



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์



โครงการย่อยที่ 3: นวัตกรรมการพัฒนาดินปั้นที่มีประกายมุกสำหรับการประยุกต์ใช้ในการปั้นขึ้นรูปเครื่องประดับตกแต่งและงานศิลปหัตถกรรม: “ดินจุฬาฯ”
ดินปั้นประกายมุกแปรรูปจากเปลือกหอยแมลงภู่นำจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล
Innovative Process Development of Pearlescent Clay for the Creative Artworks on
Jewelry, Decoration, and Handicraft: “CHULA Clay”

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณิศ วังษ์ระวี
รองศาสตราจารย์ ดร. สอนอง เอกสิทธิ์
นายทชณิตร เขียวทนต์

เสนอขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้กรอบแผนงานวิจัย 15 กลุ่มเรื่องเร่งด่วน
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
ประจำปีงบประมาณ 2555

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “นวัตกรรมการพัฒนาดินปั้นที่มีประกายมุกสำหรับการประยุกต์ใช้ในการปั้นขึ้นรูปเครื่องประดับตกแต่งและงานศิลปหัตถกรรม: “ดินจุฬาฯ” ดินปั้นประกายมุกแปรรูปจากเปลือกหอยแมลงภู่จากอุตสาหกรรมอาหารทะเล” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับการอนุเคราะห์จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการขึ้นรูปงานศิลปะและจัดแสดงผลงานจนได้รางวัลระดับชาติและนานาชาติมากมาย รวมทั้งการสนับสนุนเงินทุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555 ในโครงการทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้กรอบแผนงานวิจัย 15 กลุ่มเรื่องเร่งด่วน

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ (Sensor Research Unit) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีหน่วยของคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการอนุเคราะห์นำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ขึ้นรูปงานศิลปะที่มีความงดงามกว่าการใช้ดินปั้นที่สั่งมาจากต่างประเทศ

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2558

แบบรายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) นวัตกรรมการพัฒนาดินปั้นที่มีประกายมุกสำหรับประยุกต์ใช้ในการปั้นขึ้นรูปเครื่องประดับและตกแต่งงานศิลปหัตถกรรม: “ดินจุฬาฯ” ดินปั้นประกายมุกแปรรูปจากเปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล

(ภาษาอังกฤษ) Innovative Product Development of Pearlescent Clay for the Creative Artworks on Jewelry, Decoration, and Handicraft: “CHULA Clay”

ได้รับการสนับสนุนประจำปี 2555 **จำนวนเงิน** 589,880 **บาท**
ระยะเวลา 15 เดือน **เริ่มดำเนินงานเมื่อ** 20 กรกฎาคม 2555 **ถึง** 30 ตุลาคม 2556
รายงานฉบับสมบูรณ์ (ขยายเวลาในการส่งรายงาน)

รายนามคณะผู้ดำเนินงานพร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์
หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณิศ วังษ์รวี

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
 โทรศัพท์ 0-2218-7591 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-7585
 E-Mail: kanet.w@chula.ac.th

ผู้ร่วมงานวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. สนอง เอกสิทธิ์

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1009 01363 16 6
 หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ (Sensor Research Unit)
 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
 โทรศัพท์ 0-2218-7588 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-7585
 E-Mail: sanong.e@chula.ac.th, Website: www.sru.research.chula.ac.th

นายทชณิตร เอียรทนต์

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 1 1012 00028 02 1

127/ 2 ซอยตากสิน 23 ถนนพระเจ้าตากสิน แขวงบุดโคโล เขตธนบุรี กทม. 10600

โทรศัพท์ 081-628-2482

E-mail: champbc150@gmail.com

หน่วยงานหลัก

หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ (Sensor Research Unit)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10300

โทรศัพท์ / โทรสาร 0-2218-7585

E-mail: sru@chula.ac.th, website: www.sru.research.chula.ac.th

หน่วยงานสนับสนุน

งานพัฒนาและบริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10300

โทรศัพท์ 0-2218-5511 โทรสาร 0-2218-5000

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณศ วังษ์ระวี)

