

## ผลการทดลองและวิจารณ์ (RESULTS AND DISCUSSION)

### 1. คุณภาพสีของกระดาษสา

#### 1.1 คุณภาพสีของกระดาษสา (Colour Quality)

เนื่องจากอุปกรณ์ในการวัดสีของกระดาษไม่สามารถจะจัดหาได้ ผลของการศึกษาเรื่องสีที่ได้จากการทดลองคราวนี้ ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างกระดาษที่ผลิตจากญี่ปุ่น จีน และชาวบ้าน กับที่ผลิตจากการทดลองคราวนี้ โดยให้กระดาษที่ผลิตจากแหล่งดังกล่าวที่มีสีขาวที่สุด ให้ระดับ 5 และกระดาษที่มีสีน้ำตาลหรือเหลืองเข้มมากที่สุด ให้ระดับ 1 ส่วนกระดาษที่มีสีระหว่างขาวที่สุด (ระดับ 5) กับสีน้ำตาลหรือเหลืองเข้มสุด (ระดับ 1) ก็จะทำให้หมายเลขระดับระหว่าง 1.5-4.5 ตามความเข้มที่ได้จากการเปรียบเทียบกันและตัวอย่างกระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ และจากแหล่งผลิตแห่งอื่น ปรากฏในตัวอย่างที่ 1-31 หน้า 26-56

#### 1.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสี

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบคุณภาพสีระหว่างกระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้กับกระดาษที่ผลิตจากแหล่งอื่น ปรากฏสรุปใน ตารางที่ 1

ดังแสดงไว้ ตารางที่ 1 ปรากฏว่ากระดาษญี่ปุ่นมีความขาวสะอาดมากที่สุด จึงมีค่าเท่ากับ 5 ถึงแม้ว่าจะมีความ "ใส" (Transparency) น้อย กระดาษญี่ปุ่น (กระดาษตัวอย่างที่ 27 หน้า 52) คงผลิตโดยการใช้เครื่องจักรและใช้สารเคมีเป็นส่วนผสม จึงมีลักษณะไม่เหมือนกับกระดาษโดยทั่วไปที่ผลิตโดยชาวบ้าน นอกจากแผ่นจะราบเรียบและความหนาจะสม่ำเสมอแล้ว ยังมีความเหนียวมากที่สุดด้วย

## ตารางที่ 1

การเปรียบเทียบคุณภาพสีของกระดาษสาที่ผลิตกับกระดาษสาที่จำหน่ายทั่วไป

	* 75 gm	* 84 gm	* 100 gm	* 112 gm	* 150 gm
1. สาเลย	4	4	3.5	4	4
2. สาเชียงราย	4	3.5	3.5	4	4
3. สาบ้านใหม่	4	5	3.5	4	4
4. สาลำปาง (แม่เมาะ)	4	3.5	3.5	3.5	3
5. สาหน้า	4	4	3.5	4	3.5
6. สาญี่ปุ่น		5			
7. สาจีน		4.5			
8. สาเส้นก้านาง (ข้อสร้าง)	**	1	ตัวอย่างที่ดีที่สุดที่หาได้		
9. สาบ้านใหม่	**	2-3	ค่อนข้างหนา		
10. สาลำปาง	**	2	ชนิดหนา		
11. สาหางดง	**	2	ชนิดบาง		

\* หมายถึงจำนวนกรัมของ KOH ต่อ น้ำ 10 ลิตร ที่ใช้ในการต้ม (ย่อย) เปลือกสา

\*\* ผลิตโดยชาวบ้าน โดยใช้ น้ำขี้เถ้า ในการต้ม

กระดาษสาบ่อสร้าง (อำเภอสันกำแพง) จังหวัดเชียงใหม่) กระดาษสาบ้านใหม่ กระดาษสาลำปาง (ท่าล้อ) และกระดาษสาหางดง ซึ่งผลิตโดยชาวบ้านทั่วไป ตามวิธีเดิมคือ ใช้ขี้เถ้าเป็นค่า ปรากฏว่ามีคุณภาพสีต่ำ โดยเฉพาะต่ำกว่ากระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ จากตารางที่ 1 และตัวอย่างที่ 28-31 หน้า 11 และ 53-56 กระดาษสาสันกำแพง (บ่อสร้าง) มีคุณภาพสีต่ำสุด (ระดับ 1) เพราะมีสีน้ำตาลเข้มมากสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่เกี่ยวข้องจดหมายเหตุ การนิม့်หรือการวาดภาพสำหรับกระดาษสาลำปางและหางดง ดังปรากฏใน ตารางที่ 1 และตัวอย่างที่ 30 และ 31 หน้า 11 และ 55-56 ตามลำดับ มีคุณภาพสีดีขึ้นกว่ากระดาษสาสันกำแพง (บ่อสร้าง) โดยผู้ผลิตพยายามที่จะปรับปรุงให้คุณภาพดีขึ้น กระดาษสาบ้านใหม่ (สีระดับ 2-3 ใน ตารางที่ 1 และตัวอย่างที่ 29 หน้า 54 ซึ่งผู้ผลิตบางคนสามารถปรับปรุงคุณภาพสีจนถึงระดับ 3 เป็นที่นิยมของผู้ที่นำไปใช้ในการ ตกแต่ง วาดภาพและห่อซองที่มีราคา

