

การจัดการเทคโนโลยีน้ำยาเคลือบแก้วใบบางพลวงในท้องถิ่นมาใช้ในผลิตภัณฑ์ ศิลาดล

Management of *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb Ash Glaze Technology for Celadon Products*

ณัฐพร จักรวิเชียร Nattaporn Chagwichean^{a,✉} เปรื่อง กิจรัตน์กร Preang Kitratporn^b
ประพันธ์ ธรรมไชย Prapan Tamachai^c ภารดี พันธุ์ภากร Poradee Panthupakorn^d

^a รองคณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Deputy Dean, Faculty of Science and Technology, Chiangmai Rajabhat University

^b รองศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Associate Professor, Phranakorn Rajabhat University

^c รองศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Associate Professor, Chiangmai Rajabhat University

^d รองศาสตราจารย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
Associate Professor, Burapha University

✉ nattaporn_chu@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบบางพลวงที่สำคัญต่อการเกิดเคลือบผิวเครื่องปั้นดินเผาในเถ้าใบบางพลวง และนำเถ้าใบบางพลวงมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาเคลือบซีเถ้าเพื่อพัฒนาศิลาดล ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีหลักที่มีความสำคัญต่องานเครื่องปั้นดินเผา ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของซิลิกอน แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แมงกานีส ซัลเฟอร์ เหล็ก อะลูมิเนียม คลอรีน และแบเรียม ส่วนปริมาณองค์ประกอบทางเคมีรอง ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของสตรอนเทียม ทิตาเนียม นิกเกิล ทองแดง และรูบิเดียม จากผลการทดลองตัวอย่างที่ 32 (จากตัวอย่างทั้งหมด 36 ตัวอย่าง) เป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบซีเถ้าเพื่อพัฒนาศิลาดล ดังนี้ เถ้าใบบางพลวงร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ดินชุดที่ 56 ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก และโพแทสเซิลด์สปาร์ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบรีดักชัน จะได้เคลือบสีเขียวศิลาดล เขียวอมขาว หรือเขียวหม่น ซึ่งมีลักษณะคล้ายศิลาดล

คำสำคัญ: น้ำยาเคลือบ; เถ้าใบบางพลวง; ศิลาดล

Abstract

The purposes of this research were to determine chemical composition of *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb in relation to ash glaze production of celadon products and to experiment using *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb as one element in the mixture of ash glaze in producing celadon. The findings revealed that major chemical components for ceramic works were SiO₂, CaO, K₂O, MgO, P₂O₅, MnO, SO₃, Fe₂O₃, Al₂O₃, Cl and BaO; whereas the minor elements were SrO, NiO, CuO and Rb₂O. From the experiment, sample number 32, from the total of 36 samples, was judged to be the best. The composition of ash glaze in developing celadon for this sample was comprised 30% of *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb ash, 40% of 56B clay and 30% of Potash Feldspar by weight. The sample was burned in reduction firing, descending from 1,250 degrees Celsius. The obtained characteristic of this sample was similar to that of celadon.

Keywords: Glaze; *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb; Celadon

*บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร

บทนำ

เถาพืชทุกชนิดใช้ทำนํ้ายาเคลือบได้ แต่จะให้ผลของสีและผิว ตลอดจนความโปร่งแสงหรือทึบแสงต่างกันไป จึงจำเป็นต้องเลือกพืชให้เหมาะสมกับลักษณะของงานที่จะทำ ที่สำคัญคือการเลือกพืชมาเผาเอาชี้เถ้านั้น ต้องพิจารณาว่าผลที่ได้รับนั้นจะคุ้มค่าและควรทำหรือไม่ และที่สำคัญยิ่งกว่าคือจะต้องไม่เป็นการตัดไม้ทำลายป่าหรือทำลายสภาพแวดล้อมที่ดีของธรรมชาติให้เสียไป ทางที่ดีและหากเป็นไปได้ ควรจะเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมหรือช่วยทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น (Narkbua, 1993: 31 - 46) การใช้เถาไม้และไม้พินเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาที่กำลังมีปัญหาเนื่องจากขาดแคลนไม้พินและเถาไม้ ซึ่งเดิมใช้เถาไม้ก่อนผสมกับไม้รักฟ้านั้นนับวันจะหายากขึ้นทุกปี ทั้งนี้ เพราะมีพระราชบัญญัติคุ้มครองป่าไม้ พุทธศักราช 2484 ห้ามตัดไม้ทำลายป่า ทำให้ไม่สามารถนำไม้ออกจากป่ามาเผาเป็นเถาได้ จึงควรจะมีการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงหาวิธีการที่จะหลีกเลี่ยงการใช้เถาไม้รักฟ้าและไม้มะกอก และพินในการผลิตเครื่องเคลือบดินเผา โดยหาวิธีการนำเอาวัตถุดิบอื่นๆ มาใช้ แต่ยังคงให้ผลผลิตมีลักษณะเช่นเดิมหรือดีกว่าเดิม