หัวหน้าโครงการ

วันที่

บทคัดย่อ

เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีขนาดในช่วง 5-50 ไมโครเมตร มีรูปผลึกเป็นแบบอะราโกไนต์และมีประกายมุกสามารถสกัดแยกได้จากเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยวิธีการทางเคมี เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตดังกล่าวได้ถูกนำมาเป็นส่วนประกอบหลักในการสร้างดินปั้น ชื่อว่า “ดินจุฬาฯ” โดยดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นมีอยู่ 2 สูตร คือดินจุฬาฯ สูตร 1 ซึ่งมีเนื้อดินละเอียดเหมาะสำหรับการขึ้นรูปงานศิลปะขนาดเล็กที่มีความละเอียด และดินจุฬาฯ สูตร 2 ซึ่งมีเนื้อดินหยาบเป็นประกายเหมาะสำหรับการขึ้นรูปงานศิลปะขนาดใหญ่ โดยดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 สูตรนั้นมีอัตราการแห้งช้ากว่าดินปั้นทั่วไป (M&G และ Clay work) และมีส่วนประกอบหลักเพียงแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สิ่งประดิษฐ์นี้นับเป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะที่ได้จากอุตสาหกรรมอาหารทะเล อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้มีความสามารถในเชิงศิลปะได้นำไปประยุกต์เพื่อประดิษฐ์งานศิลปะในเชิงการศึกษาหรือสร้างอาชีพเพื่อใช้หารายได้ต่อไป

Abstract

Pearlescent aragonite calcium carbonate flake with size approximately 5 – 50 micrometers was successfully separated from waste Thai green mussel shells. The calcium carbonate flakes were used to develop as clay, namely “Chula clay”. Chula clay was generated by using two formulas. First formula of Chula clay was suitable for creating a small artwork with complicated designs, when second formula of Chula clay was used to craft a larger artwork with modest designs. The developed Chula clay (both formula) is dried with slower rate than commercial clay (M&G and clay work in this case). Furthermore, the main component of Chula clay contains only calcium carbonate, which does not harmful to any inventors. This invention increases the amount of waste green mussel shell from the seafood industries. This research work offers and encourages any artists to be used in art education system in order to creating the good artwork or produce in the large scale for business.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โครงสร้างหลักของแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอย	7
2.2 ชนิดของดินปั้น	9
2.3 การผสมดินปั้น	13
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัยและการออกแบบการทดลอง	14
บทที่ 4 พัฒนาดินแบบดินจุฬาฯ และการประเมินผล	
4.1 การคัดแยกขนาดของเปลือกหอยแมลงภู่สำหรับการใช้ผสมเป็นดินต้นแบบ	16
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต	18
4.3 การวิเคราะห์ทางเคมีของเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้	20
4.4 การเปรียบเทียบดินต้นแบบและดินปั้นที่มีขายตามท้องตลาด (Clay works and M&G)	21
4.5 ชิ้นงานศิลปะเมื่อปั้นด้วย “ดินจุฬาฯ”	25
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	28

สารบัญญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 รูปแสดงดินปั้นชนิดต่าง ๆ และชิ้นงานที่ปั้นได้	2
รูปที่ 1.2 แนวทางการดำเนินงานของโครงการวิจัย (A) เปลือกหอยแมลงภู่มะนาว (B) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มะนาว (C) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตผสมกับตัวสารบายเดอร์เพื่อทำเป็น “ดินจุฬา” (D) นำ “ดินจุฬา” ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานศิลปะ	4
รูปที่ 2.1 ภาพชิ้นส่วนของเปลือกหอยแมลงภู่มะนาวจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (A), ภาพวาดแสดงโครงสร้างของเปลือกหอยแมลงภู่มะนาว (B), ภาพแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (C), และภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงความหนาของแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนต (D) ซึ่งสามารถพบโครงสร้างในลักษณะคล้ายกันในเปลือกหอยเป่าฮื้อ และเปลือกหอยมุก	7
รูปที่ 2.2 ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในบันทึกภาพ และแถบการสะท้อนแสงของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อน (A), ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และภาพตัดขวางของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อนตามสีต่าง ๆ (B) และแถบการสะท้อนแสงที่สอดคล้องกับแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อนที่แสดงในรูป B (C)	8
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างดินปั้นพอลิเมอร์จากประเทศเยอรมนียี่ห้อ Fimo และตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ	10
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างดินปั้นญี่ปุ่นและตัวอย่างชิ้นงานศิลปะจากดินปั้นญี่ปุ่น	11
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างดินปั้น vanda clay และตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ	12
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างดินปั้นไทยเจ้าพระยาและตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ	13
รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเกร็ดประกายมุกศึกษาด้วย (ซ้าย) กล้องไมโครสโคปกำลังขยาย 20X และ (ขวา) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100X	16
รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย (A) x1,000 (B) x3,000 (C) x5,000 และ (D) x10,000	18
รูปที่ 4.3 ลักษณะของแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตที่จัดเรียงตัวกันในเปลือกหอยแมลงภู่มะนาว	18
รูปที่ 4.4 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเปลือกหอยแมลงภู่มะนาว (Virgin shell) เปลือกหอยแมลงภู่มะนาวที่ผ่านการล้าง (Treated shell) และเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต (Aragonite plate) ที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง TGA	19
รูปที่ 4.5 รามานสเปกตรัมของ (A) Virgin shell, (B) Treated shell, (C) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มะนาว และ (D) CaCO_3 ในรูป calcite	21

