาคตัดขวางเป็นรูปไข่ ขนหางมักหยาบแต่ไม่ค่อยมี medulla หากจะมีก็ เป็น
medulla แคบๆซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งที่ภาคตัดขวางเป็นรูปกลม

ขนม้า มีสองชนิดคือขนคอและขนหาง ขนหางใหญ่และหนากว่าขนคอ
เมื่อมองผ่านที่ภาคตัดขวาง ขนคอจะมีลักษณะค่อนข้างกลม ส่วนขนหางส่วนใหญ่เป็นรูปไข่
มีเมือกสีหนาแน่นทรงบริเวณใกล้ๆ medulla

1.2 ไหม

ไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้มาจากรังของตัวไหมซึ่งเป็นแมลงประเภทผีเสื้อ
ไหมที่รู้จักกันต่างๆไปเป็นไหมที่ได้มาจากผีเสื้อชนิดหนึ่งซึ่งชื่อไหมหมอนเป็นอาหาร ผีเสื้อ
ชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า Bombyx mori ซึ่งผลิตเส้นใยละเอียดอ่อนออกมาต่อหุ้มป้องกันตัว
เองในขณะที่ตัวอ่อนกำลังจะเจริญเติบโตไปเป็นจักจั่น เส้นใยของไหมคือโปรตีน
ซึ่งแข็งตัวหลังจากที่ตัวไหมหลังจากออกมาจากตอมซึ่งอยู่ตรงศีรษะ โปรตีนชนิดนี้เรียกว่า
fibroin ในขณะเดียวกันตัวไหมจะหลั่งโปรตีนอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นยางเหนียว
ออกมาพร้อมกัน เรียกว่า sericin ซึ่งจะช่วยให้เส้นใยติดกันเป็นรังไหม เส้นใย
จะพันสลับกันไปมาเหมือนตัว S หรือเลข 8 เมื่อต้องการสาวไหมออกจากรังไหม
จึงนำรังไหมนั้นไปต้มเพื่อให้ sericin ละลาย เส้นไหมแต่ละเส้นเล็กละเอียด
เกินกว่าจะนำมาใช้งาน ดังนั้นจึงมักสาวไหมออกจากหลายรังพร้อมกันเพื่อให้ได้ไหม
หนึ่งเส้นซึ่งแข็งแรงพอ เมื่อไหมนี้เย็นลง sericin จะแข็งตัวและช่วยให้เส้นไหม

เล็กๆเหล่านั้นนี้ เติลกับแน่น เส้นไหมจึงเป็นเส้นใยที่เหนียวมาก สามารถเปรียบเทียบเส้นใย
เส้นลวดเหล็กซึ่งมีขนาดเท่ากัน ไหมดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า ได้มาจากการนำเส้น
ใยประมาณ 5 - 10 คู่มารวมเข้าด้วยกัน

fibroin และ sericin ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 95% ที่เหลือ 5% เป็น
ขี้ผึ้ง (wax) ไขมัน เกลือแร่ และถ่าน ใยตัวไหมประกอบด้วย sericin 22 -
25 % fibroin 62.5 - 67 % น้ำ 10 - 11% เกลือและอื่นๆ 1 - 1.5 %
ปริมาณความชื้นในไหมมีค่าประมาณ 10 - 12% ของน้ำหนักไหม ความถ่วงจำเพาะ
มีค่า 1.25 - 1.33

ไหมจะบวมและละลายในกรดเกลือเข้มข้น กรดถาวร 80 % และ่างร้อน
(5 % NaOH) เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดกลินประสีว เข็มขุ่นไหมจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
แล้วบวมและสลายตัว การที่ไหมบวมและละลายในกรดเกลือเข้มข้นและละลายใน่าง
ร้อน บอกรให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างไหมกับขนสัตว์ เมื่อเผาไหมเปลวไฟจะให้
กลิ่นคล้ายไหม และเมื่อเผาไหมกับการเผาไหมจะสิ้นสุกลง จะไล่เมือกออกมาสีต่างๆ
เพราะแตกง่าย

ไหมอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจคือไหมไครจากผีเสื้ออีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้ใบโถกเป็นอาหาร
เรียกว่า ไหมป่า หรือ Tussash silk (*Antheraea pernyi*) เส้นใยชนิด
นี้มีสีน้ำตาล ถ้าออกจะใกล้เคียงเทาแกมเหลืองหรือสีครีม ลักษณะของเส้นใยจะหนากว่า
เส้นใยจาก *Bombyx mori* มีคุณสมบัติคล้ายๆกัน แต่จะทนทานต่อการกัดและค้างไฟ
ดีกว่า จะบวมแต่ไม่ละลายในกรดเกลือเข้มข้นและ 5% NaOH ร้อน เส้นใยจะเปลี่ยน
สภาพเป็นเยือกคล้ายเยื่อไม้ แต่ไม่ละลายหมด

สารเคมี	ไหมเลี้ยง	ไหมป่า
boil 5 % NaOH	ละลายเร็วมาก	ใช้เวลา 30 - 50 นาที
กรดเกลือเข้มข้น (เข้ม)	"	ละลายช้ามาก
ZnCl ₂ (sp.gr. 1.6)	"	ละลายช้า
Millon 's reagent	สีแสด	สีน้ำตาล

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของไหมเลี้ยงและไหมป่า

เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเส้นใยของไหมมีลักษณะเรียบ สม่ำเสมอ และ โปร่งใส (ดูรูปที่ 3) ส่วนไหมป่ามีลักษณะขรุขระ มีริ้วและเมือก เมื่อถูกขยี้ตากแห้ง ขวางขวาง เส้นใยจะเห็นเป็นรูปคล้ายสามเหลี่ยมที่มีมุมโค้งมน ไหมเลี้ยงจะเห็นเป็นรูปสามเหลี่ยมก้านเท่า ไหมป่า เป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีส่วนยาวมากกว่าส่วนกว้าง



ไหมเลี้ยง



ไหมป่า

2. เส้นใยที่ไ้จากพืช

เส้นใยประเภทนี้มีองค์ประกอบต่างจากเส้นใยสัตว์ กล่าวคือมีเซลลูโลส

(cellulose) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีสูตรเคมี $(C_6H_{10}O_5)_n$ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ของกลูโคส . . .

นั่นคือ เซลลูโลสเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จำนวนโมเลกุลของกลูโคสเรียกว่า

degree of polymerization ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นใยแต่ละชนิด

ชนิดของเส้นใย	degree of polymerization
ผ้า	3,600 - 10,000
ลินิน	3,500 - 36,000
เรยอน (rayon)	460
เส้นใยไม้ (wood fiber)	2,000 - 3,000

จะเห็นว่า เส้นใยที่เซลลูโลสมีจำนวนโมเลกุลของกลูโคสต่ำ แข็งแรงน้อยกว่า เส้นใยที่เซลลูโลสมีจำนวนโมเลกุลของกลูโคสสูง จากตารางจะเห็นว่า ลินินเป็นเส้นใยที่แข็งแรงมาก

เส้นใยที่สกัดได้จากส่วนต่างๆของพืชลึงกอไปนี้

- 2.1 ขนของเมล็ด (seed hairs) โคนแถ่ ผ้าย นุ่น ไยมะพร้าว
- 2.2 ลำต้น (bast fiber) โคนแถ่ ลินิน (flax) ป่าน (hemp) ปอกระเจา (jute) ปอแก้ว (kenaf) เป็นต้น
- 2.3 ใบ (leaf fiber) โคนแถ่ ไยสับประรด (pineapple fiber) ป่านศรณา รายต์ (sisal) ป่านมนิลา (Manila hemp)

เส้นใยที่ไ้จากขนของเมล็ดส่วนใหญ่ใช้ในการบรรจุหมอน ที่นอน เบาะ ชู้น และอื่น ๆ มีเพียงผ้ายเท่านั้นที่ไร้ทอผ้า คุณสมบัติของเส้นใยเหล่านี้มีลึงกอไปนี้

ผ้าย

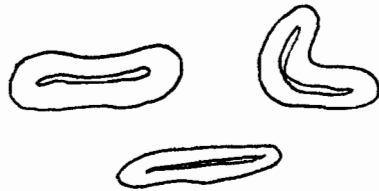
ผ้ายเป็นพืชที่มีชีวิตอยู่ไ้หลายฤดู อยู่ในตระกูล MALVACEAE หรือ mallow family เจริญเติบโตไ้ดีในสภาวะภูมิประเทศแบบกึ่งร้อนชื้น (sub-tropical) เช่นใน เอเชีย ออสเตรเลีย อเมริกา ออสเตรเลีย อินเดี๋ย เป็นต้น ผ้ายที่นำมาใช้ทอผ้ามีอยู่หลายพันธุ์ ที่สำคัญในอินเดี๋ยและอเมริกาคือ *Gossypium herbaceum* และ *Gossypium hirsutum* ในประเทศไทยคือพันธุ์ *Gossypium barbadense* , Linn.

เส้นใยของผ้ายแต่ละเส้นเป็นเซลล์หนึ่ง เซลล์ซึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์ของพืชทุกประการ แต่วางยาวกว่าเซลล์พืชทั่วไป องค์ประกอบทางเคมีไ้แก่ เซลลูโลส 85.5% ไยมันและ wax 0.5 % ความชื้น 8.0 % เกลือแร่ 1.0 % ที่เหลือเป็นโปรตีน เพกโตส (pectose) และสารที่ทำให้เกิดสี 5%

เส้นใยของผ้ายไ้จากส่วนดอกของผ้ายหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ขนของเมล็ด" มีลักษณะเป็นปุยสีขาวอวบอวม เมล็ด ทำหน้าที่ปกป้องเมล็ดในขณะที่ยังไม่เติบโตเต็มที่ โยช่วยป้องกันมิให้ความชื้นจากบรรยากาศนเข้าไ้ทำวันตรายต่อเมล็ด และเมื่อเมล็ดเติบโตเต็มที่ ขนของเมล็ดยังมีส่วนช่วยในการกระจายเมล็ด

เมื่อมองยานกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเส้นใยของผ้ายมีลักษณะเป็นเส้นยาวๆ แขนงมักหวั้ไปมาเหมือนริบบิ้น ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่อยู่ไ้ในดอก เซลล์ของผ้ายมีปริมาณ

ความชื้นสูง จึงมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกยาวๆ แต่เมื่อลอกฝ้ายแตกออก น้ำจะระเหย
ออกไปจากเซล ทำให้เซลแห้งลงจนมีรูปร่างแบนยาวรียาวไปมา ดังในรูปที่ 4 ลักษณะ
เช่นนี้เป็นลักษณะเฉพาะของฝ้าย เมื่อนองภาควัสดุขวางของเส้นใยบนกลองจุลทรรศน์
ที่มีกำลังขยายสูงจะเห็นเป็นรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว บางส่วนของมันจะยุบเข้ามา
และช่องว่างภายในเซลมีขนาดเล็ก



ห้องสมุดวัฒนธรรม
ศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย

ฝ้ายมีความคงจําเพาะ 1.55 ซึ่งสูงกว่าเส้นใยชนิดอื่นๆ และมีความแข็งแรงปานกลาง เมื่อเปียกน้ำจะแข็งแรงกว่าตะแห่ง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความต้านทานต่อความร้อนได้ดีกว่าเส้นใยชนิดอื่นๆ จึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพมากนัก แต่ต้องระวังไม่ให้ฝ้ายได้รับแสงแดดมากนัก เนื่องจากแสงแดดทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลง และทำให้ฝ้ายเปลี่ยนไปเป็นสีเหลือง เพราะเรดิวโลสจะถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ไปเป็นออกซีเรดิวโลส (oxycellulose)

ฝ้ายยอมสีได้ง่ายกว่าลินินและเมื่อยอมแล้วสีจะติดทนสี นอกจากนี้การที่เส้นใยฝ้ายบิดงอตัวไปมา ทำให้ฝ้ายมีเนื้อไม่เรียบสม่ำเสมอ จึงสามารถมีทองบนผ้าฝ้ายได้ต่างจากผ้าลินินซึ่งมีเนื้อเรียบสม่ำเสมอและละเอียด ทำให้ยอมสีมากและปักทองไม่ได้ แต่เหมาะในการเขียนสี

ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ (yeast) จะเจริญเติบโตขึ้นบนผ้าฝ้าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากผ้านั้นล้างแปรงหรือมีการย้อม การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ยังผลิตให้ผ้าฝ้ายเปลี่ยนสี เกิดรอยเปื้อน เส้นใยอ่อนแอ และเน่าเปื่อยยุ่ยลงไปที่สุดในแมลงหลายชนิดเช่น ปลวก แมลงสาบ แมลงสามงาม (silverfish) มีอันตรายต่อผ้าฝ้ายเช่นกัน

ฝ้ายไม่ละลายในน้ำร้อน แต่ถ้ามีวอกหรือเจือปนด้วยจะเกิดออกซีเรดิวโลสที่ละลายน้อย ทำให้เนื้อผ้าขาดความแข็งแรง กรณีเจือปนไม่มีผลต่อผ้าฝ้ายถ้าอุณหภูมิต่ำ แต่ถ้า

อุณหภูมิสูงๆ เมล็ดโคลสที่ถูกไฮโดรไลส (hydrolyse) ไปเป็นกรดไขมัน คายละลายได้
ในกรดกำมะถันเข้มข้น ในกรดกินประสัว (HNO₃) ฝ้ายจะถูกออกซิไดส์ไปเป็นออกซี-
เมล็ดโคลส และผลสุดท้ายได้กรดออกซาลิก (oxalic acid) ปฏิกิริยานี้เกิดได้
เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

นุ่น (kapok)

นุ่นได้จากต้น Ceiba pentandra ซึ่งมีชื่ออื่นเมืองว่า งิ้ว
งิ้วน้อย งิ้วสาย และนุ่น พบมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และอินโดนีเซีย นุ่นมี
น้ำหนักเบามาก มีความยืดหยุ่นดี มีความคงจำเพาะค่า ไม่วุ่นน้ำ เมื่ออยู่ในน้ำจะรับ
น้ำหนักได้ถึง 36 เท่าของน้ำหนักตัว จึงใช้ในการทำพุน ชูชีพ เข็มขัดนิรภัย เบาะ
ที่นอน หมอน และปลอก ในการผ่าตัดอาจใช้แทนผ้าดี

เส้นใยมีลักษณะเป็นมันวาว สีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง ยาวประมาณ 0.7 นิ้ว เส้น
ผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 - 36 ไมครอน 1 เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็น
เกล็ดเล็กๆ กลมๆ ย่นๆ เรียงขวาง (รูปที่ 5) พื้นผิวเกล็ดกลวงเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ อาจ
มีบางส่วนแบนๆเนื่องจากเกล็ดหายไปหรือยังไม่โตเต็มที่

งิ้วป่า (Bombax)

ขนของเมล็ดมีลักษณะคล้ายฝ้าย มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า true cotton หรือ
bombax cotton พบมากในเขตร้อนชื้น เส้นใยอ่อนนุ่มและไม่แข็งแรง ไม่มีความยืด
หยุ่น มีลักษณะเป็นมันวาว สีขาวจนถึงน้ำตาลอมเหลือง มักจับกับฝ้ายแล้วมันเป็นเส้นใย
และใยยักเบาะ ที่นอน เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์จะไม่เห็นรอยบิดหรือริ้วไปมา เหมือนฝ้าย
ผนังเซลล์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ เส้นใยยาว 1/4 - 1 1/4 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 -
45 ไมครอน

เส้นใยอีกชนิดหนึ่งที่ได้จากขนของเมล็ดซึ่งมีลักษณะคล้ายนุ่นคือ งิ้ว หรืองิ้วบ้าน
หรืองิ้วป่าแดง (Bombax malabarica) หรือ Indian kapok เส้นใย

1. หน่วยความยาว 1 ไมครอนมีค่าเท่ากับ 1 x 10⁻⁶ เมตร

ชนิดนี้มักถูกเพาะที่กวางนูน

นอกจากนี้ยังมีปอเถื่อน หรือ ป่านเถื่อน หัวรั้งออก หรือรั้ง ซึ่งมีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า *Calotropis gigantea, Br.* ซึ่งคนมักใช้เส้นใยเป็นนุ่นคล้ายปุยฝ้าย ใยนี้ผสมจนได้เป็น หรือผสมกับฝ้ายทอเป็นเสื่อผ้า ผ้าพรม

ใยมะพร้าว (coir)

ใยจากเปลือกผลของมะพร้าวซึ่งมีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า *Cocos nucifera, Linn.* เส้นใยใช้ทำเชือก ผ้าเนื้อหยาบ แพร่ง ลมเชือกเท้า โดยลอกเปลือกออกมาแช่น้ำไว้ให้อ่อนนุ่ม พู้วย่อยให้เส้นใยแยกออกจากกัน เอาส่วนที่เป็นเยื่อไม่ออกโดยใช้หวีสาง แล้วทำให้แห้ง

เส้นใยที่ได้จากลำต้นของพืช (Bast fiber)

เส้นใยพวกนี้ส่วนใหญ่ได้จากลำต้นของพืชใบเลี้ยงคู่ (dicotyledonous plant) เส้นใยเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นเส้นทางการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช อยู่รวมกันเป็นมัด โดยมีเนื้อเยื่อของ phloem และสารที่มีคุณสมบัติเป็นยางเหนียวและยืดหยุ่น มีส่วนของเส้นใยอยู่ใกล้เปลือกของลำต้นทำหน้าที่ทำให้ลำต้นแข็งแรง เกล็ดมันเงา เกล็ดหนา ปลายเกล็ดจะทับซ้อนกันทำให้ได้เส้นใยยาวๆติดต่อกันไปตลอดความยาวของลำต้น ที่สำคัญได้แก่ปอกระเจา (jute) ปอแก้ว (kenaf) ลินิน (linen) งามี (ramie) กัญชา (hemp) . . . ปอเทือง (sunn fiber) เป็นต้น