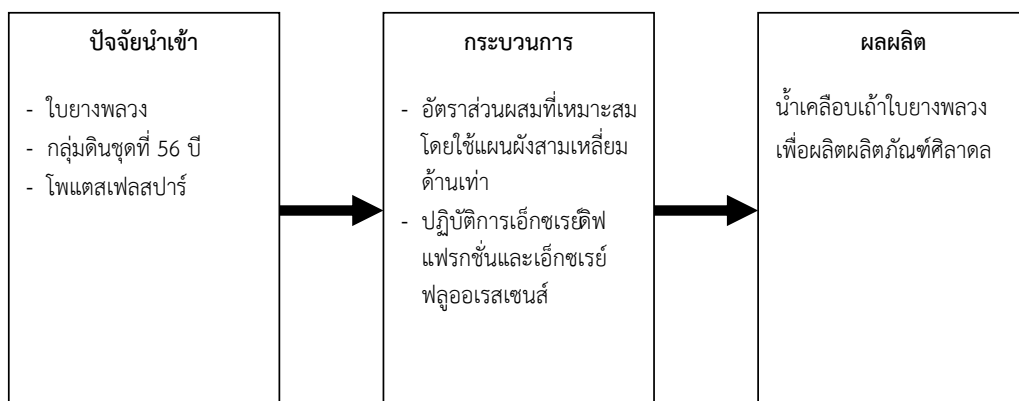
แนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาได้ โดยการนำผลิตภัณฑ์จากป่า คือ ใบไม้ที่ร่วงหล่นอยู่ตามธรรมชาติ นำมาใช้เป็นเถาหลักในการผลิตศิลาดล ประกอบกับพื้นที่ในเขตภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน และแม่ฮ่องสอน มีป่าไม้เบญจพรรณแล้ง ป่าเต็งรังหรือป่าแดงขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งลักษณะของป่าดังกล่าวจะประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้ต่างชนิดขึ้นปะปนกันอยู่ เช่น เต็ง รัง และยางพลวงหรือตองติง เป็นต้น พันธุ์ไม้ดังกล่าวเมื่อฤดูกาลย่างสู่หน้าแล้ง ใบจะร่วงหล่นเกือบทั้งต้น โดยเฉพาะยางพลวง จากภูมิปัญญาของคนในท้องถิ่นจะนำใบยางพลวงที่ร่วงและมีลักษณะสมบูรณ์ จะนำไปใช้เป็นวัสดุขุดหลุมหลังจากตัดอดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ด้วยความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีวัสดุขุดหลุมที่มีคุณสมบัติและคุณภาพที่ดีกว่าวัสดุที่ได้จากธรรมชาติทำให้ปริมาณการนำใบยางพลวงมาใช้มีปริมาณลดลงเป็นผลให้ใบยางพลวงเป็นวัสดุตกค้างอยู่ในพื้นที่ป่าเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการบริหารจัดการจะนำมาสู่การเป็นเชื้อเพลิง อาจก่อให้เกิดไฟป่าที่เผาผลาญป่าไม้ทุกปี เป็นผลให้สูญเสียป่าเศรษฐกิจ และก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการหาค่าองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรองทางเคมีของเถาใบยางพลวงที่สำคัญต่อการเคลือบผิวเครื่องปั้นดินเผา และนำเถาใบยางพลวงมาใช้เป็นส่วนผสมของนํ้ายาเคลือบชี้เถาเพื่อพัฒนาศิลาดล เพื่อทำผลิตภัณฑ์ศิลาดล และเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ท้องถิ่น ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น เพื่อเป็นการอนุรักษ์และส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น ในงานเครื่องปั้นดินเผาชนิดเคลือบชี้เถาที่ต้องอาศัยไม้รักฟ้าและไม้มะกอกในการผลิตศิลาดล จึงเป็นแรงจูงใจหนึ่งที่ทำให้ผู้วิจัยต้องการหาวิจัยเคลือบเถาใบยางพลวง โดยการนำใบยางพลวงจากแหล่งในท้องถิ่นมาทำเป็นเถา และนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อการเคลือบผิวเครื่องปั้นดินเผาในเถาไม้ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรเมตรี (X-ray Fluorescence Spectrometry) เมื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเสร็จสิ้น จะนำเถาใบยางพลวงไปศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนํ้ายาเคลือบเถาใบยางพลวง โดยใช้ระบบตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial Diagram) ระหว่างเถาใบยางพลวง (*Dipterocarpus Tuberculatus* Roxb Plant Ash) แร่ฟันม้า (Feldspar) และดินร่วนหรือดินเหนียวปนลูกรัง นำขึ้นทดลองไปเผาในเตาเผาเครื่องเคลือบดินเผาชนิดใช้แก๊สสูงต้มเป็นเชื้อเพลิง (Intermittent Kiln) บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) และรีดักชัน (Reduction Firing) จากนั้นจะนำเคลือบที่มีคุณสมบัติตามลักษณะของเคลือบชี้เถา นำไปเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผู้วิจัยจัดสร้างขึ้น ผลงานที่ได้ตั้งแต่ต้นจนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์