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของดินปั้น M&G และ Clay works เปรียบเทียบ กับดินปั้นต้นแบบ Chula clay	22
รูปที่ 4.7 อัตราการระเหยของน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ต้นแบบ Chula clay และดินปั้นตรา M&G Clay works ที่ 40 องศาเซลเซียส	22
รูปที่ 4.8 กราฟการสลายตัวของส่วนผสมในดิน Chula clay ดินปั้นตรา M&G และ Clay works ในช่วงอุณหภูมิ 50-700 องศาเซลเซียส	23
รูปที่ 4.9 (A) IR สเปกตรัมของดินปั้น Chula clay, M&G และ Clay works (B) IR สเปกตรัมของสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของดินปั้น Clay work และดินปั้น M&G	24
รูปที่ 4.10 รูปภาพของดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1 และชิ้นงานสำเร็จจากดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1	25
รูปที่ 4.11 รูปภาพของดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2 และชิ้นงานสำเร็จจากดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2	25

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางแสดงขนาดของเกร็ดประกายมุก	17

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จุดเริ่มต้นของดินที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ ที่เรียกว่าดินญี่ปุ่นหรือดินไทย มีนำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่กลับไม่ใช่ประเทศญี่ปุ่นอย่างนี้เราเข้าใจกัน โดยแท้เริ่มมาจากประเทศในทวีปยุโรปแต่เริ่มที่ยุโรปราวประมาณ 50-60 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ.1940-1950) เกิดจากความเนื่องจากบังเอิญซึ่งคนยุโรปในสมัยมักจะทานอาหารประเภทขนมปังเป็นอาหารหลัก ดังนั้นจึงเกิดแป้งที่เหลือใช้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง จึงได้มีผู้ที่คิดลองเอามันเป็นของต่างๆ เช่น ตุ๊กตา ตัวสัตว์ และดอกไม้ จากนั้นก็ได้มีการคิดพัฒนามาเรื่อยๆ โดยมีการเพิ่มสีส่น และสารป้องกันเชื้อรารวมทั้งแมลงที่จะทำให้ลายชิ้นงานซึ่งมีการปรับสูตรมาเรื่อยๆ ตามลำดับ ต่อมาเมื่อประมาณสักปี ค.