ปอกระเจา

ปอกระเจาเป็นพืชล้มลุก ลำต้นตรงเป็นทรงกระบอก สูงประมาณ 9 - 10 ฟุต ตอนส่วนบนของต้นจะแตกกิ่งออกโดยรอบใบมีลักษณะยาว ออกเล็กสีเขียว ปอกระเจาเป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Corchorus* ตระกูล *Tiliaceae* พันธุ์ที่ปลูกกันมากได้แก่ *Corchorus capsularis* เส้นใยที่ได้จากปอชนิดนี้เรียกว่า white jute และ *Corchorus olitorius* ซึ่งเส้นใยที่ได้จากปอชนิดนี้เรียกว่า tossa jute

คำว่า jute ได้มาจากชื่อพืชในแคว้นโอริสสาของอินเดีย ซึ่งออกเสียง "jhout" หรือ "jhat" หรือ "jhut" หรือ jute บางครั้งมีการนำคำว่า

jute ไม่ใช่อย่างมีคๆ เช่น Java jute เป็นพืชพวก Hibiscus sabdariffa
 Broom jute หมายถึง Sida rhombifolia และ congo jute
 เป็นพืชพวก Urena lolata เป็นถิ่น

ปลูกประจำ เป็นพืชที่รอมอากาศแบบร้อนชื้น มีปลูกมากในประเทศอินเดีย
 บังคลาเทศ เนปาล ประเทศอื่นๆที่มีการปลูกบ้างแต่ไม่มากนักได้แก่ ประเทศบราซิล
 ฝรั่งเศส ประเทศในกลุ่มอินโดจีน ญี่ปุ่น แคนจูเรีย เยอรมัน ออสเตรเลีย และ
 อเมริกาตะวันตก ฯลฯ

ก่อนที่ตัดมาจากไร่ ก่อนจะลอกเส้นใยต้องนำไปแช่น้ำ (retting) เพื่อ
 ให้เชื้อแบคทีเรียทำลายสารที่มีคุณสมบัติเป็นยางเหนียวที่ยึดเส้นใยให้ติดกัน จากนั้นจึง
 นำมาแยกเส้นใยออกจากกันเป็นเส้นๆ ปลายของเส้นใยบางเส้นในมีกระหลุคอกอก
 ทำให้เส้นใยมีลักษณะเป็นขน และรู้สึกหยาบ ขรุขระเมื่อสัมผัส คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้
 เหมาะต่อการใช้ทำกระสอบหรือห่อหุ้มวัตถุอื่น ๆ เพราะจะไม่ลื่นหลุดมือ

องค์ประกอบที่สำคัญของปอกระเจาได้แก่เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)
 ลิกนิน (lignin) ซีซีง เพคติน (pectin) สารประกอบของไนโตรเจน
 เกลือแร่ สารที่ทำให้เกิดสี

เวดมีขนาดยาวประมาณ 0.06-0.20 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 - 25 ไมครอน
 ผิวของเซลล์เรียบเมื่อมองเห็นที่ภาคตัดขวางจะเห็นเป็นรูปหลายเหลี่ยม มีมุมเห็นเด่นชัด
 ตรงกลางมีช่องว่างเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ เรียกว่า lumen ซึ่งแสดงถึงความหนา
 บางของผนังเซลล์ ตอนปลายของเส้นใยช่องว่างนี้จะกว้างขึ้น ผนังเซลล์บางมาก ส่วน
 นอกของเส้นใยเรียบ ไม่มีรอยต่อหรือปมใดๆ ปลายสุดของเซลล์มีลักษณะแหลม

รูปที่ 6 แสดงลักษณะของเส้นใยเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์

ปอแก้ว (kenaf)

ปอแก้วโดยทั่วไปมีอยู่สองพันธุ์คือ Hibiscus cannabinus L. และ
 Hibiscus sabdariffa L. ซึ่งแยกมาจากพืชตระกูล Malvaceae เช่นเดียวกับ
 ผ้าย ปอแก้วมีชื่อหลายอย่างตามท้องถิ่นหรือประเทศที่ปลูก เช่นในอินเดียเรียกว่า
 mesta และ bimli บังคลาเทศเรียกว่า teal ในอียิปต์เรียกว่า Da

โหลจีนีก็เรียกกันว่า Java jute ส่วนในประเทศไทยเรียกว่า kenaf และชื่อทางการค้าอีกอย่างหนึ่งว่า Siam jute แหล่งที่ปลูกปอแก้วมากไว้แต่ ประเทศโบเนกราย หรือเขตรวม เช่น ประเทศไทย จีน บังกลาเทศ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น อินเดีย

ปอแก้วที่ปลูกในประเทศไทยมีจุ่มมีสองชนิดคือ ปอแก้วไทย (Hibiscus Sabdariffa Linn.) และปอแก้วคิวมา (Hibiscus cannabinus Linn.) ปอแก้วไทยยังแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด ชนิดที่ไรกลีบรองดอกเป็นอาหาร เรียกว่า กระเทียม มีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า Hibiscus sabdariffa L. อีกชนิดหนึ่งปลูกเพื่อเอาลำต้นไปทำเส้นใยมีชื่อ Hibiscus sabdariffa L. var altissima

ปอแก้วไทย มีชื่ออื่นๆว่า Rocelle , Roselle hemp , Java jute , Pusu hemp , channi เป็นต้น ส่วนปอแก้วคิวมามีชื่ออื่นๆอีกหลายชื่อเช่น kenaf , bimbipatam , Deccan hemp , mesta , Cuban kenaf

ปอแก้วมีเส้นใยสั้นกว่าเส้นใย hemp ทนต่อแรงดึงได้ดีกว่าเส้นใย sunn เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะคล้ายปอกระเวา เส้นใยมีความยาวระหว่าง 0.078 - 0.24 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 - 33 ไมครอน

ปอแก้วนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ทอกระสอบ ทอเป็นกรรมปู้ด ผ้าปูโต๊ะ ทำเยื่อกระดาษ ทำเชือกเป็นต้น

ลินิน หรือฟ้านลินิน (flax)

เป็นชื่อที่เรียกกันในกลุ่มภรรยาที่ปลูกมาอังกฤษ หมายถึงชื่อพฤกษศาสตร์ว่า Linum usitatisimum L. ซึ่งอยู่ในตระกูล Linaceae มีหลายพันธุ์ แต่มีเพียงไม่กี่พันธุ์ที่นำมาทำเป็นเส้นใยได้ เช่น L. angustifolium ซึ่งเชื่อกันว่ามีใช้มานานที่สุด ตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ และ Swiss Lake Dwellers

ส่วนชื่อลินิน (linen) เป็นชื่อที่รู้จักทั่วไปในตะวันออกกลางและอียิปต์ เช่นในฝรั่งเศสเรียก Lin อิตาลีและสเปนเรียก Lino กรีกเรียก Linon เยอรมันเรียก Lein และชาวรัสเซียเรียก Linnen เป็นต้น

กณลินินมีลักษณะลำต้นตรง สีเขียวอ่อน สูงประมาณ 3-4 เมตร มีกิ่งก้านสาขาที่ส่วนยอด ใบมีขนาดเล็กคล้ายใบดอกสีเดี่ยวดอก ออกเกิดที่ปลายกิ่ง มีกลีบดอก 5 กลีบ

๗๓๗.๐๗๒
เลขหมาย.....๐.๕๕๕๕๕
เลขหมาย.....๕ ๖๕๕๐๗
= ๒๗ ก.พ.

บางพันธุ์มีดอกสีน้ำตาล บางพันธุ์มีสีชมพู เจริญเติบโตได้ดีในหลายสภาพดินฟ้าอากาศ ลินินที่มีคุณภาพดีได้จากดินปนทราย น้ำไม่ขัง อากาศอบอุ่นและฝนตกชุก

การแยกเส้นใยผ้าใต้อสองแบบคือ การตากน้ำค้าง (dew retting) และแช่น้ำ เส้นใยที่ผ่านกรรมวิธีแยกเส้นใยโดยการตากน้ำค้างจะมีสีน้ำตาล การแช่น้ำมักแช่ในน้ำที่ไหลช้าๆ ในบึง หนอง หรือเขื่อน หรือแช่ในถังน้ำ การแช่ในถังน้ำจะสามารถควบคุมได้สีและได้เส้นใยที่มีคุณภาพดี

เส้นใยลินินมีดีขาวออกครีม สีของเส้นใยขึ้นกับความชำนาญและเทคนิคในการแยกเส้นใย เส้นใยมีลักษณะเป็นมันวาว เนื่องจากมีขี้ผึ้ง (wax) อยู่ด้วยประมาณ 1% ลินินแข็งแรงมากกว่าฝ้ายถึง 2-3 เท่า คุ้มกับน้ำไค้ ทนทานต่อความชื้นและจุลินทรีย์ ยักรีดง่ายและย้อมสีได้ง่าย

เซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ยาวเรียบ มีปล้องหรือข้อคล้ายไม้ไผ่ (ดูรูปที่ ๖๘) เมื่อบริเวณที่หักหักขวางผ่านกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นรูปกลมหรือเป็นเหลี่ยมหลายเหลี่ยม ข้างเซลล์ ช่องว่างข้างในเล็ก ปลายเซลล์มักแหลม และไม่มีช่องว่างภายใน

องค์ประกอบทางเคมีของลินินไค้แก่ น้ำ 10.7% เซลลูโลส 71.50% ไขมัน และขี้ผึ้ง 2.37% ของเหลว 6.02% ขี้เถ้า 1.32% น้ำภายในเซลล์ 9.41%

ป่านรามี่ (ramie)

ป่านรามี่เป็นพืชล้มลุกจำพวกไม้เลื้อยเถาพวก Boehmeria ซึ่งอยู่ในตระกูล Urticaceae (พืชที่มีขนเล็กๆ) ลำต้นมีลักษณะเป็นท่อนสูงประมาณ 250

ซม. ใบมีรูปลักษณ์หัวใจกว้างประมาณ 50-130 มม. ยาว 100-150 มม. มีสีเขียวเข้มทั้งสองด้านหรือใบด้านล่างค่อนข้างขาว แล้วแต่นิก พวก Boehmeria nivea

หรือ "หญ้างูจีน" (China grass) หรือ "ป่านรามี่สีขาว" (white ramie)

ไค้ใบจะมีสีขาว ส่วน Boehmeria nivea var. tenacissima ก่อ "รามี่" (ramie)

หรือ "เรียว" (rhea) ใบมีสีเขียว จึงมีชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า "รามี่สีเขียว" (green ramie) ขอบใบมีลักษณะหยักเป็นซี่โดยรอบคล้ายใบเลื่อย ดอกสีเขียวอ่อนขึ้นเป็นกลุ่มอยู่เป็นกระจุกตอนส่วนบนและเกสรตัวผู้อยู่ตรงส่วนล่าง

หญ้าจีน หรือ *Boehmeria nivea* เป็นพืชที่รุ่มขึ้นในที่ที่มีอากาศอบอุ่น ไม้
 ขึ้นและที่ล้ม ขึ้นมากในจีนและอิตาลี ส่วนรามี่หรือเรี่ยนั้นรุ่มขึ้นในเขตร้อนที่มีอากาศ
 ร้อนจัดและรุ่มขึ้น แต่ไม่ชอบอากาศร้อนแห้งแล้ง นิยมปลูกมากในแหลมมลายู เม็กซิโก
 อินเดีย อาฟริกาตะวันตก และสหรัฐอเมริกา เส้นใยที่ได้จากพืชทั้งสองชนิดนี้เรียกว่า
 "รามี่" แต่เส้นใยที่ได้จากถั่วรามี่เหนียวกว่าเส้นใยที่ได้จากหญ้าจีน

ป่านรามี่เป็นเส้นใยที่เหนียวและทนทานที่สุดไม่ว่าจะหว่านจากเส้นใยจากพืชด้วยกัน แต่ยาว
 กว่าป่านกัญชาถึง 3 เท่า มีความทนทานต่อความชื้น ไม่เน่าง่ายเมื่อถูกทิ้งตากแดดตากฝนหรือ
 แขน้ำ ย้อมสีได้ง่าย มีความมันเป็นเงาเดือมดีกว่าป่านลินิน บางครั้งใช้น้ำไปแปดเป็นขบ
 สัตว์เทียม เมื่อทำเป็นเส้นกายจะเป็นมันงามคล้ายไหม ทอผ้าได้งามมาก ไม่ยืดหยุ่นเท่าไหม
 และขนสัตว์และไม้อ่อนเหมือนผ้าฝ้าย

	รามี่	กัญชา	ลินิน	ไหม	ผ้าฝ้าย
ความทนต่อแรงดึง	100	36	25	13	12
ความยืดหยุ่น	100	75	66	400	100
การบิด	100	95	80	600	400

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใย

จะเห็นได้ว่าป่านรามี่แข็งแรงกว่าผ้าฝ้ายถึง 4 เท่า และแข็งแรงเป็นสองเท่าของ
 ลินิน ทนทานกว่าฝ้ายและราไค้ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกแสงแดด ถูกกับน้ำได้ก็และแห้งเร็ว
 เส้นใยเป็นสีขาว ยาวประมาณ $1/2 - 20$ นิ้ว กว้างประมาณ 25 - 75 ไมครอน ลักษณะ
 ของเส้นใยเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์เป็นรูปทรงกระบอก เกือบไม่มีการบิดงอหรือมีสัน
 เล็กคล้ายๆปม ซึ่งเมื่อมองในที่ภาคตัดขวางจะเห็นเป็นรูปหลายเหลี่ยม ยนึ่ง เกล็ดหนาและเส้น
 lumen เกือบจัก หากเป็นเส้นใยที่บังใบเจริญเติบโตเต็มที่จะมีลักษณะแบนๆมีกิ่งก้านคล้าย
 ริมบัน ยนึ่ง เกล็ดบาง ส่วนปลายของเส้นใยมีลักษณะมน ยนึ่ง เกล็ดหนาและแบนมองไม่
 เห็น lumen

องค์ประกอบทางเคมีของรามี่ได้แก่ เซลลูโลส 83.09% เพกทินและอื่นๆ 6.65%
 ของเหลว 6.89% ไขมันและสิ่งอื่น 0.22% ซีไค 3.15%

เส้นใยของป่านรามีนีมีประโยชน์มากในการทอผ้าชนิดต่างๆ ทั้งแบบและละเอียด
ในจีนเรียกว่า "ผ้าหญ้า" (grass cloth) เป็นสินค้าออกที่สำคัญจากเมืองทาจัวเจาและ
โกเกียง (Kaikiang) นอกจากนี้ยังใช้ทำเชือกผูกรองเท้า ยามาน ยาเส้นเก่า
ผ้าปูโต๊ะ ผ้าปูเตียง ผ้าขนหนู สวมและวัสดุพวกยาต่างๆ ใส่ตะเกียง และใช้ทำเชือกระ
คายสำหรับพิมพ์ไม้

เส้นใย	เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย (ไมครอน)
รามีนี	0.04 - 0.06
ลินิน	0.016
ฝ้าย	0.014 - 0.024
ไหม	0.009 - 0.024

ตารางที่ 4: เปรียบเทียบขนาดของเส้นใยชนิดต่างๆ

กัญชา (hemp)

ป่านกัญชาได้จากพืชพวก *Canabis sativa* ซึ่งอยู่ในตระกูล MORACEAE
บางที่เรียกว่า true hemp ลำต้นมีลักษณะขมดกสูง สีเขียว สูงประมาณ 7 - 10 ฟุต
เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 1/2 นิ้ว มักจะปลุกเพื่อเอาน้ำมันจากเมล็ด และ
บางแห่งใช้เป็นยาเสพติด หากปลุกเพื่อจุดมุ่งหมายเพื่อเอาเส้นใย ลำต้นจะสูงและไม้
ค่อยมีกิ่ง หากปลุกเพื่อจุดประสงค์อื่น จะมีกิ่งก้านมาก ใบมีสีเขียวสด ดอกที่มีเกสรตัวผู้
จะอยู่บนละออกกับดอกที่มีเกสรตัวเมีย ดอกมีสีเหลืองอมเขียวและมีขนาดเล็ก

ต้นกัญชาเจริญเติบโตได้ในหลายสภาพภูมิอากาศ ความชื้นปริมาณน้ำฝน 2 1/2 -
3 นิ้วต่อเดือนในฤดูการเพาะปลูก ชอบดินปนทรายซึ่งไม่มีน้ำขัง

เส้นใยที่ผ่านกรรมวิธีในการเตรียมจะมีสีอ่อนและมันวาว แต่ส่วนใหญ่ในทาง
การค้าจะมีสีเทาอ่อนๆ สีขาวหรือวามเหลืองหรือน้ำตาลเข้ม ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิต
เส้นใยยาวประมาณ 0.20 - 2.16 นิ้ว มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ผิวหน้าไม่เรียบ
สม่ำเสมอ มีลักษณะคล้ายปุ่มปมหรือขรุขระเป็นระยะๆ เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยประ
มาณ 16 - 50 ไมครอน มักมีเศษของ parenchyma tissue ติดอยู่บนเส้นใย

ผนังเซลล์หนา lumen มีขนาดเล็กและค่อนข้างแบน ปลายเซลล์จะมีรูปร่างไม่แน่นอน มักมีกิ่งยื่นออกมาทางข้าง รูปที่ 9 แสดงลักษณะของเส้นใยถั่ว

เส้นใยถั่วใช้ทำเชือก ย่า ผ้าไหม และกระสอบ การแยกเส้นใยจากวิธีสกัดน้ำคั่งหรือธนู เส้นใยถั่วที่ได้จากการแช่น้ำเป็นต้นนิยมทำกันมากในวิทาลี เส้นใยมีสีขาวปนครีมเป็นเงางาม เล็กละเอียด นุ่มและงอได้ใช้แทนลินินได้เป็นอย่างดี ส่วนเส้นใยที่ได้จากวิธีสกัดน้ำคั่ง มีสีเทาและค่อนข้างหยาบ ใช้ทำเชือก ย่ากันแดด แต่ เป็นตัว