นำไปใช้ถ่ายทอดเผยแพร่ต่อชุมชน ผลงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ โดยที่การนำใบยางพลงมาใช้เป็นน้ำยาเคลือบของเครื่องปั้นดินเผา ถือว่าเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มอยู่บนพื้นฐานของทรัพยากรในท้องถิ่น และส่งเสริมให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมวัสดุเซรามิก อีกทั้งในส่วนประโยชน์ทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ยังเป็นการป้องกันและลดปริมาณการเผาโดยเฉพาะปัญหาไฟป่าซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมนุษย์แทบทั้งสิ้น ทั้งนี้ เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังคงใช้ประโยชน์จากป่าในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น การล่าสัตว์ การเก็บหาของป่า การเผาป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย และการกำจัดวัชพืชเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้เกิดหมอกควัน ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยหมอกควันที่ลอยอยู่มีฝุ่นละอองและควันพิษ ทำให้ประชาชนป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ เกิดการระคายเคือง หมอกควันจากไฟปายังทำให้เกิดทัศนวิสัยที่ไม่เหมาะสมต่อการจราจรทางอากาศ ทั้งยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดภัยแล้งตามมา นอกจากนี้ไฟปายังก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นและยังเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่องการจัดการเทคโนโลยีน้ำยาเคลือบเถ้าใบยางพลงในท้องถิ่นมาใช้ในผลิตภัณฑ์ศิลาดลครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง โดยอาศัยวิธีการเอ็กซ์เพริเมนต์ หรืออัตราส่วนที่เหมาะสมโดยใช้แผนผังสามเหลี่ยมด้านเท่า และศึกษารวบรวมข้อมูลเอกสารตำรา รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายๆ แห่ง เพื่อให้งานครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ประกอบด้วย ประวัติความเป็นมาของน้ำเคลือบ การศึกษาส่วนผสมของเคลือบซีเมนต์ ตำหนิของเคลือบ คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบในเคลือบเถ้าใบยางพลง การเผาเครื่องเคลือบดินเผา ป่าไม้และไม้ยางพลง เทคนิคการวิเคราะห์เครื่องมือ กรอบแนวความคิดการวิจัยแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการจัดการเทคโนโลยีน้ำยาเคลือบแก้วไบบางพลวงมาใช้ในผลิตภัณฑ์สีลาดประกอบด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้วไบบางพลวง และการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเคลือบแก้วไบบางพลวงตัวอย่าง เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาดังนี้

- การศึกษาแหล่งข้อมูลและกลุ่มตัวอย่าง
- การจัดหาวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง
- การดำเนินการวิจัย
- การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาแหล่งข้อมูลและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ประชากรประกอบด้วย

1. ไบบางพลวง ในบริเวณตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจงจากแหล่งไบบางพลวงที่ร่วนหล่นบนพื้นดินให้เห็นชนิดใบแห้ง เก็บตัวอย่างจำนวน 10 กิโลกรัม วิธีการเก็บตัวอย่างไบบางพลวง ใช้แรงงานคนเดินเก็บ โดยกำหนดบริเวณประมาณ 500 ตารางเมตร
2. ดินร่วนหรือดินเหนียวปนลูกรัง ชุดกลุ่มดินที่ 56B บริเวณตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นพื้นที่ดินที่มีต้นยางพลวง ขึ้นอยู่ร่วมกับดินชุดนี้
3. แร่ฟันม้า ประเภทโพแทสเซียม จังหวัดตาก โดยซื้อจากห้างหุ้นส่วนจำกัด นอร์ทเทิร์นเคมีคอล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
4. ดินดำชนิดดูดอากาศ คอมพาวด์เคลย์ (Compound Clay) เป็นดินที่ผ่านกระบวนการบด และผสมให้เป็นดินที่มีความเหนียวมาก ของบริษัท คอมพาวด์เคลย์ จำกัด แขวงบางซ้น เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ จำนวน 50 กิโลกรัม
5. แก้วไบบางพลวง ได้จากการนำไบบางพลวงแห้ง ในบริเวณตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน มาเผาในเตาเผาไฟฟ้า เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือดังนี้คือ

1. ไบบางพลวงแห้งตามธรรมชาติ
2. ดินร่วนหรือดินเหนียวปนลูกรัง ชุดกลุ่มดินที่ 56B
3. แร่ฟันม้า จากจังหวัดตาก
4. ดินดำดูดอากาศ
5. แก้วไบบางพลวง
6. เตาเผาไบบางพลวงที่ผู้วิจัยจัดสร้างขึ้น
7. เตาเผาไฟฟ้า (High Temperature Furnace)

8. เตาเผาแก๊ส (Gas Kiln)
9. หีบดิน
10. ตะแกรงร่อน (Sieve)
11. เครื่องคัดขนาดอนุภาค (Sieve Shaker)
12. เครื่องชั่งไฟฟ้า (Electric Balance)
13. บอลมิล (Ball Mill)
14. โกร่งบด
15. หม้อบด (Pot Mill)
16. เครื่องวิเคราะห์ธาตุ (X-ray Fluorescence Spectrometer)
17. กล้องถ่ายรูปพร้อมอุปกรณ์

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองครั้งนี้คือ

- วิทยาลัยแม่ฮ่องสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างจากแหล่งประชากรใบยางพลวง และสร้างเตาเผาใบยางพลวงเบื้องต้น
- ห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีเซรามิก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ทำการเผาเถ้าใบยางพลวงให้บริสุทธิ์
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบยางพลวง
- ระยะเวลาที่ทำการทดลอง การทดลองขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2551
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ทำการจัดสนทนากลุ่ม