ศ.1970 หรือประมาณ 30 ปีที่แล้ว เกิดมีชาวญี่ปุ่นเห็นชาวยุโรปปั้นเป็น รูป ร่างต่างๆก็กลับมาคิดพัฒนา เป็นแป้งปั้นของญี่ปุ่น แต่ก็มีข้อเสียเหมือนกับทางยุโรปเช่นกันจนทำให้เกิดการปรับปรุงให้เกิดเป็นดินปั้นขึ้นชนิดใหม่ขึ้นมา จนคล้ายรูปแบบของดินเหนียว (Clay) ส่วนผสมในตอนแรกก็ทำมาจาก แป้งทำอาหาร เหมือนกัน (แต่ปัจจุบันเกิดแป้งทางเคมี) ที่ประเทศญี่ปุ่นในยุคก่อนนำมาปั้น ตุ๊กตา แบบเหมือนจริง ก็จะมีผสมกระดาษปนเข้าที่เรียกว่า ดินเยื่อกระดาษ ส่วนการทำดอกไม้ ก็ใช้ดินแป้งทำ หลังจากนั้น ก็มีโรงเรียนเล็กๆเกิดขึ้นมากมาย เพื่อสอนการทำงานฝีมือประเภทนี้ขึ้นในขณะเดียวกันเกิดบริษัทที่ผลิตออกมาจำหน่ายเป็นจำนวนมากเช่นกัน หลากหลายยี่ห้อ ส่วนยี่ห้อที่นิยม กันดีก็คือ ดิน LUNA CLAY หลังจากนั้นไม่นานนักดินญี่ปุ่นก็เริ่มเข้ามาในประเทศไทย ประมาณปี พ.ศ.2530 เกิดการนำดิน ญี่ปุ่น มาปั้นเป็นดอกไม้ เป็นตุ๊กตา โดยผู้สอนก็เป็นอาจารย์ชาวญี่ปุ่น ในตอนนั้นมีคนไทยสนใจเป็น จำนวนมาก แต่ก็ยังไม่แพร่หลาย ทำกันเฉพาะกลุ่ม โดยส่วนจะเป็นการทำเพื่อเป็นอดิเรกมากกว่า ไม่ได้ ทำเพื่อจำหน่าย หลังจากนั้นไม่นานนักคนไทยเป็นคนรักเรื่องงานฝีมือก็คิดมาดินไทยขึ้นมาบ้าง ก็เกิดจาก แป้งเหมือนในทุกๆประเทศที่เริ่มคิดสูตร เป็นของที่ระลึกตามแหล่งท่องเที่ยวรูปแบบต่างๆ และส่วนหนึ่งที่ครูสอนที่สอนหนังสือ นำแป้งที่ทำเองมาสอนนักเรียนในวิชางานประดิษฐ์ในหลายๆ โรงเรียน ส่วนกลุ่มที่ทำขายก็พัฒนาด้านฝีมือในการทำให้สวยงาม ซึ่งดินชนิดนี้เป็นดินที่ไม่เป็นอันตราย ทำจากวัตถุดิบธรรมชาติ ไม่มีสารพิษเจือปน เนื้อดินละเอียดแมลงไม่กัดกิน และสามารถปั้นเป็นภาพติดผนังได้ ไม่มีรอย แตกเมื่อดินแห้งดินที่แห้งแล้วสามารถแกะสลักได้ ถ้าต้องการเคลือบเงาก็ให้ใช้น้ำยาเคลือบอีกครั้ง เมื่อสีแห้งจะได้สีดินที่คล้ายกระเบื้องเคลือบ ถ้ามีรอยแตกหักสามารถใช้กาวยึดได้ ดินที่ยังไม่ได้ปั้นหรือใช้งานหากเกิดการแข็งตัว สามารถแช่น้ำให้อ่อนตัวและใช้งานต่อได้ แต่การที่มันเป็นเยื่อกระดาษ คือมันก็ยังมียลักษณะแบบขนๆของกระดาษอยู่ดี ต้องมาตกแต่งและจัดการเก็บรายละเอียดอีกที่ตัวอย่างดินที่มี

การวางจำหน่ายเชิงพาณิชย์ "Homespun" หรือที่เราเรียกกันติดปากว่า ดินญี่ปุ่น ซึ่งแพร่หลายในประเทศไทยเช่นกัน ตอนนี้มีสีของดินออกมาให้เลือกนอกจากสีขาว ถึง 3 สี (สีบรอนซ์ สีน้ำตาล สีขาว)