ปอเทือง (Sunn fiber)

ปอเทืองเป็นพืชวงศ์ *Crotalaria juncea* ซึ่งอยู่ในตระกูล Leguminosae มีการปลูกเพื่อเอาเส้นใยมาใช้ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในอินเดียและปากีสถาน มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น San , Sun , pat sanal , janamu บางที่เรียกว่า Travancore "flax" หรือ Jubbulpore hemp

ปอเทืองมีลำต้นสูงประมาณ 8 - 10 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 3/4 นิ้ว มีใบอยู่บนยอดของลำต้นสีเขียวสด ปลายแหลม ยาวประมาณ 2 - 3 นิ้ว ดอกมีสีเหลืองขนาดเล็ก ขึ้นอยู่ตรงกลางใบ ชอบขึ้นในดินที่มีปุ๋ยดี ไม่มีน้ำขัง

เส้นใยที่ผ่านการเตรียมอย่างดีจะมีสีอ่อนและเป็นมันวาว แข็งแรงดี เมื่อเปียกน้ำจะแข็งแรงยิ่งขึ้น มีความทนทานต่อจุลินทรีย์และความชื้นปานกลาง ในอินเดียและปากีสถานมีความสำคัญเป็นรองจากราบีในการทำแหและอวน

ลักษณะของเส้นใยเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์มีรูปร่างเป็นรูปทรงกรวยอก มีริ้วบนผิวหน้าและรอยขีดทางข้างขวางเป็นระยะๆ เส้นใยยาวประมาณ 0.28 - 0.31 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ไมครอน lumen มีขนาดต่างๆกัน มักมีสารสีเหลืองอยู่ภายใน ปลายเซลล์หนาและทึบ ไม่มี lumen รอบๆ เซลล์มักมีลิกนิน

องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ เซลลูโลส 80 % ไขมันและซีมีง 0.55% แป้ง 6.41% ของเหลว 2.82% ซีเดา 0.61 % น้ำ 9.60 %

เทียนฉ่า

เป็นพืชอยู่ในตระกูล STERCULIACEAE มีชื่อเรียกว่า Indian flax
 ในฟิลิปปินส์เรียกว่า anabo จีนโคมีเซียเรียก kawaro หรือ kaporan
 เส้นใยได้จากลำต้นโดยวิธีแยกเส้นใยเหมือนกับปอกระเวา ลำต้นสูงประมาณ
 3-5 ไร่ ลำต้นและใบมีขนปกคลุม ส่วนใหญ่ขึ้นตามธรรมชาติในเขตร้อนชื้นของทวีปเอเชีย
 และทวีปอเมริกา

เส้นใยมีสีขาวครีมจนถึงน้ำตาลปนทอง มีลักษณะเป็นมันวาว ความแข็งแรงใกล้เคียง
 กับปอแก้ว ส่วนใหญ่ใช้ทำเชือกและผ้า

กันสี

เป็นพืชในตระกูล MALVACEAE มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น Indian Mallow
 Tientsin "jute" , Ch'ing ma "jute" , Chinese "jute" เป็นพืชที่ขึ้นในเขตร้อน
 ชื้นและเขตอบอุ่น เส้นใยได้จากลำต้น มีสีขาว เป็นมัน แข็งแรงปานกลาง ใช้ทำ
 เชือก ผ้าเนื้อหยาบ กระดาษ มีหลายพันธุ์ เช่น *Abutilon indicum*
 (กันสีหรือมะก่องข้าว หรือ ตอมแตม) *Abutilon persicum* (ก่องข้าวคน หรือ
 กรอม) *Abutilon graveolens* (กรอมจักรวาล หรือสารข้าวเปลือก)
 เส้นใยอ่อนนุ่มคล้ายกับเส้นใยกัญชา ใช้ทำเชือก

ปอลมปม (*Thespesia macrophylla*)

ปอลมปมเป็นพืชในตระกูล MALVACEAE มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า
 Lampas ในไทยมีชื่อท้องถิ่นหลายชื่อ เช่น ปอเอี้ยว (เชียงใหม่) โพงป่า (ภาคกลาง)
 ลมปม (ชัยภูมิ) ขึ้นมากในเขตร้อนชื้นของทวีปเอเชีย อเมริกา และหมู่เกาะ
 West Indies ชาวพื้นเมืองใช้เส้นใยมาทำผ้าและเชือก
 เส้นใยอีกชนิดหนึ่งที่ได้จากพืชสกุลเดียวกันคือเส้นใยจาก *T. populonea soland*
 ซึ่งมีชื่อไทยว่า โพงทะเล หรือ ปอกระพัดไฟ หรือ ปอผักไซ หรือชาวมาเลย์เรียกว่า บากู
 หรืออื่นๆในภาษาอังกฤษได้แก่ Portia tree , Cork tree, Tulip tree
 เส้นใยที่ได้จากต้นชนิดนี้บางทีเรียกว่าปอลมปม

เส้นใยที่ได้จากใบ

เส้นใยของพืชหลายชนิดได้จากส่วนของใบของพืช เช่น ป่านมนิลาหรืออะบาคา (Manila hemp) ป่านศรนารายณ์ (sisal) ใยสับปะรด (Pineapple fiber) เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้มักได้มาจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledonous plant) เส้นใยมักอยู่รวมกันเป็นมัด ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหารและน้ำ การแยกเส้นใยใช้วิธีกล (mechanical means) ซึ่งแยกใยไม่สมบูรณ์เท่าเส้นใยที่ได้จากลำต้นของพืช

ป่านมนิลา (Manila hemp)

เป็นเส้นใยที่ได้จากใบของพืชชื่อ *Musa textilis* ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ต้นเมืองของฟิลิปปินส์ ชาวฟิลิปปินส์เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอะบาคา (abaca) ชื่อในทางการค้าเรียกว่า Cebu hemp

การแยกเส้นใยทำได้โดย ตักใบมาผานเป็นชิ้นเล็ก ตามความยาวของใบ แล้วขูดผิวใบออกในขณะที่ยังสดอยู่ ขูดจนกระทั่งผิวออกหมดจึงนำไปตากแดด แล้ววางแห้งทิ้งแล้ว จึงทุบเส้นใยให้แยกออกจากกัน และแยงเส้นใยออกเป็นสามชนิดคือ

1. Bandala เป็นเส้นใยที่หยาบและแข็งแรงที่สุด ใยได้จากส่วนนอกสุดของกลุ่มเส้นใย
2. Lupis ใยได้จากส่วนที่ถัดจากกลุ่มนอกของเส้นใย ลักษณะของเส้นใยหยาบและแข็งแรงน้อยกว่ากลุ่มแรก
3. Tupoz เป็นเส้นใยที่สวยที่สุดและอ่อนนุ่มที่สุด ใยได้จากส่วนในสุดของกลุ่มเส้นใย

ต้นอะบาคา มีความสูงระหว่าง 8 - 20 ฟุต ตามลำต้นประกอบด้วยใบยาวขึ้นซ้อนกันอยู่รอบๆ ความยาวของใบประมาณ 5-12 ฟุต

เส้นใยหยาบใช้สำหรับทำเชือก เส้นใยอ่อนๆใช้เป็นเส้นค้ายสำหรับทอผ้าเบาๆ ทำถุงจ่ายตลาด และอื่นๆ เส้นใยชั้นที่ใช้ทำเครื่องใช้ประจำวัน และกักเก็บหมวก เชือกที่ทำจากอะบากามีคุณภาพดีมาก เนื่องจากมีความแข็งแรงสูงมาก ทนต่อน้ำและ

น้ำทะเลโลก

เส้นใยของอะมากาชาวประมาณ 3 – 12 มม. กว้าง 16 – 30 ไมครอน
เส้นท่อนศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัณฑ์ดอกเส้น มีผนังเซลล์ค่อนข้างบางและสุกใส
โหนกและ ปลายแตกต่างกัน แต่ไม่มีเครื่องหมายโลกปรากฏที่ เส้นใย อันที่หน้าคือเป็นรูปวง
ข้างรูปไข่ **lumen** โหนกและมักมีสารสีเหลืองอำพัน

องค์ประกอบทางเคมี โคนัก , เซลลูโลส 64.79 % โป๊ยก๊วย 0.63%
ส่วนที่เหลือเป็นของเหลว 0.97% แป้งกินและอื่น ๆ 21.83 % น้ำ 11.85 % ซีลีคา 1.02%

ป่านศรนารายณ์ (sisal)

ป่านศรนารายณ์ หรือที่เรียกกันว่า "ไซกาล" มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า
Agave sisalana ชื่อสามัญ **sisal** เป็นไม้ที่อยู่ในตระกูล AGAVECEAE
จึงมีอยู่ประมาณ 300 ชนิด แต่ชนิดที่ปลูกเพื่อนำเส้นใยมาใช้ประโยชน์มีเพียง 3 ชนิด
ดังต่อไปนี้

1. ป่านศรนารายณ์ (*Agave sisalana*) โหนกเป็นสีเขียวเข้ม โคนก
โหนกมีหนามปานกลางถึงมีหนามมาก ลักษณะใบหนาและแข็ง มีใบดริ้วสี
เคลือบบางๆ พันธุ์นี้นิยมปลูกกันทั่วโลก
2. ป่านสี่ปรีก (*Agave fourcroydes*) ชื่อสามัญ เรียกว่า
Henequen ลักษณะใบใหญ่ หนาและอวบน้ำกว่าป่านศรนารายณ์ อยู่
ยาว หนาและแมลงไล่ดีกว่าป่านศรนารายณ์ แต่ให้เส้นใยน้อยกว่า
3. ป่านมาเกียว (*Maguey*) มีชื่อพฤกษศาสตร์ *Agave cantala*
โหนกเป็นสีเขียวอ่อน กอนข้างบาง มีหนามเป็นระยะ ใต้อกเส้นใยจะดีกว่า
ป่านชนิดอื่น แต่ความเหนียวและความแข็งแรงน้อยกว่า โหนกคล้ายกับ
ป่านศรนารายณ์ทนทานต่อสภาวะอากาศแห้งแล้ง การขนส่งแกล้งจัก สามารถ
เจริญเติบโตได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์น้อย แหล่งผลิตที่สำคัญซึ่งขยายในแถบประเทศ
ที่มีอากาศร้อนและแห้งแล้ง เช่น อเมริกากลาง อเมริกา และเอเชีย เนื่องจากป่าน
ศรนารายณ์เป็นพืชที่ให้เส้นใยแข็ง ส่วนใหญ่จึงใช้ประโยชน์ในการผลิตเชือกขนาดใหญ่

ทำลูกเบี้ยวโลหะ พดอาร์อง รมม รม และงานตัดกรรมต่างๆ

างประกอบทางเคมี โกลด์ 78 % อื่นๆ 8 % มีสิ่งและสารที่
สกล่าโลกด้วยกัวด่าละลายอินทรีย์ 2 % การไปโรเจอร์อื่นๆ เช่น เวม์เฮลลูโลส ปรดกัน
เส้นใย 10 % ซีโธ 1%

การแบ่งชนิดของ เส้นใยที่โกลดามาแล้ว เป็นการแบ่งตามคุณสมบัติและที่มาของ
เส้นใย อาจแบ่งเส้นใยได้อีกลักษณะหนึ่ง คือแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. เส้นใยที่ใช้สำหรับพดผ้า เป็นเส้นใยที่มีเนื้อละเอียดและกอนทางละเอียด
ที่สำคัญได้แก่ ผ้าฝ้าย ปอกระเจา ลินิน ป่านกัญชา ป่านรามี่ ขนสัตว์ชนิดต่างๆ
2. เส้นใยที่ใช้ทำเชือก เป็นเส้นใยที่แข็งแรงมาก เช่น ป่านมนิลา หรืออวกา
ป่านศรนารายต์ ฝ้าย ป่านกัญชา ลินิน ไยมะพร้าว ป่านรามี่ ปอกระเจา
เป็นต้น
3. เส้นใยที่ใช้ทำแปรงและเครื่องจักสาน ได้แก่ ขนและผมของสัตว์ต่างๆ เช่น
ม้า อูฐ ใช้ทำแปรงทาสี เส้นใยที่ได้จากป่านมักใช้ในการทำเครื่องจักสาน
แปรง เสื้อ พรม ไม้กวาด เช่น ปอกระเจา ไยมะพร้าว ไยลาน เป็นต้น
4. เส้นใยที่ใช้ยัดที่นอน หมอน เบาะ และใช้เป็นวัสดุสำหรับอุดรูรั่วในเรือ
พดน้ำ ลักษณะบรรจุของเหลว ที่สำคัญได้แก่ ขน ฝ้าย ปอกระเจา ป่าน
ศรนารายต์ ป่านกัญชา เป็นต้น

ตารางที่ 5 เปรียบความหนาแน่นของ เส้นใยชนิดต่างๆ

เส้นใย	ความหนาแน่น (โกยประมาณ)
ขนแกะ	1.16
ขนแกะ	1.30
ไหมเลี้ยง	1.33
ไหมป่า	1.32
ฝ้าย	1.54
ลินิน	1.50
ปานกัญชา	1.50
ปอกระเจา	1.50
ปานรามี่	1.55

ตารางที่ 6 แสดงคุณสมบัติของผาและเส้นด้ายในสภาวะต่างๆ

	เส้นใยพร		เส้นด้าย	เส้นใยสัตว์	
	ผาย	ด้าย		ไหม	ขนแกะ
เส้นด้าย	ไม่เรียบ	เรียบ	ด้าย	สั้น	ยาว
เส้นด้ายแห้ง	เปราะ	แข็งแรง		แข็งแรงมาก	อ่อนแอ
เส้นด้ายเปียก	แข็งแรงชน	แข็งแรง		แข็งแรงมาก	อ่อนแอ
เส้นด้ายขณะแห้ง	ไว	เส้นใยหมุนในทิศทาง S		หด	หด
ปฏิกิริยาต่อความร้อน	ไม่รับความร้อน	ความชื้นผันผวนได้		ดูดความร้อน	ดูดความร้อน
ปฏิกิริยาต่อแสงแดด	สี	สี		ไวมาก	ไว
ปฏิกิริยาต่อสีย้อม	สี	ไม่ (สีตกชะงัก)		สีสดจาง	สีจาง
ปฏิกิริยาต่อรังสีควัตถุ (pigment)	พอใช้ (ถ้าความร้อนสัมผัส พืชรไม่เปลี่ยนแปลง)	ดีมาก (โดยเฉพา อย่างยิ่งหากปั่นในทิศ ทาง S)		ไม่	เดา

การทอ

สันนิษฐานว่าการทอผ้ามีมาตั้งแต่ยุคหินใหม่ แต่ไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอนว่าเริ่มทำเนื้กขึ้นเมื่อใด อาจถือกำเนิดมาจากการจักสานกระบุงตะกร้าโดยไม้ไผ่หรือเครื่องทอผ้า หลักฐานที่เก่าแก่ที่สุดในยุโรปมีอายุประมาณ 2500 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งเป็นเศษผ้าที่พบจากแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศสวิสเซอร์แลนด์¹ ผ้าดังกล่าวทอแบบลายซัค และแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศสเปน (Spanish Cueva de las Murcielagos) ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกับแหล่งแรก พบร่องรอยของเส้นด้ายชนิดโครงกระดูก ทำด้วยกก (esparto) ซึ่งทำเป็นเส้นเชือกและสานในลักษณะเดียวกันกับเครื่องจักสาน

จากการขุดค้นในเคนมาร์ค โคพบเส้นด้ายอยู่ในสภาพสมบูรณ์ มีอายุประมาณอยู่ในยุคสำริด ซึ่งเริ่มต้นเมื่อประมาณ 1150 ปีก่อนคริสตกาล² เส้นด้ายทอจากขนแกะพันธุ์ Faero เป็นการทอแบบลายซัคหลาย ๆ ชนิดที่มีจำนวนเส้นด้าย 13 x 10 ถึง 7 x 6 เส้นต่อหนึ่งนิ้ว ด้ายยืนปั่นในทิศทางตัว S ส่วนด้ายพุ่งปั่นในทิศทางตัว Z

อียิปต์เป็นประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการคงสภาพของวัตถุประเภทต่าง ๆ ดังนั้นจึงพบหลักฐานมากมาย จากการขุดค้นที่ Fayum และ Badari ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นแหล่งที่มีอายุเกือบ 5000 ปีก่อนคริสตกาล โคพบตะกร้า เครื่องจักสานต่างๆ และผ้าลินินซึ่งทอแบบลายซัค ผ้าที่พบจาก Badari ซึ่งกำหนดอายุประมาณ 3000 ปีก่อนคริสตกาล เป็นผ้าลินินทั้งหมดและทออย่างละเอียดกว่าผ้าที่มีอายุมากกว่า เส้นผ้า 2-3 ชั้นที่พบจาก Gerzeh ได้รับการวิเคราะห์พบว่า เป็นป่านรามี่ (Boehmeria nivea) ซึ่งมีลักษณะละเอียดและทอคล้ายๆ ลูกไม้ จากหลักฐานที่พบสรุปได้ว่าผ้าที่ทอขึ้นใน สมัยราชวงศ์ที่ 1 ซึ่งเป็นสมัยประวัติศาสตร์ของอียิปต์

-
1. Vogt, E. , Geflechte and Gewebe der Steinzeit (Basel, 1973)
 2. Broholm, H.C. and M. Hald , Costumes of the Bronze Age in Denmark , (Copenhagen , 1940)