การดำเนินการวิจัย

ในการทดลองในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. นำใบยางพลวงที่ได้จากแหล่งบริเวณตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอนทำความสะอาดตากให้แห้งสนิทบนพื้นที่ไม่มีดินหรือทรายมาปนเปื้อน ทำการเผาในเตาเผาที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น ทำการเผาโดยการเติมใบยางพลวงเป็นระยะๆ ครั้งละ 1.00 กิโลกรัม
2. นำใบยางพลวงที่ได้จากการเผาในครั้งแรก ไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส โดยการนำเถ้าใบยางพลวงใส่ในภาชนะที่ทนไฟ การเผาครั้งที่สองเป็นการทำให้ใบยางพลวงที่บางส่วนเป็นถ่านกลายเป็นขี้เถ้าที่สุกตัว
3. นำเถ้าใบยางพลวงที่ได้นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อการเคลือบโดยใช้เครื่อง XRFs ของบริษัทฟิลิปส์รุ่น PW 2404
4. การหาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบยางพลวง ในการวิจัยในครั้งนี้หาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบยางพลวงโดยใช้เทคนิคทางเอ็กซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรเมตรี ใช้วิธีการเปรียบเทียบสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยนำเถ้าใบยางพลวงที่บริสุทธิ์ไปบดให้ละเอียด

และเป็นผง (Powder Sample) เพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำสารตัวอย่างมาบดในเครื่องบด (Ball Mill) ประมาณ 3 – 5 นาที หรือจนได้สารตัวอย่างมีความละเอียดมีขนาดเล็กกว่า 200 เมตร แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดขนาด 20.0 – 30.0 ตัน เวลา 10 – 20 วินาที จะได้สารตัวอย่างเป็นแผ่น จากนั้นนำเข้าเครื่องวิเคราะห์เพื่อหาค่าประกอบทางเคมีของถ่านใบยางพลวง

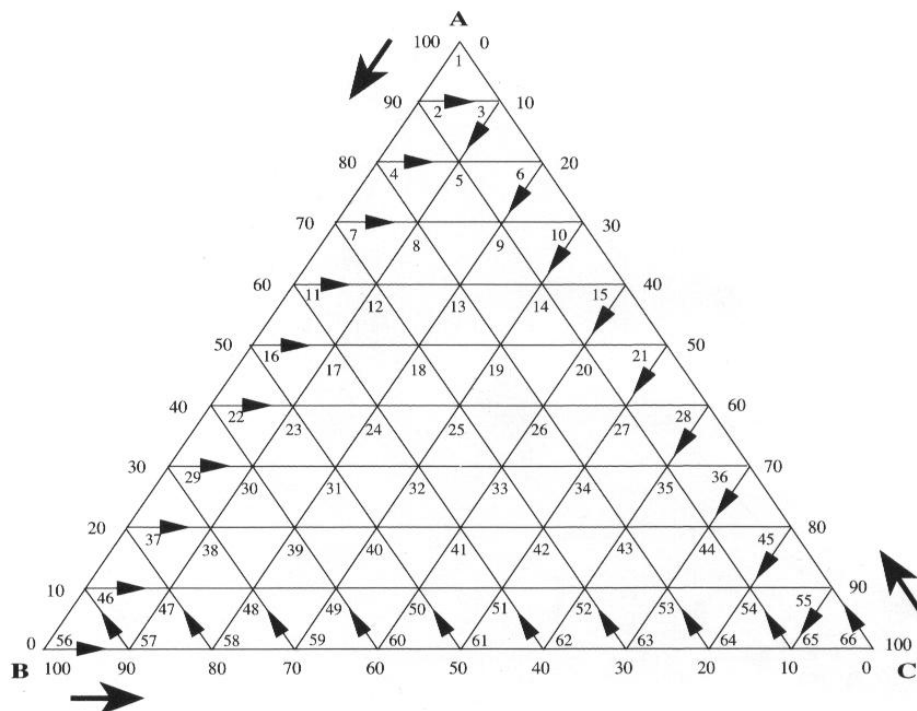
5. การวิเคราะห์ข้อมูลถ่านใบยางพลวง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถ่านใบยางพลวง หลังจากที่ได้ถ่านตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีแล้ว ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีของถ่านพืชชนิดอื่น เช่น ถ่านไม้รูกฟ้า ถ่านไม้มะกอก เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำถ่านใบยางพลวงไปทำเป็นนํ้ายาเคลือบสีลาดที่มีคุณสมบัติตรงตามชนิดของเคลือบสีถ่านพืช

6. การทดลองนํ้าเคลือบเบื้องต้น การศึกษาขั้นต้น จะนำถ่านใบยางพลวงเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เพื่อดูว่าถ่านใบยางพลวงจะสามารถหลอมเป็นเคลือบที่มีสีใด และมีลักษณะด้านหรือมัน จากนั้นจึงนำถ่านใบยางพลวงมาผสมกับวัตถุดิบนํ้าเคลือบ ซึ่งได้แก่ แร่ฟันม้า และดินชุดกลุ่มดิน 56B ในอัตราส่วนต่างๆ กัน เพื่อหาสูตรนํ้าเคลือบถ่านใบยางพลวงที่ดี และเหมาะสมกับเนื้อดินปั้นประเภทสโตนแวร์และเอิเทรินแวร์ได้

7. เตรียมวัตถุดิบน้ำเคลือบ

- ล้างถ่านใบยางพลวงด้วยนํ้าสะอาด 2 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 1 คืน ใช้สายยางดูดนํ้าใๆ ตอนบนทิ้งไป นำไปอบให้แห้ง บดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 150 เมตร

- แร่ฟันม้า จังหวัดตาก และดินร่วนหรือดินเหนียวลูกรัง ชุดกลุ่มดินที่ 56B นำมาบดและร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 150 เมตร