กระดาษสาที่ผลิตจากการทดลองคราวนี้มีคุณภาพสีส่วนใหญ่ อยู่ในระดับ 4 (ตารางที่ 1) ถึงแม้ว่าสีจะไม่ขาวเท่ากระดาษสาญี่ปุ่น แต่สีก็ใกล้เคียงกับกระดาษสาของจีน (ระดับ 4-5) แท้ที่จริงแล้วกระดาษสาจีนสีออกไปทางเหลืองมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ ซึ่งมีสีค่อนข้างเป็นธรรมชาติมากกว่า จากการที่ให้ผู้อยู่ในวงการจดหมายเหตุ และจิตรกรพิจารณาคุณภาพสี ต่างพอใจสีของกระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ เพราะนอกจากสีจะดีกว่ากระดาษที่ผลิตภายในประเทศแล้ว ยังไม่แพ้กระดาษที่ผลิตจากต่างประเทศ (จีนและญี่ปุ่น)

จากการศึกษาแหล่งที่มาของเปลือกสา 5 แห่ง คือ สาจาก จังหวัดเลย (สาเลย) สาจากจังหวัดเชียงราย (สาเชียงราย) สาจาก บ้านใหม่หมอกจ๋าม อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่ (สาบ้านใหม่) สาจากอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (สาลำปาง) และสาจากอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (สาพร้าว) พบว่าสาจาก 5 แหล่งดังกล่าว ให้คุณภาพสี พอ ๆ กัน ถึงแม้ว่าเปลือกสาที่ได้จากแหล่งเหล่านี้ในการทดลอง จะมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ความหนา สี และวิธีการลนไฟเพื่อ

ลอกเปลือกสา บางแห่งมีลักษณะการเผาไหม้เล็กน้อยแตกต่างกันจนเป็นที่น่าสังเกต วิธีการเอาต้นสาสนไฟหรือเผาไฟเพื่อลอกเปลือกสาออกนั้น จะทำให้บางส่วนของเปลือกสาไหม้หรือเป็นสีน้ำตาล ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสีในกระดาศสา การลอกเปลือกสาควรที่จะกระทำโดยการใช้ความร้อนลวกต้นสา หรือรมด้วยไอน้ำ อาจทำให้เปลือกสามีคุณภาพดีกว่า ซึ่งเป็นวิธีที่ชาวญี่ปุ่นใช้ในการลอกเปลือกสา (Willis, 1984)

การศึกษาคราวนี้ ได้ใช้สารละลายความเข้มข้นของด่างโปตัสเซียม ไฮดรอกไซด์ (KOH) แตกต่างกัน 5 ชนิด ในการย่อยเปลือกสา คือ 75, 84, 100, 112 และ 150 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ความเข้มข้นของสารละลายต่างดังกล่าว (ตารางที่ 1) มีผลทำให้คุณภาพสีแตกต่างกันน้อยมาก คือ ระหว่างระดับ 3.5 กับ 4 ส่วนใหญ่แล้วคุณภาพสีจะอยู่ในระดับ 4 ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า คุณภาพสีของกระดาศสาที่ผลิตไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของด่างในสารละลายที่ใช้ย่อยเปลือกสา

### 1.3 การปรับปรุงคุณภาพสีของกระดาศสา

ดังได้กล่าวในตอนแรกแล้วว่า คุณภาพสีของกระดาศสาเป็นวัตถุประสงค์อันหนึ่งของการวิจัยครั้งนี้โดยคำนึงถึงประโยชน์ในการนำมาใช้ซ่อมแซมเอกสารจดหมายเหตุเป็นหลัก

การเปลี่ยนจากการใช้สารละลายต่างที่ได้จากขี้เถ้ามาใช้สาร KOH ที่มีจำหน่ายทั่วไป ได้ขจัดการเกิดสีที่อาจเกิดจากความสกปรกของการใช้ขี้เถ้า ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว คุณภาพสีดีขึ้น (ขาวขึ้น) เพียงเล็กน้อย กระดาศที่ได้ยังมีคุณภาพสีดีไม่พอกับความต้องการ ได้มีการศึกษาโดยใช้สารฟอกสีดังเช่นผู้วิจัยอื่น สมบัติและคณะ (2526) และจำลอง (2526) ได้ทดลองมาเช่น การใช้สารจำพวกไฮโปคลอไรท์ (Hypochlorite) ได้แก่ โซเดียมหรือโปตัสเซียมไฮโปคลอไรท์ หรือสารฟอกสีที่มีจำหน่ายทั่วไป เช่น Chlorox ได้นำมาทดลองใช้ฟอกสีโยส่าที่ได้รับหลังจากการย่อยด้วยด่าง และมีการล้างสะอาด

และทบทวนเรียบร้อยแล้ว การวิจัยครั้งนี้พบว่าสารเหล่านี้ ไม่ได้ช่วยในการฟอกสีเยื่อสาตามวัตถุประสงค์เลย ดังได้มีรายงานไว้ข้างต้น ในบางกรณีพบว่าคุณภาพสีแย่ยิ่งกว่าเดิม (ไม่ฟอกสี) เสียอีก