ในประเทศจีนได้พบเศษผ้าไหมที่ถักด้วยวัตถุสาริกซึ่งมีอายุประมาณ 1000 ปีก่อนคริสตกาล (Yin period) เศษผ้าดังกล่าวทอแบบลายสอง แสดงว่าในสมัยนั้น เทคนิคในการทอผ้าของชาวจีนได้พัฒนาไปไกลมาก แต่ก็ไม่มีหลักฐานว่าเริ่มต้นขึ้นเมื่อใด

การทอผ้าในสมัยโบราณเป็นการทอโดยใช้เครื่องทอทำด้วยไม้ และใช้มือสอดชั้ค้ายพุ่งไปในหมักายยืนแทนการยกกระรอก สันนิษฐานว่าการทอในยุคต้นๆ ใช้ค้ายยืนแนวขนยาวและใช้หน้าหนักถ่วงข้างล่าง เรียกเครื่องทอแบบนี้ว่า warp - weight loom

ในอียิปต์โบราณใช้ค้ายยืนซึ่งระหว่างราวสองราว เรียกว่า two-bar loom การทอโดยใช้เครื่องทอที่กระรอกเพียงเริ่มขึ้นเมื่อปีพ.ศ. 2276 โดยจอห์น เคย์ เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้น เครื่องทอนี้ทำให้สามารถทอผ้าได้เร็วกว่าเดิมถึง 4 เท่า

หลักในการทอ จะใช้ค้ายสองหมัดดังนี้

- 1. ค้ายยืน (warp)
- 2. ค้ายพุ่ง (weft)

ค้ายยืนจะผูกครีงอยู่บนที่ ค้ายพุ่งอยู่ในกระสวยและมีทิศทางขนานกับตัวผู้ทอ โดยจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาและจากขวามาซ้ายสลับกันไปเรื่อยๆ ขณะที่ค้ายพุ่งเคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านช่องว่างระหว่างค้ายยืนจะสอดชั้ค้ายพุ่งและข้างใต้ของค้ายยืนสลับกันทำให้เกิดเป็นผืนผ้า เส้นทางที่กระสวยซึ่งบรรจุค้ายพุ่งจะวนขึ้นอยู่กับการยกหรือกดค้ายยืนบางส่วนตามต้องการ หลังจากที่ค้ายพุ่งสอดชั้ค้ายพุ่งไปมาบนค้ายยืนแล้ว ไซ้ยืนหรือกระพบหรือค้ายพุ่งที่สอดเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นค้ายยืนให้เข้าไปอยู่ชิดกันแน่นเป็นผืนผ้า

การสอดค้ายยืนและค้ายพุ่งให้ชิดกันทำได้หลายแบบ หลักการสอดชั้ค้ายพุ่งเบื้องต้นแบ่งออกได้เป็นสามแบบ ดังนี้

- 1. การทอลายตึก (Plain weave หรือ tabby weave) เป็นการทอผ้าที่ง่ายที่สุด ทอโดยใช้เส้นค้ายพุ่งและเส้นค้ายยืนชั้ค้ายยืนลงเส้นค้อยเส้น เป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุด ผ้าที่ทอได้ค่อนข้างเหนียวคงทนมาก

2. การทอลายสอง (twill weave) เป็นการทอโดยให้เส้นค้ายพุ่ง อยู่ทางบนค้ายยืนที่โผล่ และข้างล่างค้ายยืนสองเส้นสลับกันไป ลักษณะเฉพาะของผ้าที่ ทอลายสองคือ แนวเส้นทแยงที่แบนราบตึงเ็นอมา ซึ่งเกิดจากการชักค้ายยืนและค้ายพุ่ง ให้รั้งร่ามกันและเหลื่อมกัน

3. การทอลายควน (Satin weave) เป็นการทอผ้าที่ให้เส้นค้ายพุ่ง และเส้นค้ายยืนชักกันน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตำแหน่งที่ชักกันจะกระจุกกระจายทั่วไป ดังนั้นผิวผาค้นหน้าจึงมีแต่เส้นค้ายพุ่งหรือเส้นค้ายยืนเส้นใดเส้นหนึ่งเป็นเส้นลอย การทอ ควนที่มีค้ายยืนเป็นเส้นลอยที่ผิว เรียกว่า " ควนค้ายยืน " (warp faced satin) ส่วนควนที่มีเส้นลอยเป็นค้ายพุ่ง เรียกว่า " ควนค้ายพุ่ง " (weft faced satin)

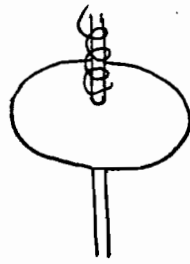
การทอควนกรบหนึ่งรอบ อาจประกอบด้วยค้ายยืนและค้ายพุ่งรวมกัน 5 เส้น หรือ 8 เส้น หรือ 12 เส้น หรืออื่นๆก็ได้ การทอแบบนี้นิยมเรียกชื่อตามจำนวนเส้นค้าย ที่ใช้ทอในหนึ่งรอบ

ผ้าทอควนเป็นผ้าที่มีเนื้อนุ่ม เป็นมัน ไม่ทนทานต่อการเสียดสี เพราะมีเส้นค้าย ชักกันน้อย ไม่มีแนวรอยที่แน่นอน

การทอผ้าอาจคิดแปลงใช้วิธีใดวิธีหนึ่งทีกลาวมาแล้วหรือรวมเอาวิธีทอทั้งสามวิธี นั้นเข้าด้วยกันเกิดเป็นลายผ้าชนิดใหม่ขึ้นอีกมากมาย การทอโดยใช้หลายวิธีรวมกันอาจ ต้องใช้เส้นค้ายยืนและค้ายพุ่งมากเป็นพิเศษ เช่นการทอยกดอก ต้องใช้ค้ายพุ่งจำนวนมาก

ในผ้ายืนเดียวกัน ค้ายยืนกับค้ายพุ่งอาจเป็นเส้นค้ายต่างชนิดกัน เช่น ค้ายยืน อาจเป็นลินิน ค้ายพุ่งเป็นไหม เป็นต้น การเลือกใช้ค้ายยืนมักใช้เส้นใยที่มีความแข็งแรง เพราะค้ายยืนเป็นส่วนที่ทำให้เนื้อผ้าแข็งแรง ส่วนค้ายพุ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความสวยงาม

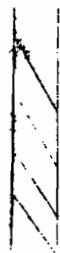
ก่อนที่จะนำเส้นใยมาทอเป็นผืนผ้า เส้นใยเหล่านั้นจะต้องผ่านกรรมวิธีที่เรียกว่า " การปั่น " (Spinning) ซึ่งหมายถึงการนำเส้นใยที่ยังยุ่งๆไม่มีระเบียบมาจัดเรียงให้อยู่ในตำแหน่งขนานกันแล้วบิดหมุนเป็นเกลียว ทั้งและบิดสลับกันเช่นนี้เรียกว่าทำให้ได้เส้นใยที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ในสมัยก่อนและอิรักยังคงใช้วิธีปั่นเส้นใยที่ทอกระด้าง มีจุดจับ อุปกรณ์ที่ใช้เรียกว่า spinning stone ซึ่งมีลักษณะ



การบิดหมุนทำให้เส้นใยถูกกดบีบเข้าหากันและเชื่อมต่อกันโดยอาศัยความขรุขระที่ผิวของเส้นใย เส้นใยที่ผ่านการบิดหมุนเช่นนี้จะแข็งแรงและบิดหมุนได้เพิ่มขึ้น

การบิดหมุนกระทำได้ในสองทิศทางคือ ในทิศทางของตัวเอส (S twist) และทิศทางของตัว Z (Z twist)

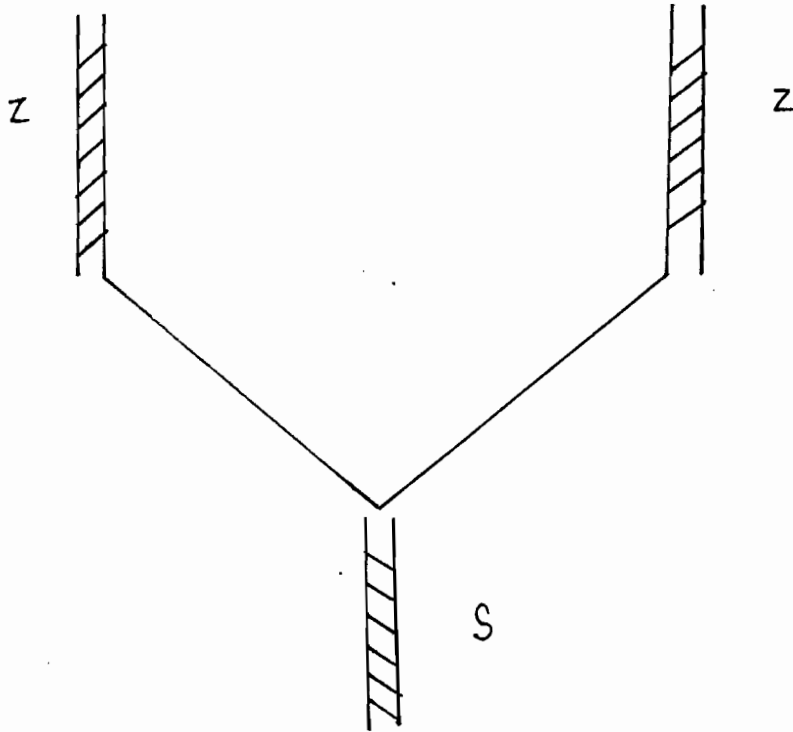
การบิดหมุนในทิศทางของตัวเอส S มีลักษณะดังนี้คือ เมื่อถือในลักษณะตั้งตรง (ในแนวตั้ง) จะเห็นเกลียวเป็นรูปตัวเอส ดังในรูป



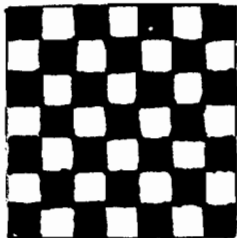
ส่วนการบิดหมุนในทิศทางของตัว Z เมื่อถือในลักษณะตั้งตรง จะเห็นเกลียวเป็นรูปตัว Z ดังในรูป



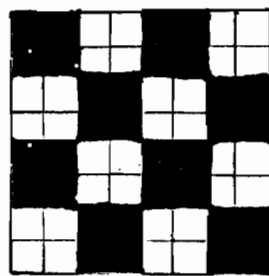
ในบางกรณีเส้นภายในพื้นและผนังแล้วยังไม่แข็งแรงพอแก่ความตองการ ก่อนนำมาทอจึงมักควมเส้นภายใน 2 หรือ 3 เส้นเข้าด้วยกัน เกลียวของเส้นภายในควมจะตองตรงกันขามกับเกลียวของเส้นภายในเกี่ยวแต่ละเส้น ตัวอย่าง เช่น



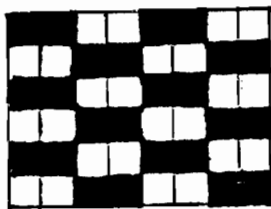
การทอตาข่าย (Plain weave or Tabby weave)



Plain weave or tabby

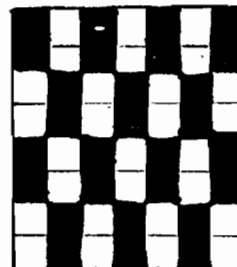


Panama weave



Rib weave (popelin)

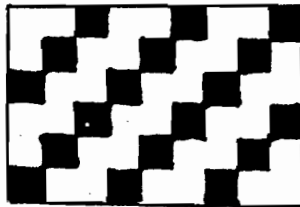
warp rib



weft rib

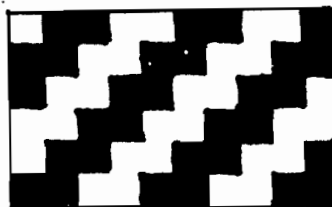
- กายพุ่ง
- กายสี (ส่วนที่อยู่เหนือกายพุ่ง)

การทอลายสอง (Twill weave)



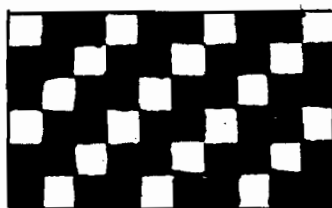
Weft twill

formula : 1/2



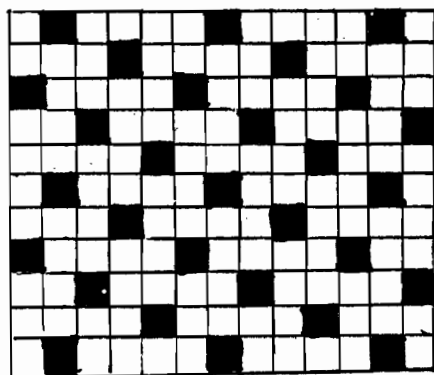
Reinforced twill

formula : 2/2

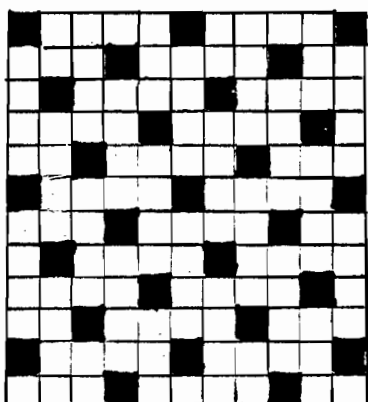


Warp twill

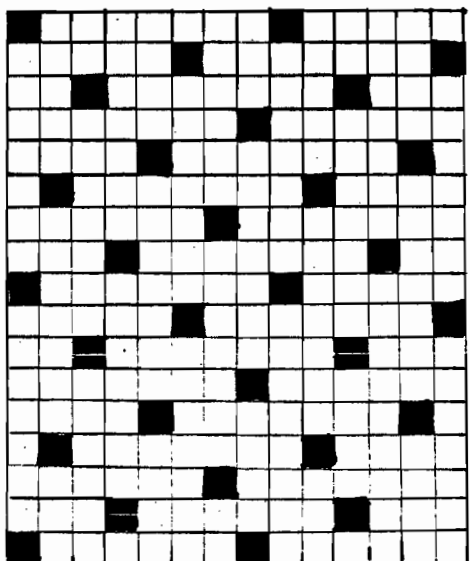
การทอลายทวน (Satin weave)



Weft faced satin

formula : $1/4$, step 2

Weft faced satin

formula : $1/4$, step 3

Weft faced satin

formula : $1/7$, step 3

วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์เส้นใยชนิดต่างๆมีหลายวิธีตามความถึกของแต่ละสถาบัน โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็นสามวิธีใหญ่ๆดังนี้

1. การทดสอบเบื้องต้น
2. การทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์
3. วิธีจุลเคมี

การทดสอบเบื้องต้น ได้แก่การทดสอบโดยสังเกตลักษณะทางกายภาพของเส้นใย เช่น สี ความแข็งแรง ความละเอียดอ่อน ความหยวนกระด้าง น้ำหนัก ขนาด ความสามารถในการละลาย สิ่งที่เกิดเมื่อเผาไหม้ เช่นกลิ่น ควัน สีที่เปลี่ยนไป และลักษณะของเถ้าถ่าน เป็นต้น เส้นใยที่เผาไหม้อย่างช้าๆ มีกลิ่นเหมือนกลิ่นไหม้ เถ้าถ่านมีลักษณะเฝื่อน มักเป็นพวกนม ขนสัตว์ และเส้นใยที่ทำจากโปรตีน เส้นใยซึ่งเผาไหม้อย่างรวดเร็ว เหลือเถ้าถ่านเพียงเล็กน้อยและมีกลิ่นคล้ายกระดาษไหม้ ได้แก่เส้นใยพืชทั้งหลาย

การทดสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ กระทำได้หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายต่ำ ประมาณ $\times 100$ วิธีนี้มักใช้ในงานที่ต้องการความรวดเร็ว และเป็นงานประจำซึ่งไม่ต้องการผลที่ละเอียดมากนัก

ข. การตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูง เพื่อตรวจสอบลักษณะของเส้นใยตามความยาว ส่วนมากใช้กำลังขยาย $\times 250$ หรือ $\times 500$ ก่อนการตรวจสอบจะต้องเตรียมเส้นใยโดย mount ในสารเคมีที่มีค่าการหักเห (Refractive index) ที่เหมาะสม หรือใช้สีย้อมเส้นใย ในกรณีที่เส้นใยมีสีเข้มอาจต้องใช้สารเคมีออกจางสี หากต้องการตรวจสอบลักษณะภายในของเส้นใยจะต้องเลือกใช้ medium (สารเคมีที่ใช้ mount เส้นใย) ที่มีค่าการหักเหใกล้เคียงกับค่าการหักเหของเส้นใยที่ต้องการทดสอบ สำหรับการตรวจสอบลักษณะภายนอกของเส้นใย ควรเลือกใช้ medium ที่มีค่าการหักเหแตกต่างจาการหักเหของเส้นใย โดยมากมักเลือกใช้ medium ที่มีค่าการหักเหสูงกว่าเส้นใย

ค. การตรวจสอบผิวของเส้นใยตามความยาว วิธีนี้ต้องเตรียมตัวอย่างโดยกดเส้นใยหรือหลอแอมเส้นใยโดยใช้ medium ที่แห้งเร็ว หรือ mount เพียงครึ่งเดียวใน medium ที่มีค่าการชนหักเหใกล้เคียงกัน

ง. การตรวจสอบภาคตัดขวางของเส้นใย เหมาะสำหรับศึกษาการแทรกซึมของสีย้อม ความสม่ำเสมอของเส้นใย และลักษณะเฉพาะของเส้นใยแต่ละชนิด วิธีการเตรียมตัวอย่างค่อนข้างยุ่งยากและเสียเวลา แต่ให้ประโยชน์อย่างมากในการศึกษาวิจัย

จ. การตรวจสอบรายละเอียดของโครงสร้างภายในและภายนอกของเส้นใย โดยเลือกใช้แสงในลักษณะต่างๆกัน เช่น transmitted light, refracted light, dark ground illumination, polarized light และรังสีอุลตรา-ไวโอเล็ต