ภาพที่ 2 แผนผังสามเหลี่ยมด้านเท่า

8. การสร้างสูตรน้ำเคลือบ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมในเคลือบถ้าไปยางพลาสามารถเขียนแทนด้วยรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยแบ่งด้านของสามเหลี่ยมออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน วางวัตถุดิบน้ำเคลือบซึ่งได้แก่ A คือ ถ้าไปยางพลา B คือ ดินร่วนหรือดินเหนียวปนลูกรัง และ C คือ แร่ฟอสฟอรัสของสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังภาพที่ 2

9. การเตรียมและการบดเคลือบ โดยชั่งส่วนผสมของน้ำเคลือบจากสูตรในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าแต่ละสูตร สูตรละ 50.0 กรัม นำไปบดในหม้อบดเป็นเวลา 30 นาที เติมน้ำผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอเพื่อปรับความหนืดของน้ำเคลือบให้เหมาะสม

10. การเตรียมชั้นทดสอบในการทดสอบน้ำเคลือบนี้ใช้เนื้อดินปั้นคอมพาวด์เคลย์ โดยนำมาทำเป็นชั้นทดสอบ และนำไปเผาดิบ (Biscuit) ที่อุณหภูมิประมาณ 700-800 องศาเซลเซียส

11. การชุบชั้นทดสอบ โดยนำชั้นทดสอบที่ผ่านการเผาดิบแล้วมาทำความสะอาด โดยใช้ฟองน้ำชุบน้ำหมาดๆ เช็ดให้ทั่วชั้นทดสอบเพื่อกำจัดฝุ่นละออง และไขมันที่อาจติดอยู่แยกชั้นทดสอบออกเป็น 2 ชุด โดยเขียนสูตรเคลือบและบรรยากาศที่ใช้เผาแบบออกซิเดชั่น อีกชั้นหนึ่งเป็นการเผาแบบรีดักชั่น

12. การเผาเคลือบ ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเตรียมน้ำเคลือบจำนวน 36 สูตร ชุบเคลือบชั้นทดสอบสูตรละ 2 ชิ้น นำไปเผาในเตาเผาชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง ในบรรยากาศแบบรีดักชั่น อุณหภูมิที่ใช้เผา 1,250 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นทดสอบหลังจากการเผาเคลือบจำนวน 36 สูตร ทั้ง 2 ชุด เผาช่วงอุณหภูมิและบรรยากาศที่แตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิและบรรยากาศที่แตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์ผลตามตัวแปรตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตของการวิจัย

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของถ้าไปยางพลา

จากการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างโดยการใช้เทคนิคเอ็กซ์เรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence) ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่พบในตัวอย่างและสามารถนำมาทำเป็นน้ำยาเคลือบถ้าไปยางพลา ดังนี้

- ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีหลัก (Major Element) มีปริมาณมากกว่า 0.100 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ SiO_2 , CaO , K_2O , MgO , P_2O_5 , MnO , SO_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Cl และ BaO ตามลำดับ

- ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีรอง (Minor or Trace Element) มีปริมาณเท่ากับหรือน้อยกว่า 0.10 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ SrO , NiO , CuO , และ Rb_2O ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (National Metal and Materials Technology Center, 2009a) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง เถ้าใบยางพลาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
Concentration (%wt)

Element	เถ้าใบยางพลา	Oxide	เถ้าใบยางพลา
O	39.61		
Mg	5.47	MgO	9.08
Al	0.36	Al ₂ O ₃	0.68
Si	18.90	SiO ₂	40.43
P	1.80	P ₂ O ₅	4.13
S	0.47	SO ₃	1.16
Cl	0.65	Cl	0.65
K	8.89	K ₂ O	10.71
Ca	21.53	CaO	30.12
Ti	< 0.01	TiO ₂	< 0.01
Mn	1.59	MnO	2.06
Fe	0.53	Fe ₂ O ₃	0.76
Ni	< 0.01	NiO	< 0.01
Cu	< 0.01	CuO	< 0.01
Rb	< 0.01	Rb ₂ O	< 0.01
Sr	0.04	SrO	0.04
Ba	0.16	BaO	0.18
Total	100.00	Total	100.00

ที่มา: National Metal and Materials Technology Center (2009a)

เถ้าใบยางพลา มีสารประกอบออกไซด์ ที่มีผลต่อการทำน้ำยาเคลือบที่สำคัญดังนี้

- แคลเซียมออกไซด์ (CaO) พบปริมาณ 30.12 % (โดยน้ำหนัก) ทำหน้าที่เป็น ฟลักซ์ (Flux) ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาเคลือบ เมื่อเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่าเล็กน้อย ทำให้ได้ผิวเคลือบที่มีความแข็งแรงติดแน่นทนทาน ยังทำให้ผิวเคลือบมีสีสีขาวหม่นที่เรียกว่าสีคลาดล เพราะแคลเซียมออกไซด์ไปผสมกับเหล็กออกไซด์ที่มีสีเขียว+วเมื่อเผาเคลือบโดยใช้วิธีดักชั้น

- แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) พบปริมาณ 9.08 (โดยน้ำหนัก) ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดการสูกตัว และได้ผิวเคลือบที่เรียบมองดูแน่นหนาจับต้อง เมื่อเผาเคลือบด้วยวิธีดักชั้นที่อุณหภูมิสูง และยังมีผลต่อการเกิดสีบนเคลือบ