จากการหาสาเหตุอย่างละเอียดพบว่า คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ในการผลิตกระดาษสามมีความสำคัญมาก จังหวัดในภาคเหนือโดยเฉพาะบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ น้ำบาดาลส่วนใหญ่มีสารละลายเหล็กเจือปนอยู่ สารละลายเหล็กนี้เมื่ออยู่ในสถานะรีดิวด์ (Reduced) จะมีประจุบวกสอง ( $Fe^{+2}$ ) ซึ่งจะไม่มีสี จะมองเห็นน้ำใสสะอาดดี แต่เมื่อถูกออกซิไดซ์ (Oxidized) ด้วยออกซิเจนในอากาศหรือใช้สารฟอกสี อีออนเหล็กก็จะเปลี่ยนสถานะจาก  $Fe^{+2}$  เป็น  $Fe^{+3}$  ทำให้เกิดเป็นสีสนิมขึ้นมา สีสนิมเหล็กนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้กระดาษสามสีน้ำตาล

ถึงแม้ว่าน้ำที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นน้ำบาดาลที่ทางโรงพยาบาลแมคคอร์มิคได้ดำเนินการขจัดสนิมเหล็กแล้วก็ตาม จากการศึกษพบว่า การจะกรองสนิมเหล็กออกหมดนั้น อีออนเหล็กจะต้องอยู่ในสถานะ  $Fe^{+3}$  ทั้งหมดจึงจะถูกกรองออกจากน้ำได้ เนื่องจากมีการใช้น้ำมาก อีออนเหล็กจึงไม่ทันถูก Oxidized เป็น  $Fe^{+3}$  ทั้งหมด เมื่อนำมาใช้ผลิตกระดาษสาจึงทำให้กระดาษสามสีน้ำตาล สีน้ำตาลจะเข้มขึ้นมากขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสนิมเหล็กที่ตกค้างอยู่ในน้ำ เพราะสนิมเหล็กเหล่านี้จะเกาะติดกับใยลวดเวลาตากแดดจะยิ่งเห็นชัด

เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว ได้เอาน้ำบาดาลที่ผ่านขบวนการกรองเรียบร้อยแล้วใส่ถังทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ออกซิเจนในอากาศ Oxidize อีออนเหล็ก หลังจากนั้นผ่านกระบวนการกรองโดยวิธีการธรรมดาอีกครั้งหนึ่ง เมื่อเอาสนิมเหล็กออก ผลปรากฏว่าน้ำที่ผ่านวิธีการดังกล่าวนำมาใช้ในการทดลองคราวนี้ ขจัดสีน้ำตาลที่พบครั้งแรกอย่างมาก จนไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใส่สารฟอกสีใด ๆ อีกต่อไป

ถึงแม้จะมีการขจัดสนิมเหล็กโดยการ Oxidize ก่อน 2 ครั้ง

และกรอง 2 ครั้งก็ตาม จะยังมีไอออนเหล็กตกค้างอยู่ในน้ำอีกจำนวนหนึ่ง หากขจัดไอออน เหล็กครั้งที่ 2 ด้วยการกรองแบบ Ion Exchange แล้ว จะขจัดไอออนสนิมเหล็กในน้ำได้ดีกว่าการกรองธรรมดา เพราะจะขจัดทั้ง  $Fe^{+2}$  และ  $Fe^{+3}$  และจะทำให้คุณภาพสีของกระดาษสาดีกว่าเดิม เนื่องจากราคาเครื่องกรองแบบนี้ค่อนข้างแพง และทุนวิจัยที่ได้รับไม่ได้ครอบคลุมจึงไม่สามารถจัดหามาทำการทดลองได้

เนื่องจากคุณภาพสีของกระดาษสาดีขึ้นและอยู่ในระดับที่ต้องการ ความพยายามที่จะใช้สารฟอกสีจึงหมดไป นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้สารฟอกสีอาจทำให้กระดาษที่ผลิตเมื่อทิ้งไว้นานจะมีสีเหลือง เกิดขึ้น หากมีสารฟอกสีตกค้างอยู่ซึ่งเกรงว่าอาจทำให้อายุของการใช้งานของกระดาษลดลง ผู้ทำวิจัยจึงตัดสินใจงดการใช้สารฟอกสีทั้งหมด

จากการศึกษาการกระจายของใยสาลีในน้ำ พบว่าหลังจากการย่อย ล้างน้ำสะอาดและทำการทုจนแห้งแล้ว นำมาขย้าหรือคนกับน้ำสะอาดแล้ว นำกลับมาต้มอีกครั้งจนเดือดเป็นเวลาประมาณ 15 นาที นอกเหนือจากการทำให้ใยสาลีกระจายตัว (ไม่เกาะตัว) ดีกว่าเดิมแล้วยังทำให้ใยสาลีขาวขึ้นและมีลักษณะใสเป็นเงา (Transparency) มากขึ้น ทำให้กระดาษที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพทางด้านสี และการกระจายตัวของใยดีว่าการต้มครั้งเดียว ดังนั้น กระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ จึงใช้วิธีต้ม 2 ครั้ง