การทดสอบด้วยวิธีเคมีเป็นวิธีที่ชักนำเข้าไปในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สารเคมีที่ใช้แบ่งออกได้เป็นสามประเภท ดังต่อไปนี้

1. สารเคมีที่ใช้ทำให้เส้นใยอ่อนนุ่ม และซจคสังแปลกลบอมปนเปื้อนในเส้นใย ตัวอย่างของสารเคมีกลุ่มนี้ได้แก่ อัลคอรอล แอมโมเนีย กรดเกลือ กรดโครมิก (chromic acid) กรดพิคริก (picric acid) คลอโรลไฮเดรต (chloral hydrate) เป็นต้น
2. สารเคมีที่ใช้ละลายเส้นใย ได้แก่ กรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) กรดเกลือเข้มข้น โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% (ร้อน) กรดกำมะถัน (sulphuric acid) เป็นต้น
3. สารเคมีที่ขย้อมสีหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ให้สี ได้แก่ Methylene blue, Millon's reagent, ไอโอดีนกับกรดกำมะถัน, Zinc-chloride - iodine และสีย้อมที่ขย้อมเส้นใยต่างๆ

ตารางที่ 7 ครรชนีหักเหของ medium และเส้นใยชนิดต่างๆ

	ครรชนีหักเห	เส้นใย	ครรชนีหักเหเฉลี่ย
น้ำ	1.33	Acetate	1.477
Ethyl ether	1.35	ปานศรนารายด	1.532
Ethyl alcohol	1.36	Viscose rayon	1.536
Decan	1.41	Wool ,chlorinated	1.549
Chloroform	1.44	Wool	1.550
Mineral oil	1.46	Cotton	1.557
Carbon tetrachloride		Hemp	1.559
Glycerine	1.47	Flax	1.562
Olive oil		Cultivated silk	1.567
Xylol	1.50	Nylon	1.545
Cedar wood oil	1.51	Vinyon	1.54
Canada balsam	1.54	Casein fibers	1.54
Clove oil	1.54	Glass fibers	2.545
Aniline M	1.60		

ผลวิจัย

จากการวิเคราะห์เส้นใยที่ได้จากแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย

จำนวน 13 ตัวอย่าง ดังรายละเอียด

ตัวอย่างที่ 1 เป็นเส้นใยที่พบในดินในหลุมขุดค้นหน้าบ้านคุณนายบัคสี บ้านเชียง อำเภอหนองหาร จังหวัดอุดรธานี ขุดค้นเมื่อพ.ศ. 2516 พบใยข้างโครงกระดูกซึ่งนอนหงายอยู่ลึกประมาณ 1 เมตร โครงกระดูกดังกล่าวไม่มีกระดูกสันหลังบนหน้าขาทั้งสองข้างมีเครื่องปั้นดินเผาอยู่ทั่วไป เส้นใยที่พบปนอยู่กับทรายใต้เศษเครื่องปั้นดินเผา เส้นใยดังกล่าวมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาวโปร่งใส จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีพบว่า เป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ เมื่อศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงพบว่า เป็นไหม

ตัวอย่างที่ 2 - 6 เป็นเส้นใยที่ได้จากกำไลสำริด บ้านเชียง ซึ่งได้จากการลักลอบขุด จึงไม่ทราบชั้นดินและตำแหน่งที่แน่นอน ลักษณะที่พบเป็นเศษผ้าติดอยู่บนกำไลสำริด ทุกตัวอย่างทอแบบลายขัด เนื้อผ้าหนาและค่อนข้างหยาบ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคมีพบว่า เป็นเส้นใยพืช ซึ่งได้จากส่วนลำต้นของพืช (bast fiber) เมื่อศึกษาด้วยวิธีอื่นๆ คาดว่าน่าจะเป็นป่านกัญชา (*Carabis sativa*) หรือ hemp)

ตัวอย่างที่ 7 เป็นเส้นใยที่พบบนกำไลสำริดที่ได้จากบ้านผักกอก อำเภอหนองหาร จังหวัดอุดรธานี ไม่ทราบชั้นดินและตำแหน่งที่แน่นอน มีลักษณะเป็นเศษผ้าติดอยู่บนกำไลสำริด ทอแบบลายขัดหยาบ เนื้อผ้าค่อนข้างหนา จากการวิเคราะห์พบว่า เป็น bast fiber เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 2-6

ตัวอย่างที่ 8 เป็นเส้นใยที่ได้จากกำไลสำริดจากบ้านคอนตาล จังหวัดนครพนม ไม่ทราบชั้นดินและตำแหน่งที่แน่นอน มีลักษณะเป็นเศษผ้าติดอยู่บนกำไล ทอแบบลายขัด จากการวิเคราะห์พบว่า เป็น bast fiber เช่นเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 9 เป็นเส้นใยที่ได้จากก่าไลสาริดจากบ้านเชียง ซึ่งชุกค้น
 โดยกรมศิลปากร ปัจจุบันจัดแสดงอยู่ในพิพิธภัณฑสถาน
 แห่งชาติ พระนคร มีลักษณะเป็นเส้นใยค้ำคยูนนก่าไลสาริด
 ทอแบบลายซัด เนื้อย้าคองข้างหยาบ จากการวิเคราะห์
 พบว่าเป็น bast fiber มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวอย่างที่
 2 - 8

ตัวอย่างที่ 10 เป็นเส้นใยที่ได้จากการชุกค้นที่บ้านคอนคาเพชร อำเภอ
 พนมทวน จังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อปี 2517 -2518
 มีลักษณะเป็นเส้นย้าคยูนนก่าไลสาริด ทอแบบลายซัดหยาบๆ
 จากการวิเคราะห์ พบว่าเป็น bast fiber เช่นเดียว
 กัน

ตัวอย่างที่ 11 เป็นเส้นใยที่พบในดิน จากการชุกค้นที่บ้านคอนคาเพชร
 โดยการร่วมมือระหว่างคณะเจ้าหน้าที่และนักศึกษามาจาก
 มหาวิทยาลัยลอบคอน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2522
 ถึงมกราคม 2523 มีลักษณะเป็นเส้นย้าคยูนนก่าไลสาริด
 ลักษณะการทอไม่แน่ชัด คาดอาจเป็นลายซัด ผลการ
 วิเคราะห์ พบว่าเป็น bast fiber

(หมายเหตุ - อีกตัวอย่างหนึ่งที่พบใกล้เคียงคือ ค้ำคยูนนกรูปลอยตัวโกสาริด แต่
 ตัวอย่างมีปริมาณน้อยเกินไป และเส้นใยเสื่อมสภาพมากจนไม่อาจวิเคราะห์ได้)

ตัวอย่างที่ 12 เป็นเส้นใยที่ได้จากกลองมโหรีทีก ที่ได้จากกรมศิลปากร
 พื้นที่ที่ชื่อเจ้านคร อำเภอยะโยค จังหวัดกาญจนบุรี
 มีลักษณะเป็นเส้นย้าคยูนนก่าไลสาริดในของกลองมโหรีทีก ทอแบบ
 ลายซัด เส้นใยมีสีส้มของทองแดงแทรกอยู่ทั่วไป ผลการ
 วิเคราะห์ พบว่าเป็นไหม

ตัวอย่างที่ 13 เป็นเส้นใยที่ไ้จากชวานสำริด ซึ่งชาวบ้านอุทพบที่กิ่งอำเภอ
ท่าหลวง จังหวัดลพบุรี และไ้มอบให้หน่วยศิลปากรที่ 1
จังหวัดลพบุรี มีลักษณะเป็นเส้นมำคิออยู่บนชวานสำริด
สองแหว่ง ทอแบบลายซีก เนื้อมำคิอค่อนข้างหยาบและหนา
เส้นใยมีกินและเกล็ดแระแทรกอยู่ทั่วไป ผลการวิเคราะห์
พบว่า เป็น bast fiber

วอยางท์	แหล่งพบ	ลักษณะพบ	ผลวิเคราะห์	การทอ	ภาพ	หมายเหตุ
1.	บ้านเชียง	ในดินใกล้โครงกระดูก	ใหม่	-	19	ตัวอย่างได้จากพิพิธภัณฑ์สถานภาควิ ภาคอุดรธานี
2.	บ้านเชียง	บนภา้วสำริด	bast fiber	ลายซัค	23	ตัวอย่างได้จากวังสวนผักกาด
3.	บ้านเชียง	"	bast fiber	"	26	"
4.	บ้านเชียง	"	bast fiber	"	24	"
5.	"	"	bast fiber	"	-	"
6.	"	"	bast fiber	"	-	"
7.	บ้านเม็กคบ	"	bast fiber	"	-	"
8.	บ้านคอนทวด	"	bast fiber	"	-	"
9.	บ้านเชียง	"	bast fiber	"	-	"
10.	บ้านคอนตาเพชร	"	bast fiber	"	27	ตัวอย่างได้จากพิพิธภัณฑ์สถานแห่ง ชาติ พระนคร
11.	บ้านคอนตาเพชร	ในดิน	bast fiber	-	25, 26	"
12.	เขื่อนเจ้าแม่	ในคลองมโหรีทัก	ใหม่	ลายซัค	28	"
13.	กิ่งอำเภอนาทอง	บนขวานสำริด	bast fiber	"	-	ตัวอย่างได้จากหน่วยศิลปากรที่ จังหวัดชลบุรี

สรุปและวิจารณ์

การวิเคราะห์เส้นใยที่ได้จากแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์มีปัญหาและอุปสรรคหลายประการ ที่สำคัญที่สุดคือ ปัญหาเกี่ยวกับขนาดและปริมาณของตัวอย่าง ซึ่งมีขนาดและปริมาณจำกัดมาก บางตัวอย่างมีเส้นใยเพียง 2 - 3 เส้น เนื่องจากเศษผ้าหรือเส้นใยที่พบมีขนาดเล็กมาก จำเป็นจะต้องเก็บรักษาเอาไว้เป็นหลักฐานให้อนุชนรุ่นหลังได้ศึกษาค้นคว้า ทำให้การวิเคราะห์กระทำได้ไม่เต็มที่ ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ เส้นใยเหล่านี้ล้วนมีดิน เกือบแรม สนิมของโลหะ แทรกซึมอยู่ทั่วไป ทำให้การศึกษาปฏิกิริยาเคมีและการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเส้นใยเป็นไปอย่างยากลำบาก

ผลการวิเคราะห์เส้นใยจำนวน 13 ตัวอย่าง ปรากฏว่าตัวอย่างที่ 1 (จากบ้านเชียง) และตัวอย่างที่ 12 (จากเขื่อนเจ้าพระ) เป็นไหมแน่นอน ส่วนตัวอย่างที่เหลือ มีปัญหาบ้างเล็กน้อย เนื่องจากพบว่า เป็น bast fiber ซึ่งในกลุ่มนี้มีเส้นใยหลายชนิดที่มีคุณสมบัติและโครงสร้างคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ลินิน ป่านรามี่ และป่านกัญชา การที่จะบ่งบอกได้อย่างแน่นอนว่าเป็นเส้นใยชนิดใดนั้น จำเป็นจะต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงมาก คือ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscope) ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียด แสดงภาพขั้นต้นของตัวอย่างได้ถึง 500,000 เท่าหรือมากกว่า ภาพที่รับได้โดยตรงนี้สามารถนำไปอัดขยายโดยวิธีการถ่ายภาพได้อีกถึง 10 เท่า ดังนั้นกำลังขยายของภาพในขั้นตอนสุดท้ายนี้อาจเป็นล้านเท่าโดยไม่สูญเสียรายละเอียดของภาพ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ยังไม่ได้ทำการศึกษา เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ แต่จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเส้นใยและปฏิกิริยาเคมี โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 1000 เท่า และศึกษาแหล่งเพาะปลูกตลอดจนประวัติการกลีกรรรมในภูมิภาคต่างๆทั่วโลก พอจะสรุปได้ว่า เส้นใยที่พบในประเทศไทยน่าจะเป็น ป่านกัญชา (*Canabis sativa* หรือ hemp) โดยมีเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ลักษณะโครงสร้างและปฏิกิริยาเคมีของเส้นใยที่ทำการวิจัยคล้ายคลึงกับลักษณะโครงสร้างและปฏิกิริยาเคมีของป่านกัญชามากกว่าลินินและรามี่

2. จากการศึกษาแหล่งเพาะปลูกตลอดจนประวัติการปลูกฝิ่นในประเทศไทย ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเส้นใยหลายท่านยืนยันว่าในประเทศไทยไม่เคยมีการเพาะปลูกต้นลินินเลย ต้นลินินเจริญเติบโตได้ดีในที่มีอากาศอบอุ่นเช่น ยุโรป และตะวันออกกลาง มีผู้สันนิษฐานว่าคนกำเริบของต้นลินินอยู่แถบเทือกเขาคอเคซัส ส่วนรามีนั้นเคยมีเพาะปลูกบ้างในประเทศไทย แต่ที่พบประวัติมีการปลูกที่จังหวัดลพบุรี แต่ปัจจุบันนี้ไม่เป็นที่นิยมปลูก ประเทศที่ปลูกรามีนี้อีกคือ จีน ญี่ปุ่น และมีบ้างในคอนติเนนตของสหรัฐอเมริกา ส่วนกัญชานั้นพบได้ทั่วไปในประเทศไทย ชาวพื้นเมืองบางพวกยังคงใช้เสื่อผ้า เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากเส้นใยกัญชา

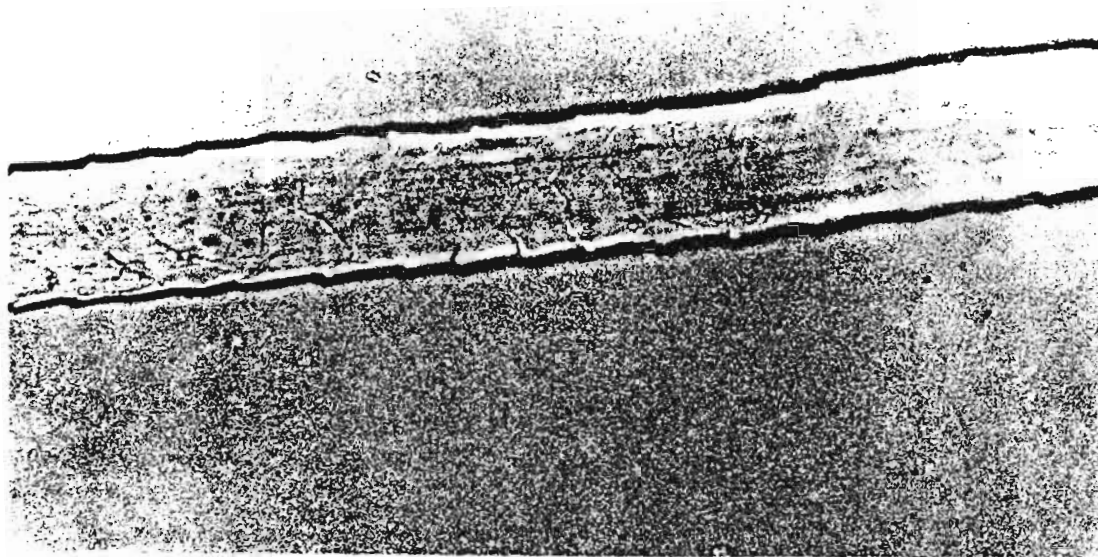
3. ผลการวิเคราะห์เส้นใยที่พบจากการชูดค้นที่ศูนย์การทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี และที่อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งวิเคราะห์โดยศจ. ดร. กสิน สุวตะพันธ์ แห่งภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าเป็นป่าน (hemp) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญน่าจะหมายถึงป่านกัญชา ซึ่งมักเรียกชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า hemp แต่ไม่มีโอกาสได้สอบถาม เนื่องจากศจ. ดร. กสิน สุวตะพันธ์ได้ถึงแก่กรรมหลายปีมาแล้ว และเส้นใยที่ได้จากการชูดค้นก็ไม่ทราบว่ายังคงหลงเหลืออยู่หรือสูญหายไป เพราะคนไม่พบหลักฐาน

สรุปได้ว่า ฝิ่นสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย เท่าที่พบหลักฐานที่ยังคงหลงเหลืออยู่ แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆสองประเภท คือ ฝิ่นไหม และฝิ่นที่ทำจากเส้นใยที่ได้จากลำต้นของพืช (bast fiber) ซึ่งจากการวิเคราะห์วิจัยในขั้นนี้คาดว่าน่าจะเป็นป่านกัญชา (Cannabis sativa) อย่างไรก็ตามผู้เชี่ยวชาญจะไม่ยุติการวิจัยเรื่องนี้เสียทีเดียว หากมีเวลาและโอกาส จะได้ทำการวิเคราะห์ต่อไปด้วยอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ และจะเผยแพร่ผลการวิจัยให้ทราบทั่วกัน