- ซิลิกา(SiO₂)พบมีปริมาณมากที่สุดในเถ้าไม้ตัวอย่างปริมาณ 40.43 (โดยน้ำหนัก)ซึ่งเป็นสารประกอบที่สำคัญในการทำน้ำยาเคลือบเพราะว่าตัวมันเองเมื่อหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงจะกลายเป็นแก้ว(Glass)ซิลิกามีสมบัติของการขยายตัวสูง จึงทำให้เกิดการเคลือบได้ทั่วพื้นผิวของเครื่องปั้นดินเผาที่น้ำเคลือบ

- สารประกอบออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) พบปริมาณ 0.76 (โดยน้ำหนัก) ทำหน้าที่เป็นได้ทั้ง Fluxing agent และเป็นตัวทำให้เกิดสีที่ผิวเคลือบ โดยจะให้สีเหลือง ถึงสีน้ำตาลไหม้

จากการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเคลือบแก้วไปยังพลวง จำนวน 36 สูตร เมาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ใน 2 บรรยากาศที่แตกต่างกัน จะได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเคลือบแก้วไปยังพลวง คือ สูตรที่ 32 ประกอบด้วยแก้วไปยังพลวง 30 ส่วน ดินซุติที่ 56B 40 ส่วน และโพแทสเซิลด์สเปอร์ 30 ส่วน เมาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น เคลือบมีการหลอมตัวดีมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบมันวาว มีการร้าวแต่น้อย สีที่ได้จะให้สีเขียวอมขาวหรือเขียวหม่น มีลักษณะคล้ายเคลือบศิลาดลที่ทำนํ้ายาเคลือบจากแก้วไม่รกร้า แก้วไม่เม้ะก่อตาหุม และดินหนํ้า นํ้า วิธีการดูและเลือกสภาวะที่เหมาะสม ได้จากการจัดสนทนา กลุ่ม โดยมีผู้แทนที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกจากการสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 12 คน ประกอบด้วยผู้แทนผู้ประกอบการงานทางเครื่องปั้นดินเผาที่ต้องอาศัยแก้วพื้มาทำนํ้ายาเคลือบ ผู้แทนนักวิชาการทางเครื่องปั้นดินเผาหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้แทนผู้บริโภค จากการสัมภาษณ์วิชาการ กลุ่มผู้แทนดังกล่าว ให้ความเห็นตรงกันกับตัวอย่างสูตรที่ 32 ว่ามีลักษณะสีและคุณสมบัติของเคลือบที่ได้คล้ายกับเคลือบสังคโลก หรือเคลือบศิลาดล ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ดินชุดที่ 56B

โฟมเตสเฟลด์สปาร์

30



ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำเคลือบเถ้าใบยางพลวง จากสูตรที่ 32

อภิปรายผล

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบยางพลวงและการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยาเคลือบเถ้าใบยางพลวงในเถ้าไม้ตัวอย่าง พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าใบยางพลวงในตำบลปางหมู อำเภอปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีหลักที่สำคัญสามารถนำไปทำเป็นน้ำยาเคลือบได้ คือ ซิลิกาออกไซด์ 40.4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมออกไซด์ 30.1 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมออกไซด์ 10.7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินปูน มีสารประกอบแร่ธาตุต่างๆ ประกอบอยู่ ลักษณะและสมบัติของดินหรือก้อนกรวดปริมาณมากกว่า 35.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ภายใต้ความลึก 50.0 เซนติเมตรจากผิวดิน กลุ่มดินเป็นกลุ่มดินชุดที่ 56B (Land Development Department, 2002) องค์ประกอบหลักทางเคมีของกลุ่มดินชุดที่ 56B คือ ซิลิกาออกไซด์ 68.4 เปอร์เซ็นต์ อะลูมินาออกไซด์ 17.9 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมออกไซด์ 5.42 เปอร์เซ็นต์ และเหล็กออกไซด์ 5.46 เปอร์เซ็นต์ (National Metal and Materials Technology Center, 2009b) ใบยางพลวงที่ผู้วิจัยนำมาทดลองในครั้งนี้ ได้จากต้นยางพลวงที่ขึ้นอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 56B ในเขตตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน หลักทั่วไปของการเจริญเติบโตของพืช อาศัยน้ำผ่านการดูดซึมจากทางราก นำไปเป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโตโดยวิธีการสังเคราะห์แสง แร่ธาตุต่างๆ จึงดูดซึมผ่านทางรากขึ้นไปทางลำต้น กิ่ง และใบ แร่ธาตุใดที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง จะถูกเก็บค้างไว้ในเนื้อเยื่อบริเวณลำต้น กิ่งก้าน และใบ เช่น แคลเซียมจะพบแทรกอยู่ในใบในรูปแคลเซียมออกซาเลต Khoomgratok, Wongpakam, Klinhom & Maihom (2006) ได้กล่าวว่า สารที่ก่อตัวในเนื้อเยื่อพืชที่สะสมในรูปของผลึก เรียกว่า แคลเซียมออกซาเลต (Calcium oxalate) ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างกรดออกซาลิก (Oxalic Acid) กับแคลเซียม (Calcium) กลายเป็นผลึกเล็กๆ ที่อยู่เดี่ยวๆ หรือรวมกันเป็นกลุ่ม (Compound Structure) มีรูปร่างต่างๆ เช่น ผลึกรูปดอกกุหลาบ (Rosette) ผลึกรูปดาว (Druse) หรือผลึกรูปแท่ง (Prismatic) ผลึกรูปเข็ม (Raphide) หรือผลึกรูปเม็ดทราย (Crystal Sand) และซิลิกาที่พบในดิน กิ่ง และก้าน เมื่อนำเนื้อไม้มาพิสูจน์จะพบผลึกของซิลิกาปะปนอยู่

จากการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในเถ้าใบยางพลวง ด้วยเทคนิคทางเอ็กซ์เรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ พบปริมาณองค์ประกอบทางเคมีหลักและรองดังได้กล่าวแล้วนั้น แสดงว่าในพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีแร่ธาตุชนิด

นั้นปะปนอยู่ในพื้นดิน และเมื่อนำเข้าไบบางพลวงมาทำเป็นน้ำยาเคลือบจึงได้สีที่แตกต่างกันไปโดยแร่ธาตุชนิดต่างกันั้น Narkbuo (1993, pp. 2 – 7) ได้กล่าวว่าแร่ฟันม้า แคลเซียมคาร์บอเนตและซิลิกา สามารถนำมาทำเคลือบสีลาดได้ดี ดังนั้น การทำเคลือบสีลาดต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับชนิด ประเภทของพืช ตลอดจนแหล่งกำเนิดของพืชชนิดนั้นๆ เพราะอาจส่งผลต่อปริมาณสารต่างๆ ที่แทรกอยู่ในพืชนั้นๆ เช่นเดียวกับ Birkhimer (2006, pp. 5 – 6) ได้กล่าวว่า ส่วนที่สำคัญที่ก่อให้เกิดเคลือบได้แก่ แคลเซียมและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดจุดสุกตัว และทำให้เกิดความแข็ง ส่วนผสมที่เป็นองค์ประกอบหลักขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ แหล่งที่ต้นไม้นั้นขึ้นอยู่ อายุของพืช ตลอดจนส่วนของต้นไม้ เช่น ต้น เปลือก ใบ และตา แต่ส่วนที่จะให้สารประกอบมากที่สุด คือ เปลือกและใบ

จากผลการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเถ้าไบบางพลวง 30 ส่วน ผสมกับดินชุดที่ 56B 40 ส่วน และโพแทสเซิลด์สปาร์ 30 ส่วน เเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น พบว่า มีสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของเคลือบ การสุกตัวของเคลือบ การรานตัวของเคลือบ ดังนี้

การสุกตัว

เคลือบมีการหลอมตัวดี มีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบ มันวาว เป็นเพราะการเผาที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิช่วง 1,050 องศาเซลเซียส สารที่ช่วยหลอมละลาย คือ แร่ฟันม้า แคลเซียมจะเริ่มก่อปฏิกิริยากลายเป็นเนื้อแก้วในเคลือบและในเนื้อดินปั้น และในอุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส เกิดโครงสร้าง Mullite ที่สมบูรณ์ จึงทำให้เคลือบมีลักษณะดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับ Eingsiriwat (1994, p. 18) ได้กล่าวว่า เฟลด์สปาร์หรือหินฟันม้า เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลาย 1,180 – 1,200 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นเคลือบได้ตามธรรมชาติ มีต่าง กลาง และกรด ประกอบกับในเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบมีสารประกอบที่สำคัญคือซิลิกา เมื่อซิลิกาหลอมเหลวแล้วเย็นตัวลงจะกลายเป็นแก้วฉาบอยู่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้เกิดความเรียบและมันวาว การหลอมตัวดี เพราะในน้ำยาเคลือบมีแคลเซียมออกไซด์ ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัว จึงทำให้เคลือบหลอมละลายได้ดี และทำให้เกิดความแข็ง เคลือบที่มีอัตราส่วนผสมของแร่ฟันม้า และเถ้าไบบางพลวงร้อยละ 20 – 80 และดินชุดที่ 56B มีสัดส่วนที่น้อยจะทำให้เคลือบมีการหลอมตัวที่ดี เคลือบมีความมันวาวในบรรยากาศแบบรีดักชั่น เนื่องจากแร่ฟันม้าและเถ้าไบบางพลวงมีคุณสมบัติเป็นต่าง ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ น้ำเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้นทำให้เคลือบมีผิวเรียบ มีความมันวาว

การรานตัว

การรานตัวในอัตราส่วนผสมที่ 32 พบการรานตัวของผิวชั้นทดสอบน้อย เนื่องจากเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเคลือบที่ต้องอาศัยเถ้าพืชเป็นส่วนผสม ซึ่งลักษณะการรานตัวจะปรากฏขึ้น แต่ในชั้นทดสอบที่มีการรานตัวน้อย เนื่องจากปริมาณของซิลิกาหรือทรายที่มีอยู่ในปริมาณมากในเถ้าไบบางพลวง และดินชุดที่ 56B เป็นสาเหตุให้ผิวชั้นทดสอบมีการรานตัวน้อย ประกอบกับผู้วิจัยได้ทำการยีนไฟเป็นเวลา 60 นาที และเปิดเตาเผาที่อุณหภูมิน้อยกว่า 200 องศาเซลเซียส