ภายหลังจากการกรองน้ำอีกครั้งหนึ่ง และต้มเยื่อสาครั้งที่สอง ปรากฏว่าเยื่อสามีความขาวขึ้นมาก ดังได้กล่าวแล้ว ถ้าหากใช้วิธีการกรองน้ำแบบ Ion Exchange (โดยการใช้ Cation Ion Resin) น้ำจะสะอาดกว่านี้และสามารถขจัดสนิมเหล็กได้ดีกว่า ถึงจุดนี้การต้มครั้งที่สอง พร้อมกับการใช้ผงฟอกสีน่าจะทำให้เนื้อเยื่อขาวยิ่งขึ้น จากการทดลองแรก ๆ ที่ยังไม่ได้ทำการกรองครั้งที่สอง พบว่าเมื่อใช้สารฟอกสี สีของเนื้อเยื่อหรือกระดาษไม่ดีขึ้นเลย บางกรณีมีสีน้ำตาลมากขึ้นกว่าเดิมเสียอีก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่ายังมีสนิมเหล็กตกค้างอยู่ในรูป  $Fe^{+2}$  เมื่อเติมสารฟอกสีซึ่งเป็น Oxidizing agent ลงไป  $Fe^{+2}$  ก็จะถูก Oxidize

เป็น  $Fe^{+3}$  ซึ่งจะก่อให้เกิดสีขึ้นดังที่ได้พบ ดังนั้น น้ำที่ใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญมากในเรื่องคุณภาพสีของกระดาษ ซึ่งในการผลิตแบบอุตสาหกรรมอาจเป็นตัวการสำคัญในการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิต วิธีทำความสะอาดน้ำโดยเสียค่าใช้จ่ายถูกแต่มีประสิทธิภาพในการขจัดสนิมเหล็กจึงเป็นสิ่งจำเป็น

สีของกระดาษเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า แสดงถึงคุณภาพของกระดาษ นอกจากความเรียบและความหนาบาง อย่างสม่ำเสมอ กระดาษที่มีสีขาวมากถือว่ามีคุณภาพดีกว่ากระดาษชนิดที่มีสีน้ำตาลหรือสีขาวน้อยกว่ากระดาษสีก็เช่นเดียวกัน กระดาษสีที่มีสีขาวมากกว่าเป็นที่ยอมรับว่ามีคุณภาพดีกว่า ในการศึกษาครราวนี้ ปรากฏว่ากระดาษสีที่ผลิตจากโรงงานนี้มีสีขาวดีกว่ากระดาษสีที่ผลิตโดยทั่วไปในภาคเหนือ (ตารางที่ 1) มีเฉพาะของญี่ปุ่น (ตัวอย่างที่ 27) เท่านั้น ที่มีสีขาวกว่า แต่ลักษณะก็ไม่เหมือนกระดาษสีโดยทั่วไป เข้าใจว่าใช้กรรมวิธีการผลิตอีกแบบและอาจมีการเพิ่มสารเคมีบางชนิดที่ทำให้มีลักษณะแตกต่างไป

ในงานของจดหมายเหตุ พบว่ากระดาษสีเป็นกระดาษที่มีความคงทนมาก ในสมัยโบราณมีการบันทึกข้อความลงในกระดาษสีซึ่งยังคงอยู่มาจนถึงบัดนี้ มีอายุประมาณ 134 ปี (เอกสาร American Presbyterian Mission รหัส 001/78 กล่องที่ 1 แผ่นที่ 12 หอจดหมายเหตุ มหาวิทยาลัยพายัพ) ดังนั้น ในการซ่อมแซมหนังสือหรือเอกสารต่าง ๆ ที่มีอายุมาก จึงนิยมใช้กระดาษสีและกระดาษสีที่ใช้จะต้องเป็นชนิดบางและขาว เวลาปิดทับหรือซ่อมแซมจะยังคงสามารถอ่านข้อความได้อย่างชัดเจน ยิ่งกระดาษสีที่ใช้ปะลงไปขาวมากเท่าใดก็จะสามารถอ่านได้ง่ายเท่านั้น จากการศึกษาครั้งนี้ทราบว่าสีของกระดาษสีที่ผลิตขึ้นมา ถึงแม้จะไม่ใช้สารฟอกสี ก็ขาวเพียงพอที่จะสามารถอ่านเอกสารต่าง ๆ ที่ใช้ปิดทับได้ การใช้กระดาษสีปิดทับหรือซ่อมแซมดังกล่าว นอกเหนือจากทำให้เอกสารแข็งแรงและทนนานขึ้นแล้ว สีขาวก็ยังสามารถให้ความรู้สึกว่าเป็นเอกสารนำใช้

## 2. การกระจายตัวของเนื้อเยื่อในกระดาษสา (Consistency)

เนื่องจากกระดาษสาที่ทำการวิจัยเพื่อใช้ในงานของจดหมายเหตุนี้เป็นชนิดบาง ดังนั้น การกระจายตัวของเนื้อเยื่อสาในการทำกระดาษสาจึงมีความสำคัญมาก เพราะนอกจากจะทำให้สามารถอ่านเอกสารได้เมื่อทำการปะหรือซ่อมแซมแล้ว ยังมีความสำคัญต่อความเหนียวหรือแข็งแรงของกระดาษสาอีกด้วย การกระจายของเนื้อเยื่อได้ศึกษาครั้งนี้ ดังนี้