รูปที่ 1.1 รูปแสดงดินปั้นชนิดต่างๆ และชิ้นงานที่ปั้นได้

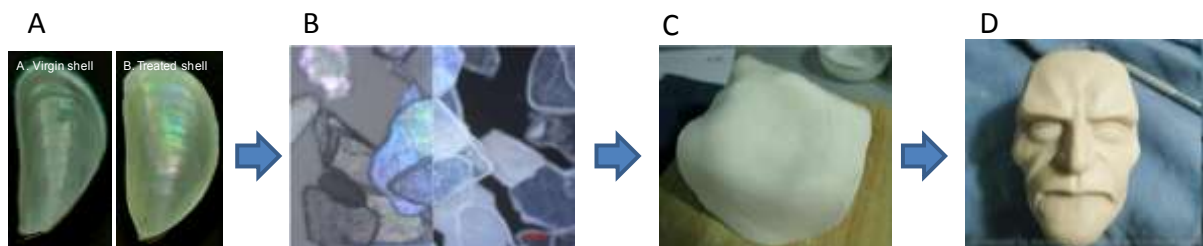
"Woody Clay" เป็นดินปั้นที่มีส่วนผสมของผงไม้ เพื่อให้ปรับแต่งได้หลังดินแห้ง ถ้าขัดผิวจะได้ผิวมันวาว ตัวดินเมื่อแห้งจะคล้ายดินเผา ส่วนตัวสีบรอนซ์ จะได้ออกมาเป็นสีบรอนซ์ธรรมชาติ ทาสีได้ง่ายและติดทนนานภายหลังแห้ง "White Clay" อันนี้คล้าย Homespun เนื้อดินเวลานั้นจะไม่ค่อยยืดหยุ่นตัว ลักษณะเนื้อดินคล้ายกับดินสอพอง เวลาโดนน้ำ เนื้อมีลักษณะคล้ายแป้งแห้งแล้วจะแข็งและค่อนข้างเปราะ ต้องลองบางคนอาจจะชอบ ตอนที่เอามาลองปั้นเราชอบตรงที่มันแห้งไวเวลาอบก็แห้งไวกว่า Homespun "Soft Clay Kids" ทำจากวัตถุดิบธรรมชาติ สีที่ผสมไม่เป็นอันตราย ไม่มีสารพิษเจือปน และแมลงไม่กัดกิน สามารถปั้นตุ๊กตา ทำพวงกุญแจ ใช้หุ้มแกนชนิดอื่นๆได้ง่าย มีความยืดหยุ่นสูง เนื้อดินจะมีความเบา ใช้ง่าย ไม่ติดมือ มี 4 สี น้ำเงิน เขียว เหลือง แดง "Soft Clay" เป็นดินที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถกรีดเนื้อดินได้บางถึง 1 มม. มีน้ำหนักเบา ทำกรอบรูปตั้งโต๊ะ เข็มกลัดติดเสื้อ ประดับตกแต่งการ์ด หรือใช้หุ้มแกนชนิด

อื่นๆได้ เนื้อดินเป็นสีขาว สามารถผสมสีลงในเนื้อดินได้ เป็นดินที่สร้างสรรค์ความสวยงาม ทนทาน น้ำหนักเบา แนวคิดการพัฒนาของดินที่ง่าย สะดวกในการจัดการ เหมาะสำหรับการทำดอกไม้ และของจำลองขนาดเล็กนิยมใช้กันในประเทศไทยมากที่สุด "Fimo Soft" ดินปั้นหลากสี เนื้อดินอ่อน บั๊นง่าย โทนสีสดใส มีหลายชนิด ได้แก่ เรืองแสง กากเพชร โปร่งแสง เนื้อหินและเมทัลลิก ผสมกับ Fimo Classic และ Fimo Soft ในกลุ่มเดียวกันได้ เมื่อปั้นแล้ว นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสหรือ 230 องศาฟาเรนไฮต์ ใช้เวลา 30 นาที สามารถทำเป็นตุ๊กตา, เครื่องประดับ ตามความสนใจได้ "Polymer Clay" คือดินวิทยาศาสตร์ชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมระหว่าง เซรามิก และโพลิเมอร์ ต้องนำเข้าจากประเทศเยอรมันเมื่อนำมาอบที่อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสหรือ 230 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 30 นาทีคล้ายกับ Fimo Soft