เอกสารอ้างอิง

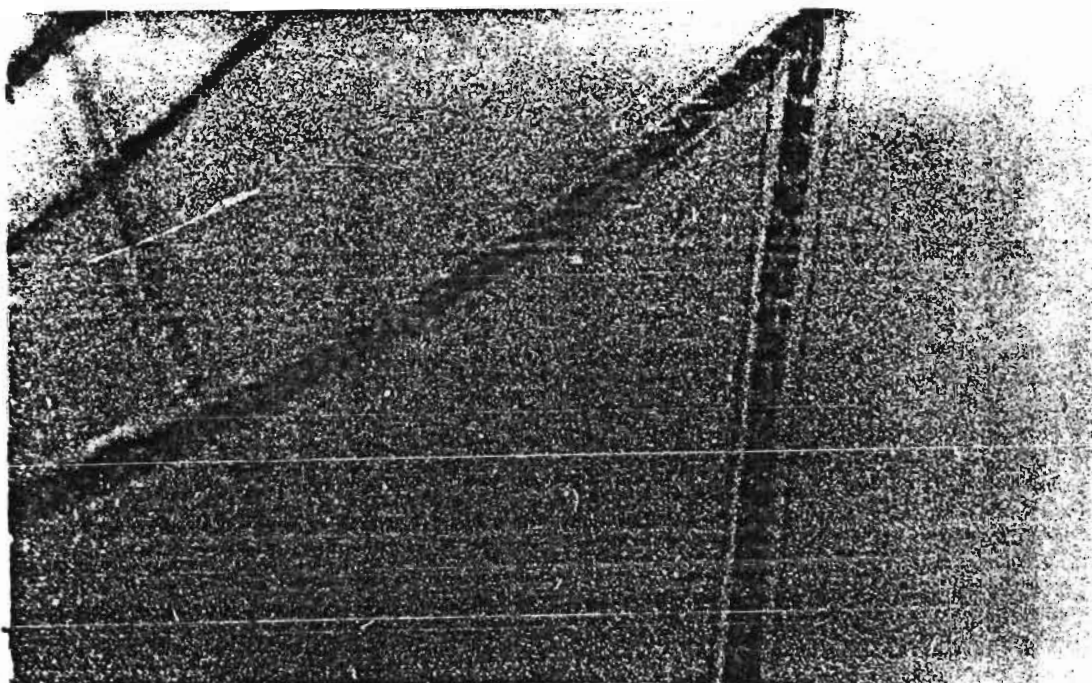
1. กรมศิลปากร . 2521 . โบราณคดีบ้านเชียง .
2. ชิน อยุดี . 2510 . สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย : กรมศิลปากร .
3. ชิน อยุดี . 2512 . คนก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย , กรมศิลปากร .
4. เต็ม สมิตินันท์ . 2523 . ชื่อพรรณไม้ในประเทศไทย .กรุงเทพฯ : บริษัท
สำนักพิมพ์บลิสซิ่ง .
5. อัจฉราพร ไสละสุต , ชีเงรุ วาทานาเบ . 2520 . วิศวกรรมสิ่งทอ ญี่ปุ่น :
สมาคมส่งเสริมความรู้ทางเทคนิคระหว่างประเทศ .
6. งานปอและเส้นใยพืช กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม . 2522 .
พืชเส้นใย . กรุงเทพฯ . (โรเนียว)
7. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . 2523 . เอกสาร
วิชาการ ปอ . กรุงเทพฯ . (โรเนียว)
8. กรมป่าไม้ . 2491 . ไม้และของป่าบางชนิดในประเทศไทย (ฉบับแก้ไขปรับ
ปรุงใหม่) กรุงเทพฯ . (โรเนียว)
9. แผนกประมวลสถิติและชีวประวัติ สำนักงานเลขานุการ กรมกสิกรรม . 2510 .
สถิติการปลูกพืชไร่และพืชผักประจำปี 2510 รายจังหวัด . กรุงเทพฯ .
10. สนิท วารมย์ดี . 2521 . คู่มือการฝึกอบรมทอผ้าด้วยมือ (เล่มที่ 1) . กอง
อุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม . กรุงเทพฯ .
11. กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม . เอกสารอุตสาหกรรมไหม .
(โรเนียว)
12. J.E. Leene . 1972 . Textile Conservation , London :
Butterworths.
13. Debbie Weston . 1980 . Textile Cleaning , Journal of the
Institute for the Conservation of Cultural Materials . vol. 6
NO. 1 : Australia .

15. Evelyn E. Stout . 1970 . Introduction to Textiles, New York :
John Wiley and Sons, Inc.
16. Herbert R. Mauersberger . Mathew's Textile Fibers , New York :
John Wiley and Sons , Inc.
17. The Textile Institute , 1975 , Identification of Textile
Materials, Manchester.
18. R.J.Forbes . 1964. Studies in Ancient Technology, Tuta Sub
Aegide Pallas Leiden , E.J.Brill.
19. Anonymous . 1969. Encyclopedia International , vol. 1, 4 , 8,
Grolia Incorporated , New York .
20. Walter C.Mc.Crone, Ronald G. Draftz, John Gustav Delly .
The Particle Atlast, Chicago : Walton C.Mc.Crone Associates,
Inc.
21. Louisa Bellinger . 1958 . The Bible as a Source Book for the
Study of Textiles, Textile Museum - workshop notes, paper No. 1,
Washington D.C.
22. Thomas Collings & Derek Milner. 1977 . The Identification of
Non- wood Paper: -making Fibers, Journal of the Institute of
Paper Conservation . vol. 4 .
23. Louisa Bellinger .1963. Natural Textile Fibers and Their Uses.
Report of Joint Meeting for the ICOM C ommittee for Scientific
Museum Laboratories and the ICOM Sub-C ommittee for the Care
of Paintings; Leningrad & Moscow , 16-23 Sep. 1963.



รูปที่ 1 ชั้นเกาะ ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400

รูปที่ 2 ชั้นทราย

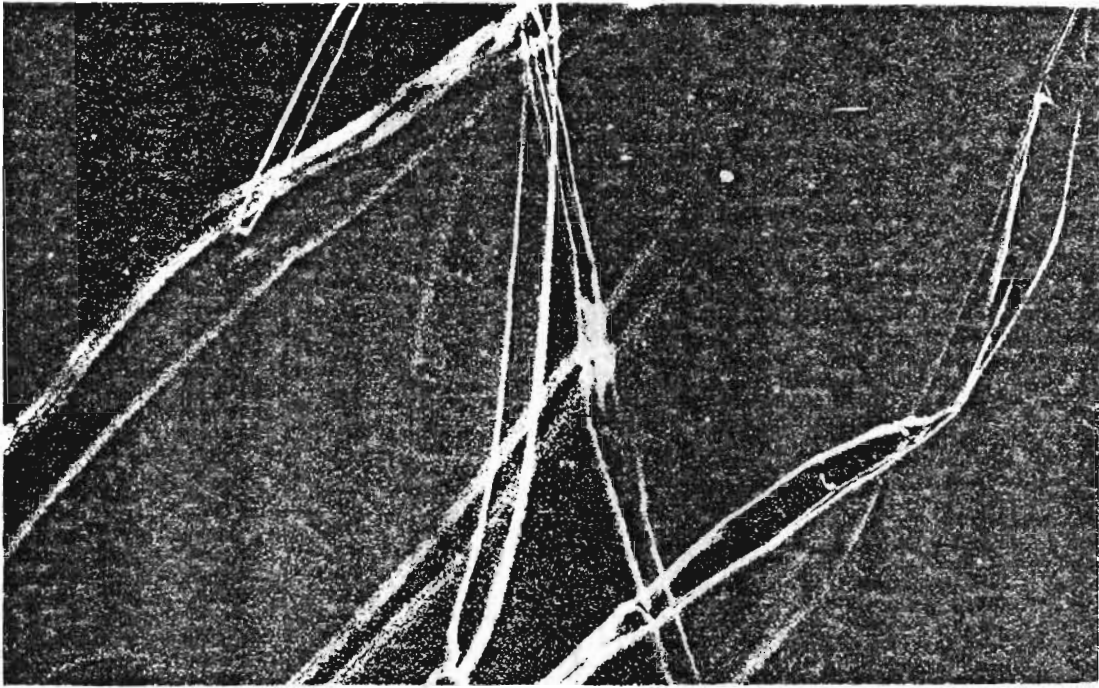




รูปที่ 3 ใบโพ ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400

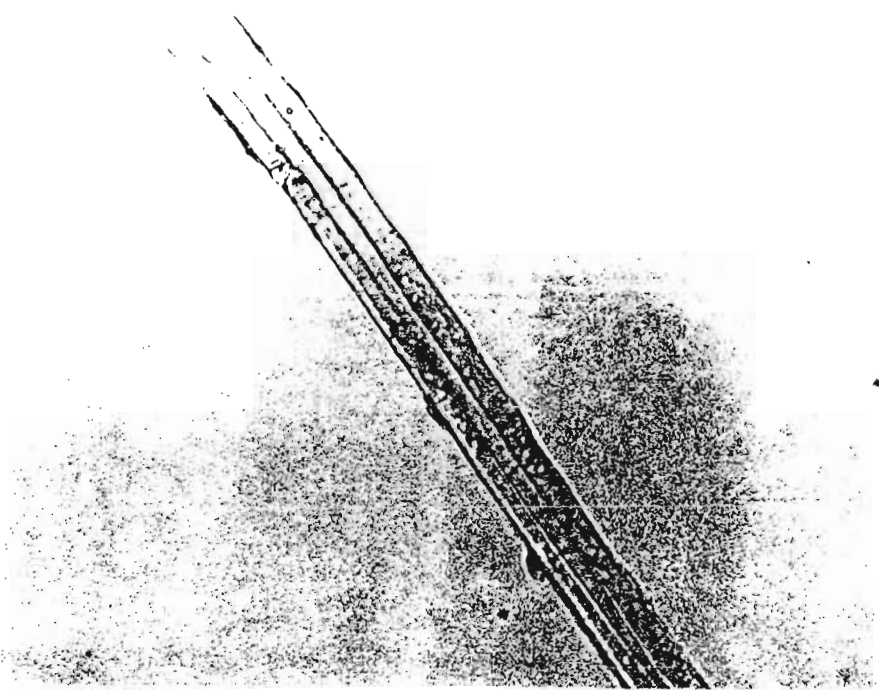
รูปที่ 4 ฝ้าย ถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400





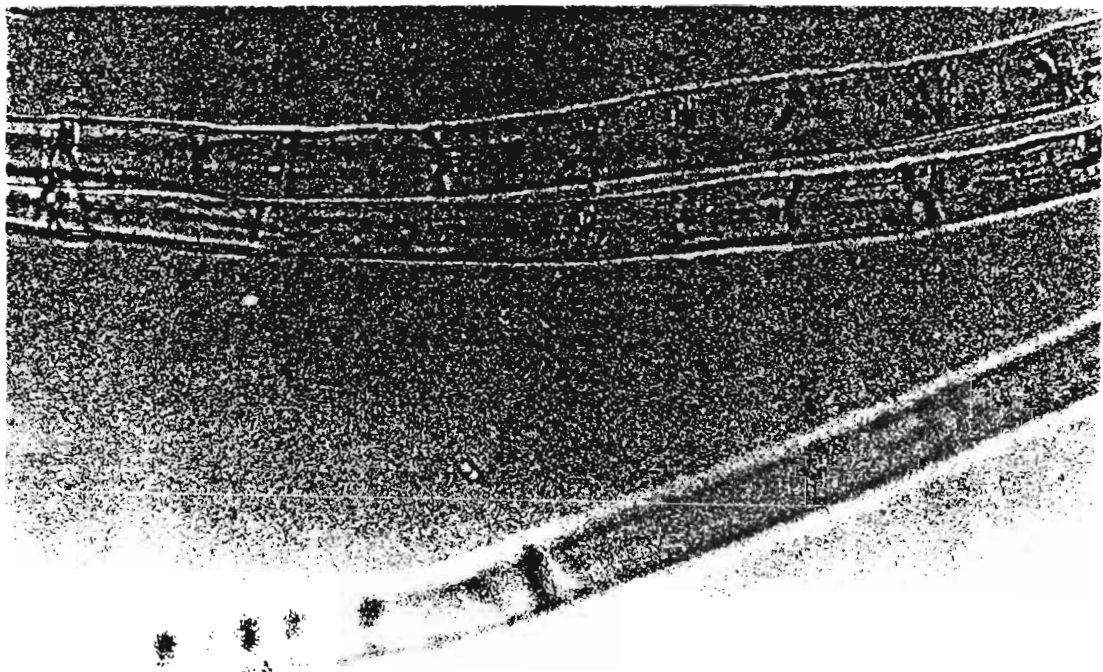
รูปที่ ๕ มุมกล้องจุลทรรศน์ของเส้นใยจากพืชชนิดหนึ่ง

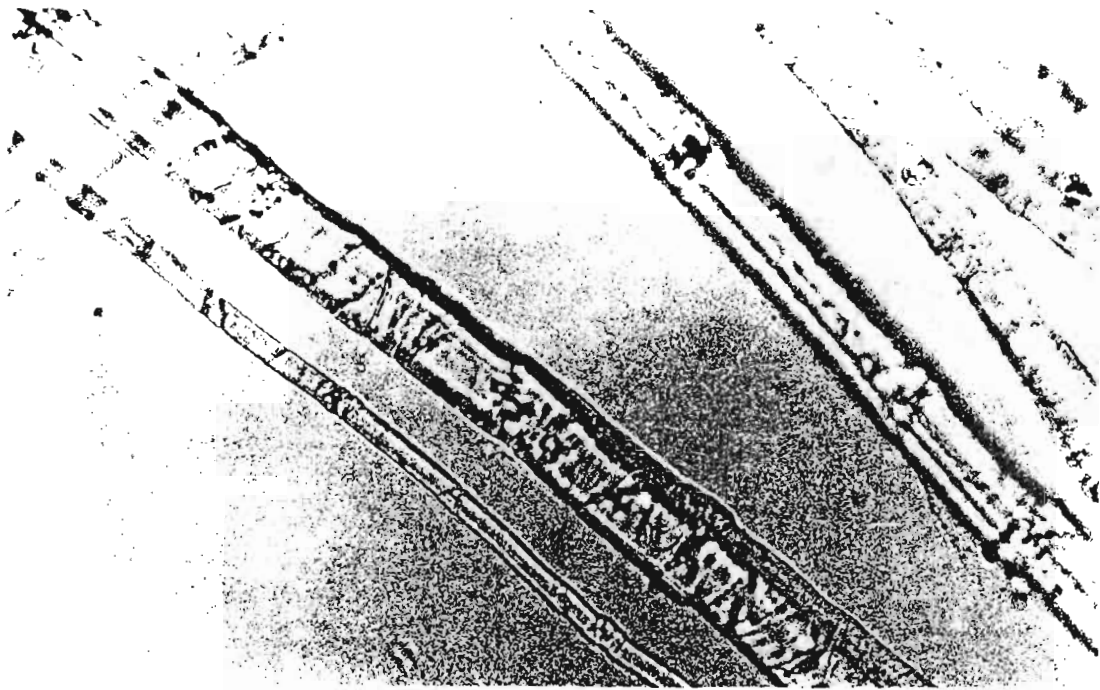
รูปที่ ๖ ปลายกระบอกน้ำที่เชื่อมต่อกับท่อของพืชชนิดหนึ่ง



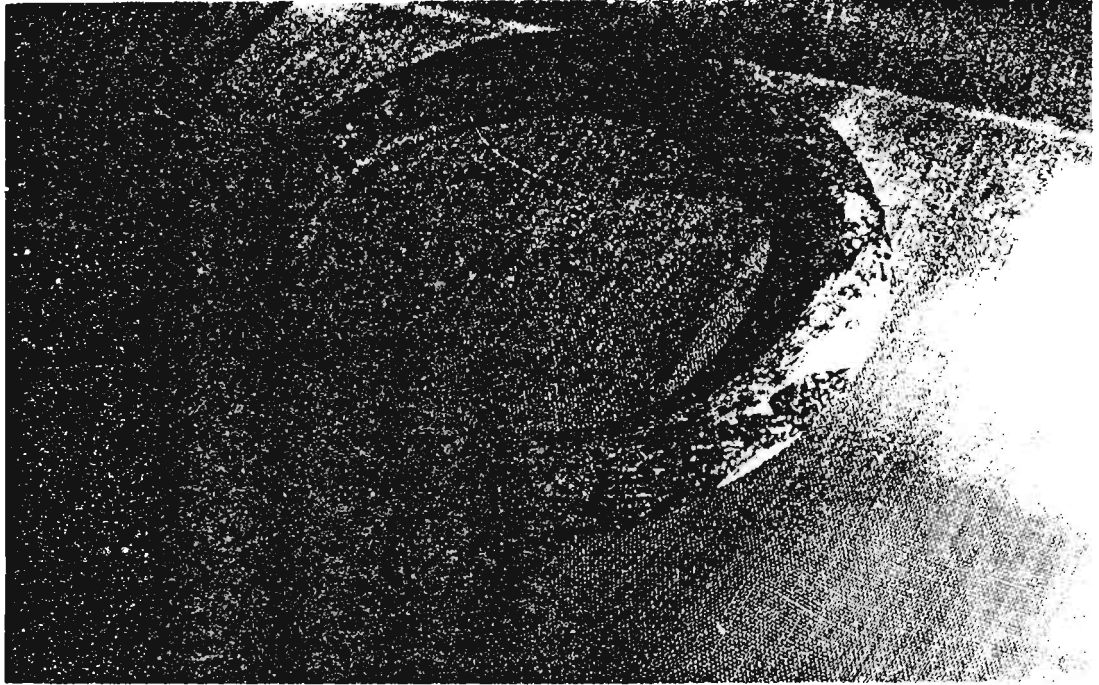


รูปที่ 7 ปกแก้ว ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400
 รูปที่ 8 ลิ้นิน ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400.