### 2.1 ความเข้มข้นของด่างที่ใช้ในการย่อยเนื้อเยื่อสา

ตั้งระบบไว้ในวิธีการทดลอง (หน้า 8) การต้มเปลือกสาเพื่อย่อยด้วยด่าง ใช้เวลาต้ม (จนเดือด) 6 ช.ม. และทุบด้วยฆ้อนไม้ในเวลานานเท่ากัน คือ ครึ่งละ 10 นาที ผลของคุณภาพของการกระจายของเนื้อเยื่อกระดาษสา แสดงใน ตารางที่ 2 หน้า 18 ซึ่งอาจกล่าวสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของด่างที่ใช้ระหว่าง 75-150 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร เป็นความเข้มข้นที่ใช้ในการใช้ย่อยเปลือกสาเวลา 6 ช.ม. ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับเปลือกสาที่ใช้และโดยเฉลี่ยความเข้มข้นของด่างที่ใช้ควรอยู่ประมาณ 84 กรัม/น้ำ 10 ลิตร สมบัติ สุนัข และ นัยนา (2526) ได้ใช้ความเข้มข้นของด่างโซดาไฟ ร้อยละ 15 ต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกสา และใช้อัตราส่วนน้ำยา (สารละลาย) ต่อวัตถุดิบ 10:1 ต้ม 5 ช.ม. ซึ่งเทียบเท่า 150 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตรที่ใช้ในการทดลองคราวนี้

การใช้ความเข้มข้นของด่างสูงในการย่อยหรือต้มเปลือกสาให้สูงนี้อาจทำให้ลดเวลาของการต้มลง แต่ก็อาจทำให้ใยของสาขุ่ย ขาดเป็นเส้นสั้น ๆ แหกละเอียดมากเกินไป ทำให้กระดาษขาดความเหนียวและแข็งแรง เวลาตัดทำเป็นแผ่นอาจทำให้เส้นใยที่ขาดเป็นเส้นสั้น ๆ เหล่านี้ กองเป็นหย่อม ๆ ทำให้กระดาษไม่เรียบ แต่ถ้าหากความเข้มข้นน้อยเกินไป การย่อยหรือต้มเปลือกสาก็ต้องใช้เวลาาน เสียเวลา และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย นอกจากนี้เส้นใยสาอาจยาวเกินไป การกระจายตัวในน้ำอาจไม่ดีพอทำให้การตัดเป็นแผ่นบาง ๆ ที่มีเนื้อเยื่อลุ่มาเสมอทำได้ยาก แต่กระดาษจะมีความเหนียวดีกว่า แต่การกระจาย



ตัวของโปลาที่จะทำให้ได้ผ่านกระดาษเรียบลุ่ม่าเสมอทั้งแผ่นนั้นทำได้ยากเช่นกัน ดังนั้น ความเข้มข้นของต่างและเวลาดมย่อยเปลือกสาจึงมีความสำคัญดังกล่าว

PAYAP UNIVERSITY

## ตารางที่ 2

การกระจายตัวของเนื้อเยื่อสา เปรียบเทียบกับความเข้มข้น  
ของต่างที่ใช้และกับชนิดของเปลือกสา

	* 75 gm	* 84 gm	* 100 gm	* 112 gm	* 150 gm
1. สาเลย	2	3	2.5	3	4
2. สาเชียงราย	4	2	2	2	4
3. สาบ้านใหม่	3	5	4	3.5	4
4. สาลำปาง	5	5	5	5	3
5. สาพร้าว	3	4	5	4	3.5

- \* - ความเข้มข้นระบุเป็นจำนวนกรัมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำ 10 ลิตร  
- ตัวเลขที่ใช้เปรียบเทียบ ใช้ระดับ (scale) 5 คือ กระจายสม่ำเสมอ  
ดีที่สุดให้ 5 การกระจายแย่มากที่สุดให้ 1

การศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาด้วยว่าเปลือกสากที่สามารถนำมาทำกระดาษสาจากแหล่งต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของการผลิตกระดาษหรือไม่ ดังปรากฏในตารางที่ 2 หน้า 19 เปลือกสากที่ได้จากต้นสา 5 ท้องที่ คือ สาเลย สาเขียงราย สาบ้านใหม่ สาลำปาง และสาพร้าว จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเปลือกสากที่มาจาก 3 แห่ง คือ สาบ้านใหม่ สาลำปาง และสาพร้าว ให้คุณภาพการกระจายตัวของเนื้อเยื่อสากดีกว่าอีก 2 แห่ง