สีของเคลือบ

สีของเคลือบที่ได้จากการทดลองในสูตรที่ 32 มีลักษณะของสีที่ได้แตกต่างกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบวิธีการเตรียมเถ้าไบบางพลวง วิธีการชุบเคลือบและบรรยากาศ ซึ่งการเผาไบบางพลวงที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส นำไปผสมเป็นน้ำยาเคลือบสูตรที่ 32 ใช้เวลาบดเคลือบ 5 ชั่วโมง ชุบเคลือบหนา เเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น สีของเคลือบที่ได้จะให้สีเขียวอมขาว หรือสีเขียวหม่น ซึ่งมีลักษณะคล้ายสีลาด เป็นเพราะเหล็กออกไซด์ที่ให้สีเขียว และแคลเซียมออกไซด์ที่ให้สีขาว เกิดการรวมตัว

กันทำให้ได้สิ่งดังกล่าว ประกอบกับเกิดจากการเคลื่อนหา ทำให้เคลือบปิดทับเนื้อดินขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ผลการศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้รู้ว่า ในสารตัวอย่างที่เป็นเถาไม้ไผ่อย่างพลวงในตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันออกไปจากเถาพืชชนิดอื่น และแหล่งกำเนิดพืชนั้น เหตุผลที่เถาไม้ไผ่แต่ละแห่งมีปริมาณขององค์ประกอบแตกต่างกันพอสรุปได้ดังนี้

- พันธุ์ไม้แต่ละชนิดต้องการปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับอายุพืช ฤดูกาล แหล่งที่ต้นไม้นั้นขึ้นอยู่ ตลอดจนส่วนของต้นไม้ ส่วนที่จะให้สารประกอบมากที่สุดคือใบและเปลือก

- พื้นที่ดินแต่ละแห่ง มีความแตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณสารประกอบหลักและรองในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน พื้นที่ดินในตำบลปางหมู อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีสารประกอบหลักคือ ซิลิกา อะลูมินา โพแทสเซียม และแมกนีเซียม

- การเก็บพืชเพื่อนำมาเผาเป็นเถาไม้ กรรมวิธีการเผาแบบพื้นบ้านใช้อุณหภูมิไม่สูงเท่ากับการเผาในเตาเผาในห้องปฏิบัติการ มีผลต่อการเกิดลักษณะเคลือบที่แตกต่างกัน

- การทำเคลือบขึ้นเถาพืช เพื่อให้ได้คุณภาพที่สม่ำเสมอ จำเป็นต้องมีการล้างขี้เถาก่อนนำไปผสมเป็นน้ำยาเคลือบ

- ตำแหน่งของการวางผลิตภัณฑ์ขณะเผาเคลือบจะทำให้สีและลักษณะที่แตกต่างกัน ควรจัดบันทึกตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ที่ให้ผลดีเพื่อการควบคุมคุณภาพการผลิต

ข้อเสนอสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

- ควรศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์พืชชนิดเดียวกันที่ขึ้นอยู่ในแหล่งต่างกัน ว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีในเถาเหมือนหรือแตกต่างกันเพียงใด

- ควรศึกษาทดลองปลูกพืชชนิดใดเร็วในพื้นที่ดินที่มีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อการเกิดเคลือบ

- ควรมีการนำเถาไม้ไปย่างพลวงไปทดลองผสมกับเถาไม้ชนิดอื่นๆ เพื่อศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของเคลือบ

- ควรศึกษาแนวทางส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น ในเรื่องเครื่องเคลือบดินเผาให้กับท้องถิ่น โดยยึดหลักเศรษฐกิจแบบพอเพียง

- ควรศึกษาการจัดการการผลิต การจำหน่าย และการขนส่งสินค้า

เอกสารอ้างอิง

Land Development Department. (2002). *Manual on Soil and economic crop management for farmers: Maehongson* [In Thai: คู่มือจัดการดินกับพืชเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกร: จังหวัดแม่ฮ่องสอน]. Bangkok: Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives.

- Eingsiriwat, P. (1994). *Ceramic glaze knowledge bank* [In Thai: รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์]. Bangkok: Odien Store.
- National Metal and Materials Technology Center. (2009a). *Analysis of Dipterocarpus tuberculatus Roxb. Ash glaze* [In Thai: รายงานผลการวิเคราะห์เถ้าใบยางพลวง]. Unpublished report, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani.
- National Metal and Materials Technology Center. (2009b). *Analysis of soil series 56B* [In Thai: รายงานผลวิเคราะห์ดินชุดที่56B]. Unpublished report, National Science and Technology Development Agency, Pathumthani.
- Khoomgratok, S., Wongpakam, K., Klinhom, U. & Maihom, P. (2006). Examination of Calcium oxalate from Indigenous Vegetables [In Thai]. *Agricultural Science Journal*, 37 (6, Suppl), 189 – 192.
- Narkbua, S. (1993). *Wood ash glaze* [In Thai: เคลือบขี้เถ้าพืช]. Bangkok: J. Film Process.
- Birkhimer, B. C. (2006). *Wood Ash Glaze*. Unpublished Master's thesis, College of Creative Arts, West Virginia University. Retrieved December 9, 2010, from http://wvusolar.wvu.edu:8881/exlibris/dtl/d3_1/apache_media/L2V4bGlicmlzL2R0bC9kM18xL2FwYWNoZV9tZWVpYS8yMTAzNQ==.pdf