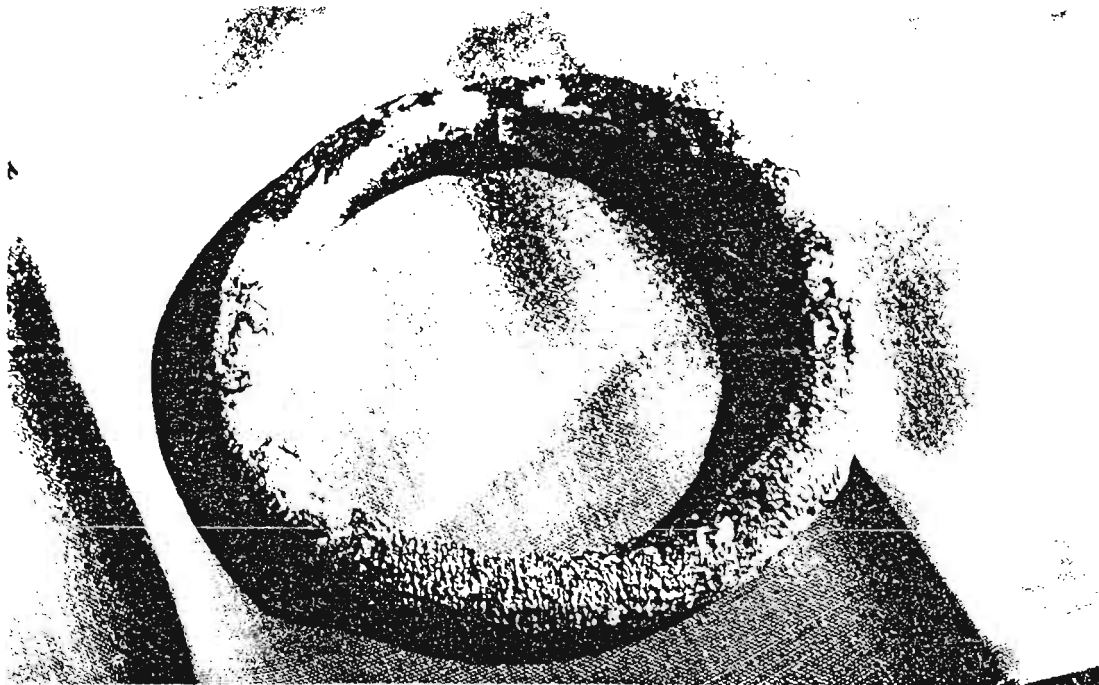


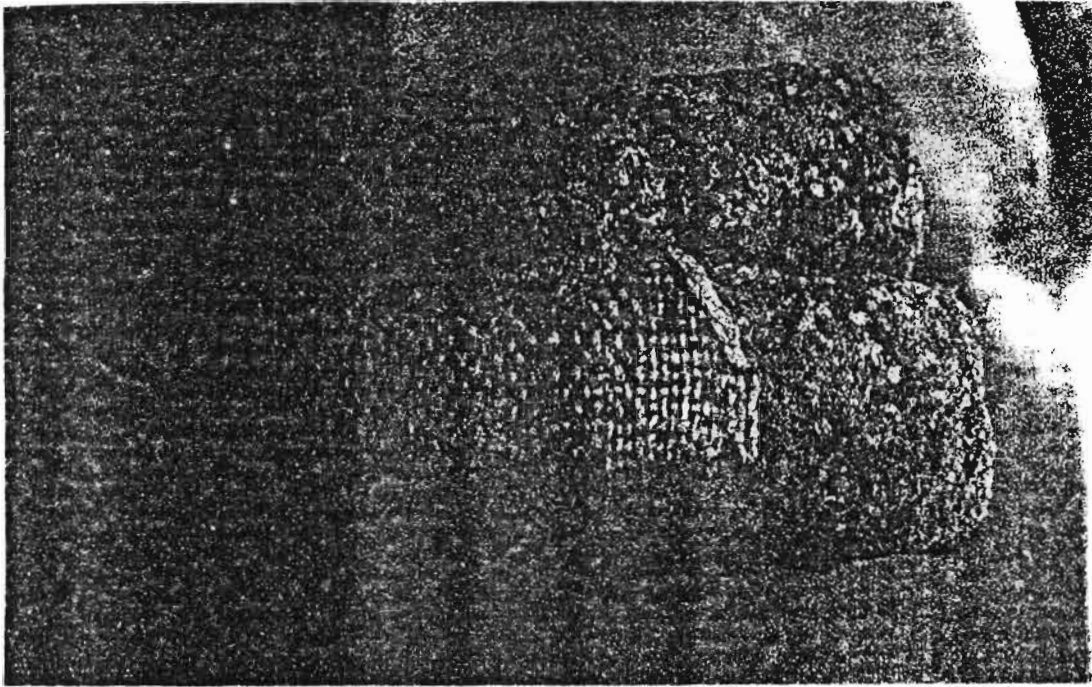


รูปที่ 9 กิ่งชา ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย ๑๐๐

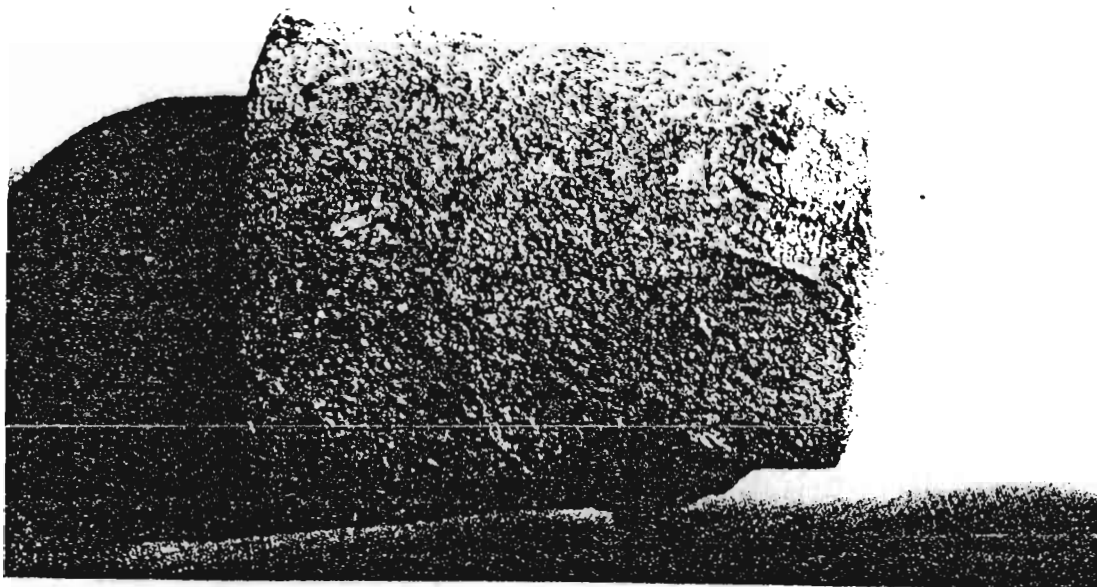


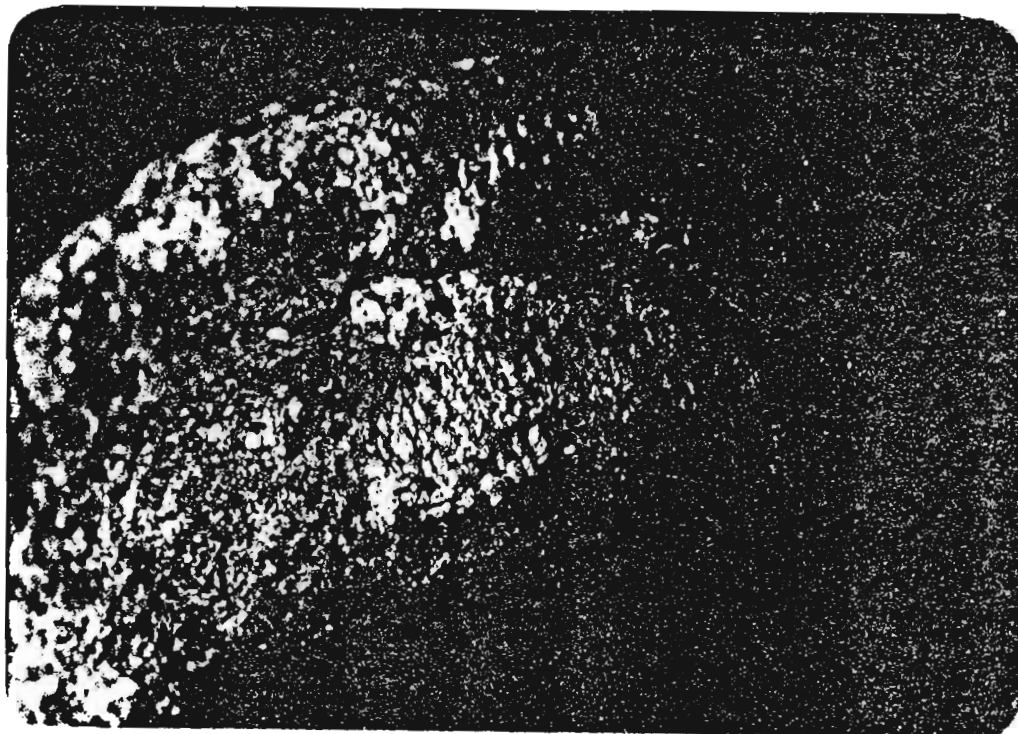
รูปที่ 10, 11 ภาพถ่ายสารจากยานอวกาศที่ส่งกลับมายังโลก
จากสถานีอวกาศ สกายแล็บ-2 เมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 1973





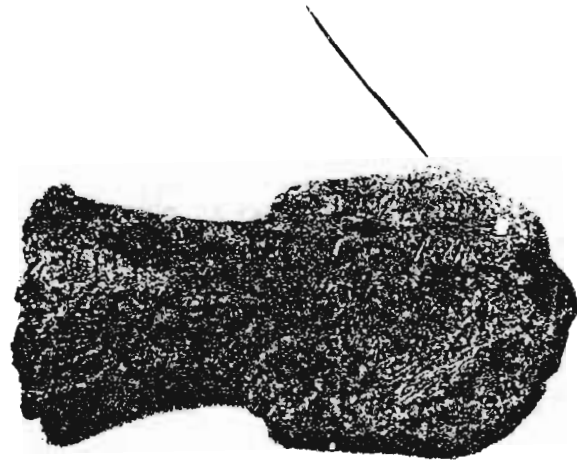
รูปที่ 12, 13 ถ้ำไธสาริดจากบ้านเชียง (ไม่ทราบชื่อเดิม)
เจ้าตง ม.ว. . พันธทิพย์ บรรณรักษ์



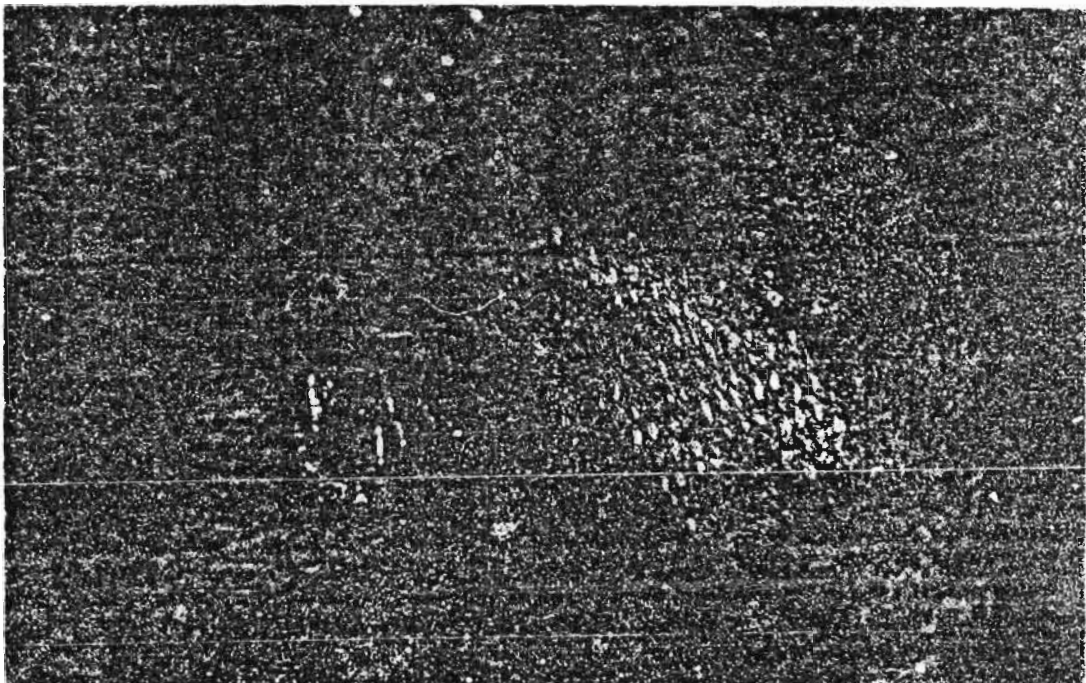


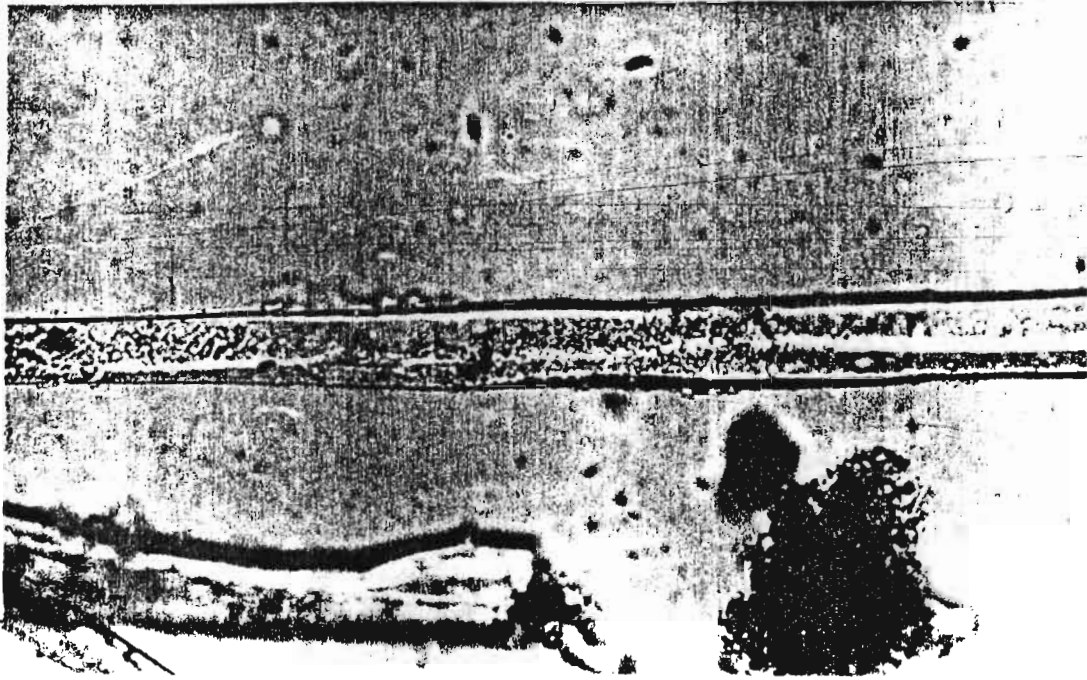
รูปที่ 14 ถ้าใส่วัตถุจากถ่านเจียง เก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์ พอลบรูคส์ วิทยาลัย
 รัฐเพนซิลวาเนีย จากถ่านขอนตาเฟือง เก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์ วิทยาลัยจากที่เมือง





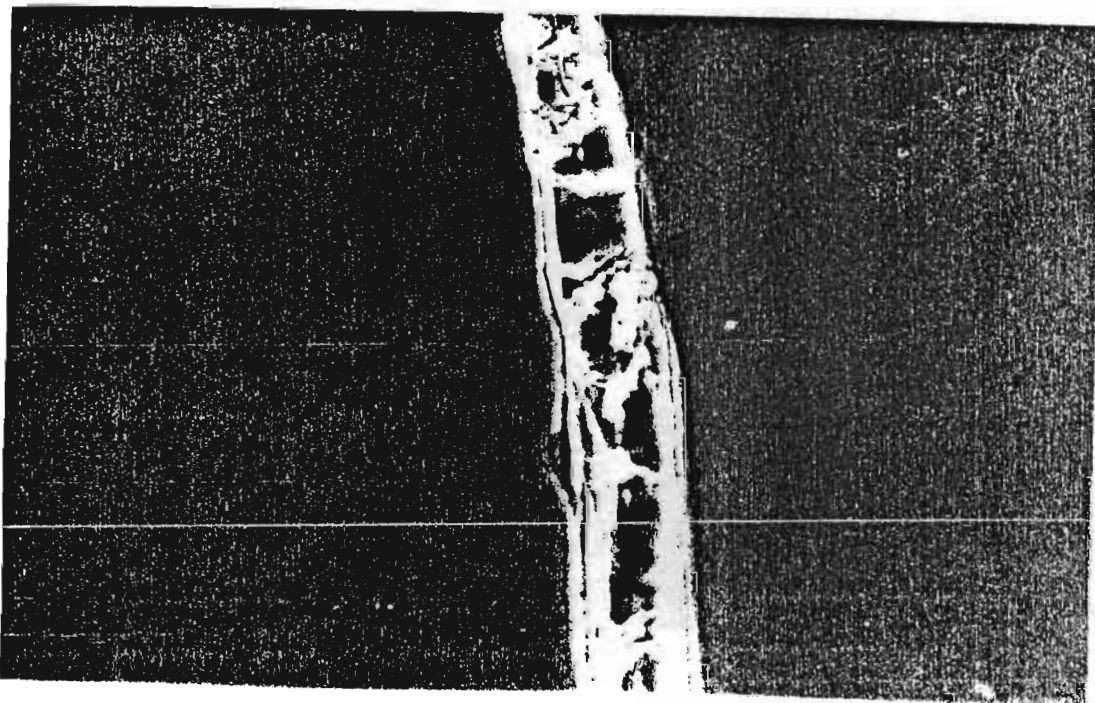
รูปที่ 16 . 17 ภาพสามาริจจากกิ่งอำเภอลาดหลวง จังหวัดชลบุรี