เนื่องจากไม่สามารถติดตามถึงต้นตอการผลิตเปลือกสากทั้ง 5 แห่ง ได้ว่าผลิตจากต้นสาอายุเท่าไร และพันธุ์แตกต่างกันหรือไม่ จึงไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าอะไรเป็นสาเหตุทำให้มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ต้องการผลิตกระดาษบาง จึงเห็นข้อแตกต่างดังกล่าว หากผลิตกระดาษชนิดหนาแล้วอาจไม่เห็นข้อแตกต่างดังกล่าวก็ได้ วันทนี นิโลบล และรุ่งอรุณ (2526) ได้ แนะนำว่าเยื่อปอสาที่มีอายุ 2 ปี มีคุณภาพดีที่สุด คือ มีความเหนียวดีกว่าเยื่อปอสา ที่มีอายุ 1 ปี และ 3 ปี โดยใช้วิธีผลิตแบบซิลเฟต เมฆ (2526) ได้สรุปว่าเปลือกสากที่ผลิตในระดับชาวบ้านนั้น มักจะไม่คำนึงถึงอายุ แต่จะคำนึงถึงขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง ตั้งแต่ 1-3 นิ้ว โดยทั่วไปจะมีอายุประมาณ 1-3 ปี ดังนั้น คุณภาพของกระดาษสากที่ผลิตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของเปลือกสากที่นำมาใช้ในการผลิตด้วย

## 2.2 ชนิดของเปลือกสาก

ไชยยศ (2526) ได้กล่าวว่าปอสาไทยมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ที่มีต้นสีม่วง ซึ่งมีอยู่โดยทั่วไป กับพันธุ์ที่มีต้นสีเขียว การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถอธิบายได้ว่า เปลือกสากที่นำมาใช้เป็นพันธุ์อะไร ทั้งนี้ เพราะได้ซื้อเปลือกสากที่ชาวบ้านนำมาจำหน่าย จึงทราบแต่เพียงว่าเป็นมาจากท้องที่ใด และเนื่องจากเปลือกสากดังกล่าวทั้งหมด ชาวบ้านได้ทำการลอกเอาผิวนอกออกหมด จึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าสีของลำต้นเป็นสีม่วงหรือสีเขียว

จากการสังเกตลักษณะของเปลือกสากทั้ง 5 ชนิด ที่นำมาใช้พบว่าเปลือกสากที่มาจาก เชียงราย (สากเชียงราย) บ้านใหม่ หมอกจำม อ่าเภอแม่อาว จังหวัดเชียงใหม่ (สากบ้านใหม่) และสากจากอ่าเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (สากพร้าว) มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ มีความหนา ความกว้างของเปลือกและสีสรรคล้ายคลึงกันมาก ทำให้เชื่อว่าเป็นพันธุ์ชนิดเดียวกัน ส่วนเปลือกสากอีก 2 ชนิด คือ เปลือกสากที่มาจากอ่าเภอแม่เมาะล้าปาง (สากล้าปาง) นั้น มีลักษณะหนามาก หนา 2-3 เท่าของเปลือกสากที่ได้กล่าวมาแล้วสามชนิด ซึ่งน่าจะให้ปริมาณเนื้อเยื่อของสากมากกว่าชนิดอื่น แต่เนื่องจากสีของเปลือกสากมีสีคล้าค่อนข้างสกปรก จึงทำให้สีกระดาษที่ผลิตจากเปลือกสากนี้โดยเฉลี่ยจะด้อยกว่าอีกสามชนิดดังกล่าวข้างต้น

ส่วนเปลือกสากที่มาจากจังหวัดเลย (สากเลย) มีลักษณะบางที่สุดเมื่อเทียบกับเปลือกสากที่มาจากแหล่งอื่น มีสีค่อนข้างซีขาวเหลือง ส่วนความกว้างของเปลือกสากใกล้เคียงกับเปลือกสากเชียงราย จึงเข้าใจว่าคงจะต่างพันธุ์จากเปลือกสากอื่น ๆ หรือมีฉะนั้นก็อาจจะมียอายุแตกต่างกัน

จากการศึกษาคุณภาพสีของกระดาษสากที่ผลิตจากเปลือกสากดังกล่าวข้างต้น โดยการเปรียบเทียบกับสีของกระดาษญี่ปุ่นและกระดาษสากที่ผลิตจากสากบ้านใหม่ พบว่าคุณภาพสีของกระดาษสากที่ผลิตจากเปลือกสากทั้ง 5 ชนิด มีคุณภาพสีพอ ๆ กัน (ประมาณระดับ 4 ตารางที่ 1 หน้า 10) ยกเว้นกระดาษสากที่ผลิตจากเปลือกสากล้าปาง ที่มีสีคล้ามากกว่าชนิดอื่น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเปลือกสากที่นำมาใช้มีสีคล้าค่อนข้างสกปรกอยู่แล้ว จึงอาจมีผลทำให้กระดาษที่ผลิตขึ้นมาสีคล้ากว่าปกติได้

ในการศึกษาว่าเปลือกสากที่ได้มาจากแหล่งต่าง ๆ มีผลต่อการกระจายของเส้นใยสาก (Consistency) ในการผลิตกระดาษหรือไม่นั้น ผลการทดลองได้สรุปไว้ใน ตารางที่ 2 เป็นที่น่าสังเกตว่าเกือบทุกความเข้มข้นของด่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ปรากฏว่า สากบ้านใหม่ สากล้าปาง (แม่เมาะ) และสากพร้าว นำมาผลิตกระดาษมีคุณภาพการกระจายของเส้นใย (Consistency) สม่่าเสมอ โดยสรุปดีกว่าอีก

2 ชนิดที่เหลือ ถ้าสังเกตจากลักษณะของเปลือกสาที่ใช้ เปลือกสา เชียงราย บ้านใหม่ และพร้าว น่าจะให้คุณภาพกระดาษเหมือนกัน เพราะมีลักษณะคล้ายกันมาก แต่คุณภาพของกระดาษสาที่ผลิตจาก เปลือกสาเชียงรายโดยเฉลี่ยจะดีกว่าอีก 2 ชนิด ดังกล่าว ถึงแม้ การทดลองใช้วิธีการผลิตเช่นเดียวกันทุกประการ ข้อแตกต่างที่เกิดขึ้น น่าจะมาจากคุณภาพของเปลือกสาเองมากกว่า ซึ่งอาจเป็นเพราะความ แตกต่างของอายุเปลือกสดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับเปลือกสาเหล่านั้น ดังได้กล่าวแล้วมีลักษณะผิดไป จากเปลือกสาอื่นมาก คือ มีลักษณะบาง คุณภาพของกระดาษสาที่ผลิต ออกมาทางด้านกรกระจายของเนื้อเยื่อ ดีกว่าเปลือกสาชนิดอื่น ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างทั้งพันธุ์และอายุของเปลือกสา

ดังได้กล่าวมาแล้วแต่ต้น การผลิตกระดาษสาครั้งนี้เป็น ชนิดบางมาก การกระจายของใยสาจึงมีผลต่อคุณภาพของกระดาษมาก ไม่เหมือนกับการผลิตแบบหนาหรือแบบปกติ ซึ่งมักจะสังเกตไม่ค่อยเห็น ดังนั้น เปลือกสาเลยและเชียงราย อาจไม่มีปัญหาในการใช้ผลิต กระดาษสาชนิดหนาก็ได้

### 3. คุณภาพของกระดาษสาที่ใช้ในงานจดหมายเหตุ

ดังได้กล่าวมาแล้วแต่ต้นว่า วัตถุประสงค์หลักในการศึกษาคราวนี้ ก็เพื่อผลิตกระดาษสาใช้ในงานจดหมายเหตุ จากการทดลองนำกระดาษสาที่ ผลิตได้จากเปลือกสาชนิดต่าง ๆ และจากการใช้ความเข้มข้นของต่างต่างกัน โดยนำกระดาษสาไปปิดทับบนเอกสารต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในหน้า 57-83 และสรุปผลแสดงใน ตารางที่ 3

จากผลการทดลองแสดงใน ตารางที่ 3 อาจสรุปได้ว่ากระดาษ สาที่ผลิตจากเปลือกสา 5 แห่ง โดยใช้ความเข้มข้นของต่าง 84 กรัม/น้ำ 10 ลิตร โดยเฉลี่ยจะเป็นกระดาษสาที่มีคุณภาพดี เหมาะสมกับงานจดหมายเหตุ

## ตารางที่ 3

## คุณภาพกระดาษสาใช้ในงานจดหมายเหตุ

	<u>75 gm</u>	<u>84 gm</u>	<u>100 gm</u>	<u>112 gm</u>	<u>150 gm</u>
1. สาเลย	3	5	4	3.5	4
2. สาเชียงราย	5	4	3.5	2	4
3. สาบ้านใหม่	5	5	5	5	5
4. สาลำปาง	5	5	5	5	5
5. สาพร้าว	5	5	5	5	5
6. สาญี่ปุ่น	(4) *				
7. สาบ่อสร้าง	(4) *				

หมายเหตุ

\* ไม่ทราบความเข้มข้นของด่างที่ใช้ในการผลิต

- (1) คุณภาพดีในการใช้ปะซ่อมแซมหนังสือ หมายถึง เมื่อปิดทับลงบนเอกสาร ความสามารถในการอ่านเอกสารนั้นได้ชัดเจนและแสดงลักษณะเดิมของเอกสาร (Authenticity)
- (2) โดยการเปรียบเทียบกัน คุณภาพดีที่สุด ตาม (1) ในคะแนน 5 คะแนน และคุณภาพด้อยที่สุดให้คะแนน 1 คะแนน

กล่าวคือเมื่อใช้ปิดทับลงบนเอกสารที่พิมพ์แล้ว (ดูหน้า 22) สามารถอ่านเอกสารเดิมได้อย่างชัดเจนและมองคล้ายกับของเดิม (Original) และสามารถนำไปถ่ายสำเนาได้อย่างชัดเจนอีกด้วย (ดูหน้า 85-92) เนื่องจากกระดาษเป็นกระดาษที่มีความทนทาน สามารถมีอายุเป็นร้อย ๆ ปี มีเอกสารของอเมริกันเพรสไบทีเรียน มิสชัน (American Presbyterian Mission) ที่เขียนบนกระดาษและยังมีคุณภาพดีจนทุกวันนี้ เช่น หนังสือเดินทางของ นายแพทย์เฮาส์ (เอกสาร American Presbyterian Mission รหัส 001/78 ก่อ่งที่ 1 แผ่นที่ 12 หอจดหมายเหตุ มหาวิทยาลัยพายัพ) เขียนด้วยดินสอลงบนกระดาษชนิดหนาเมื่อปี ค.ศ. 1853 มีอายุ 134 ปี เป็นต้น Stinchecum (1986) กล่าวว่า กระดาษที่ฟอกสีด้วยสารเคมีหรือมีสิ่งเจือปนอยู่ในเส้นใย เมื่อมีอายุมากเข้าโดนแสงหรือความร้อนจะยุ่ยง่าย (Brittle) และเปลี่ยนสี (Discolor) จากการวัด pH ของกระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ได้ pH = 7.0 ซึ่งเท่ากับน้ำที่ใช้แสดงให้เห็นว่า เป็นกระดาษที่ไม่มีความเป็นกรดหรือด่างใด ๆ จึงน่าจะมีความทนทาน ไม่นับกระดาษที่ได้พบในหอจดหมายเหตุ มหาวิทยาลัยพายัพ