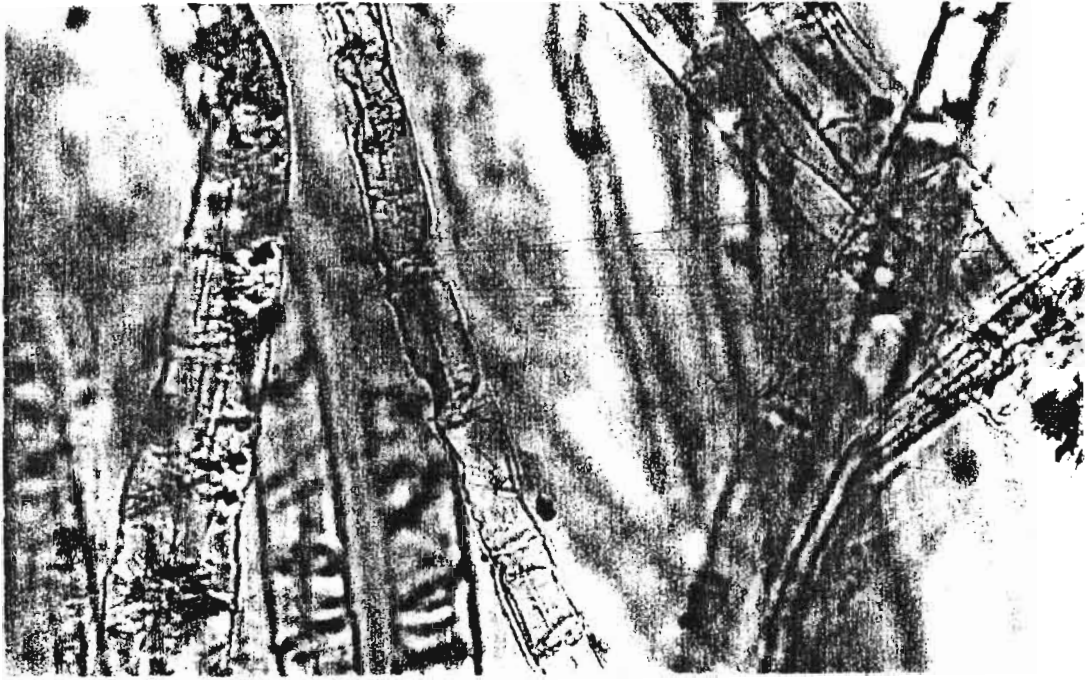




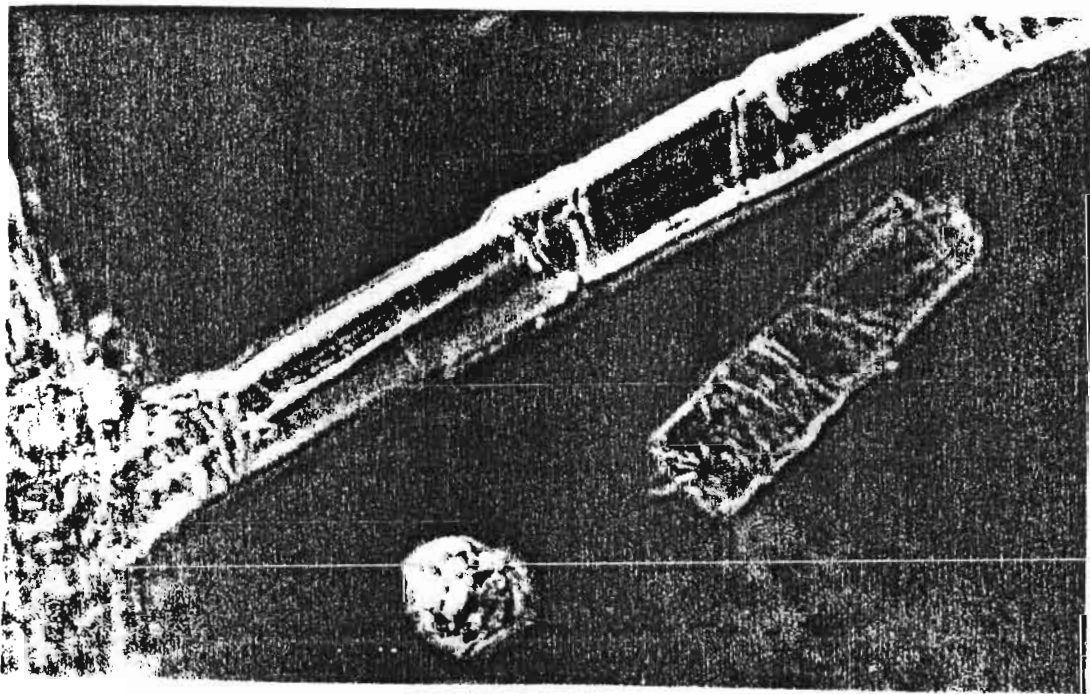
รูปที่ 19 เส้นใยที่ได้จากบ้านเชียง (ในดิน) ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400

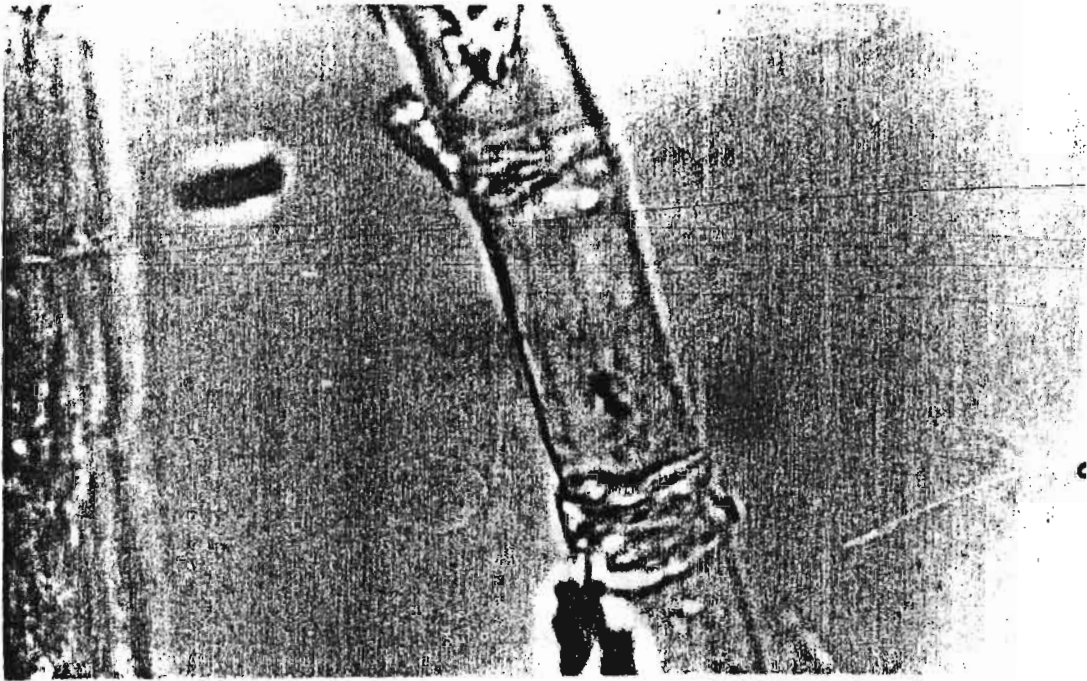
รูปที่ 20 เส้นใยที่ได้จากกะลาสำริด บ้านเชียง (รูปที่ 12) ถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400



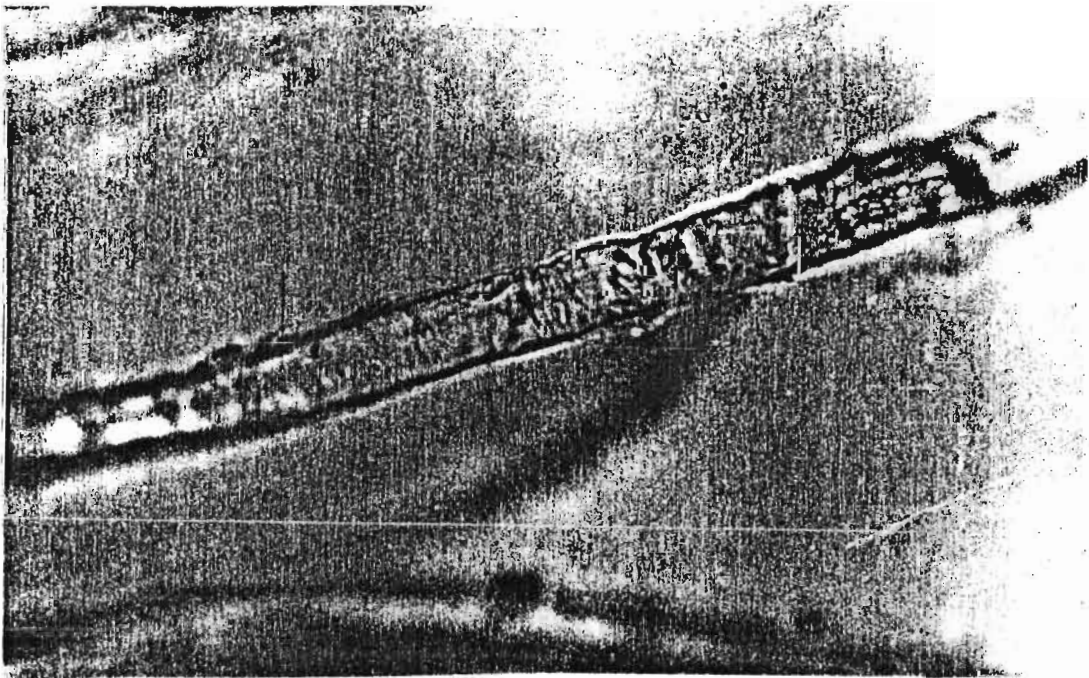


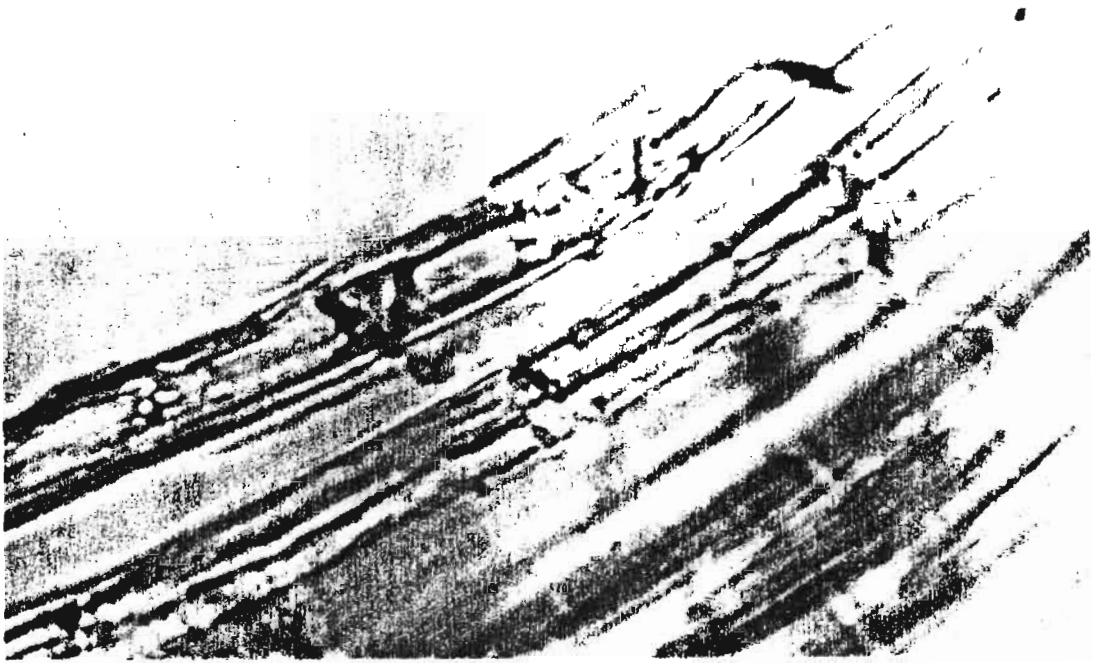
- รูปที่ 21 เส้นใยที่ไต่จากก่าไลสำริด บ้านเชียง (รูปที่ 12) ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40x
- รูปที่ 22 เส้นใยที่ไต่จากก่าไลสำริด บ้านเชียง (รูปที่ 10) ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40x



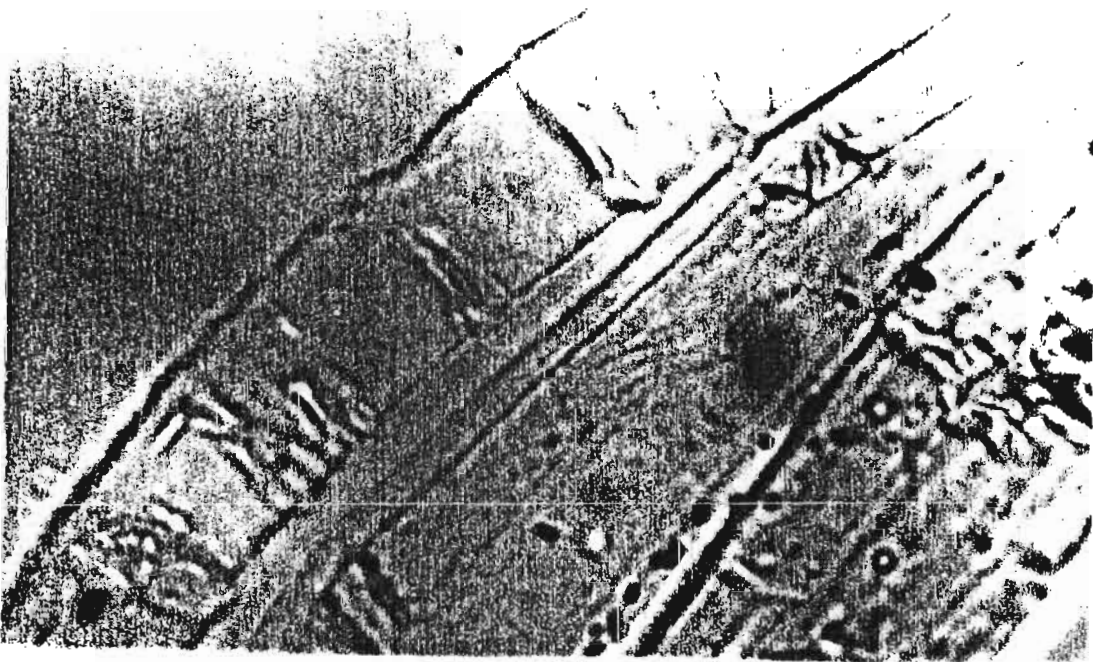


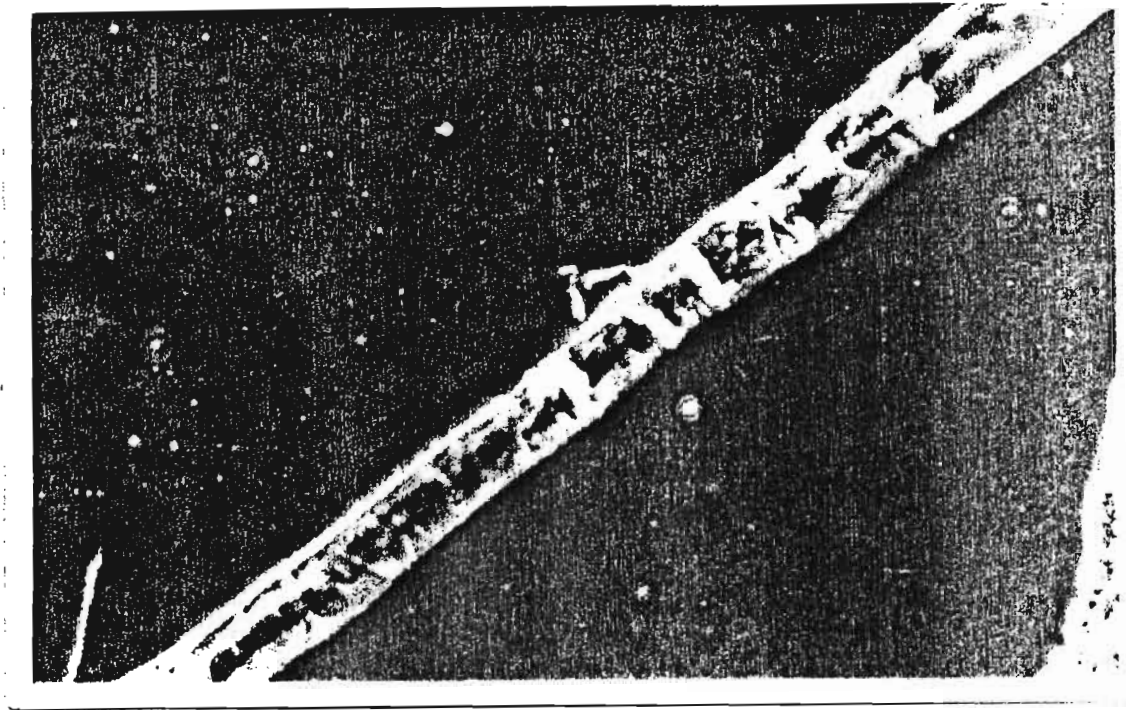
- รูปที่ 23. เส้นใยที่ได้จากก่าไลส่วริก บ้านเชียง (รูปที่ 11) ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000
- รูปที่ 24. เส้นใยที่ได้จากก่าไลส่วริก บ้านเชียง (รูปที่ 13) ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400





รูปที่ 25 เส้นใยที่ได้จากบ้านกอนตาเพชร (ในจิน) ภาพถ่ายผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400
รูปที่ 26 เส้นใยที่ได้จากบ้านกอนตาเพชร (ในจิน) กำลังขยาย 1000





รูปที่ 27 เส้นใยที่ได้จากก่าไสสาริก บ้านคอนตาเพชร (รูปที่15) กำลังขยาย 400
รูปที่ 28 เส้นใยที่ได้จากกลองมโหรีทัก เขื่อนเจ้าเพชร กำลังขยาย 400