จากการทดลองดึงกระดาษด้วยมือเพื่อทดสอบความเหนียวของกระดาษที่ผลิตจากการทดลองครั้งนี้ เปรียบเทียบกับกระดาษที่ผลิตโดยชาวบ้าน พบว่ากระดาษที่ผลิตขึ้นมาถึงแม้จะบางกว่าแต่ก็มีความเหนียวมากกว่า ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะคุณภาพของเส้นใยสาติกว่า

การกระจายของเส้นใยสาของกระดาษ (Consistency) มีความสำคัญกับการนำมาใช้ในหอจดหมายเหตุ กล่าวคือ เมื่อใช้ปิดทับลงบนเอกสาร สิ่งตีพิมพ์แล้วจะสามารถอ่านหรือมองทะลุเห็นเอกสารเดิมอย่างสม่ำเสมอ (Smooth) ดังเช่น กระดาษสาที่ใช้ทดลองปิดลงเอกสารแสดงในหน้า 58 และหน้า 70 จะสังเกตเห็นว่าเอกสารหน้า 70 ดีกว่าหน้า 58 ทั้งนี้ เพราะกระดาษหน้า 70 มองดูแล้วเรียบตลอดหน้า เวลานำไปอัดสำเนา จะได้เอกสารออกมาชัดเจน สม่ำเสมอตลอดหน้า

#### 4. ค่าใช้จ่ายในการผลิต

จากการคำนวณราคาต้นทุนในการผลิต โดยคิดราคาเปลือกสากิโลกรัมละ 20 บาท (ราคาสูงสุด) ราคาถ่าน 2 ถุง 8 บาท และราคาต่าง (KOH) 150 กรัม ราคา 9.75 บาท พบว่าราคาต้นทุนของการผลิตกระดาษสาชนิดบางธรรมดา ขนาด 21"X18" ราคาแผ่นละ 13 สตางค์ ทั้งนี้ ไม่รวมค่าแรงและค่าอุปกรณ์ กระดาษสา สังกาแพงที่ชาวบ้านผลิต ราคาโรงงานแผ่นละ 25-30 สตางค์ กระดาษสาที่มีคุณภาพดีพอใช้ จำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป เชียงใหม่ ราคาแผ่นละ 3 บาท เมื่อเทียบราคาที่ผลิตแล้ว การผลิตจากการทดลองครั้งนี้ มีราคาต้นทุนการผลิตต่ำกว่าที่ชาวบ้านผลิต นอกจากนี้ คุณภาพของกระดาษจากการทดลองครั้งนี้ก็ดีกว่าด้วย ดังนั้น หากมีความประสงค์จะทำการผลิตจำหน่ายก็สามารถทำได้

#### 5. สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงวิธีการผลิตกระดาษสาของชาวบ้านเมืองภาคเหนือให้สามารถผลิตกระดาษสามาใช้ในงานจดหมายเหตุ ปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจ ทั้งด้านคุณภาพและราคาต้นทุนการผลิต

อุปสรรคของการผลิตกระดาษสาใช้ในงานจดหมายเหตุดังกล่าว มี 3 ประการ คือ

(1) ปริมาณและคุณภาพของเปลือกสาก ดังปรากฏผลการทดลองแล้วว่า มีเปลือกสาบางชนิดเท่านั้น ที่สามารถนำมาผลิตได้ กระดาษสาที่มีคุณภาพตามต้องการ ดังนั้น ปริมาณและชนิดของเปลือกสากจึงมีความสำคัญต่อการผลิตในระยะยาว

(2) วิธีการทุบเปลือกสากที่ย่อยด้วยค่างเรียบร้อยแล้วด้วยข้อนไม้ ทำให้ช้า หากสามารถคิดวิธีการใช้เครื่องจักรกลเข้าช่วยได้ ก็จะทุ่นเวลาและลดต้นทุนได้

(3) วิธีการตักใยสากจากน้ำด้วยตะแกรง ยังคงใช้วิธีการเดิมอยู่ ยังหาวิธีการอันเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีกว่านี้ไม่ได้ หากสามารถหาวิธีการอื่นแทนโดยตักได้แผ่นบาง ลมำเสมอและไม่มีรูได้แล้ว จะสามารถเพิ่มทั้งอัตราการผลิตและคุณภาพของกระดาษสาได้