ประเทศไทยเป็น 1 ใน 5 ประเทศที่เลี้ยง ผลิต และ ส่งออกหอยแมลงภู่รายใหญ่ของโลก ซึ่งประกอบด้วย จีน สเปน อิตาลี ไทย และ นิวซีแลนด์ โดยสายพันธุ์ Perna Viridis (Linnaeus, 1758) หรือ Green Mussel เป็นสายพันธุ์ที่เลี้ยงในประเทศไทย อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ของไทยมีความก้าวหน้ามากกว่าของประเทศเพื่อนบ้าน มีการเพาะเลี้ยงทั้งทะเลชายฝั่งอ่าวไทยและทะเล อันดามัน มีอัตราการผลิตมากกว่าปีละ 100,000 ตันต่อปี น้ำหนักหอยแมลงภู่สด โดยมีอัตราการผลิต เพิ่มขึ้นทุกปี อย่างน้อย 5% น้ำหนักมากกว่า 50% เป็นน้ำหนักของเปลือกหอย แสดงว่าเรามีขยะเปลือก หอยแมลงภู่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมประมงชายฝั่งเป็นจำนวนมากกว่า 50,000 ตันต่อปี ขยะจำนวนนี้ต้องกำจัดโดยการฝังกลบ เนื่องจากเปลือกหอยแมลงภู่ไม่สามารถ เผาทำลายได้ มีการนำไปด เป็นอาหารสัตว์บ้างแต่ไม่มากนัก เนื่องจากหากบดไม่ดีเปลือกหอยแมลงภู่ จะคมและบางมาก ทำให้เป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ เปลือกหอยแมลงภู่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมประมง และอาหารทะเลนี้จึงเป็นของเสียที่ต้องกำจัดและเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด กลิ่นเน่าเหม็นและปริมาณ เปลือกหอยที่เพิ่มมากขึ้นทุกปีส่งผลให้เปลือกหอยแมลงภู่เหล่านี้กลายเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ

โครงการวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายหลักที่จะแปรรูปเปลือกหอยเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล และอุตสาหกรรมประมงนี้ให้เป็นวัตถุดิบเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ต่อเนื่อง โดยการแปรรูปให้เป็นวัตถุดิบต้นน้ำ เช่น ผลเคลือบคาร์บอนเนต เกร็ดประกายมุก และแผ่นเคลือบคาร์บอนเนตที่ซ้อนกันเป็นชั้น และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องอื่นๆ จากสมบัติเชิงแสงที่โดดเด่น ทำให้สามารถนำผลิตภัณฑ์ต้นน้ำเคลือบคาร์บอนเนตไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลาย โดยจะมุ่งเน้นไปที่การนำเปลือกหอยแมลงภู่มาผสมกับตัวสารบายเดอร์ ทำให้มีลักษณะเป็นดินปั้นที่มีประกายมุกซึ่งจะตั้งชื่อว่า "ดินจุฬา" สามารถนำมาปั้นขึ้นรูปเป็น งานเครื่องประดับ งานประติมากรรม งานผลิตภัณฑ์ ที่เมื่อขึ้นงานแห้งแล้วจะมีลักษณะที่เทียบเท่าหรือดีกว่าดินชนิดต่างๆที่เคยมีมา เพราะตัวขึ้นงานนั้นจะมีลักษณะเป็นประกายมุกจากตัววัสดุหลักคือเปลือกหอยแมลงภู่ อีกทั้งยังสามารถทดแทน

การนำเข้าดินชนิดต่างๆ ที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ เพราะปัจจุบันนี้ประเทศไทยเราได้พึ่งการนำเข้าดินเพื่อนำมาสร้างเป็นงานประดิษฐ์เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้กลุ่มนักประดิษฐ์งานฝีมือต้องลงทุนในตัววัตถุดิบเป็นมูลค่าสูง เมื่อเทียบกับผลของงานวิจัยชิ้นนี้ เราสามารถใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วในประเทศมาสร้างเป็นวัสดุหลักที่มีราคาประหยัดกว่ามากในการสร้างงานเพื่อประกอบอาชีพ



รูปที่ 1.2 แนวทางการดำเนินงานของโครงการวิจัย (A) เปลือกหอยแมลงภู่มะลิใช้ (B) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มะลิใช้ (C) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตผสมกับตัวสารบายเดอร์เพื่อทำเป็น “ดินจุฬา” (D) นำ “ดินจุฬา” ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงานศิลปะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนานวัตกรรมการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่มะลิทิ้ง จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและประมงให้เป็นวัสดุที่มีมูลค่าสูงขึ้น สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม และสร้างผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องที่มีมูลค่าสูงขึ้น และสามารถลดต้นทุนจากการนำเข้าดินประดิษฐ์จากต่างประเทศ เป็นดินที่มีประสิทธิภาพดี ไม่ขึ้นรา และมีความสวยงามมากกว่าดินชนิดอื่นเพราะมีความเป็นประกายในตัวของเนื้อดิน

2. พัฒนานวัตกรรมการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่มะลิทิ้ง จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและอุตสาหกรรมประมงให้ กลายเป็นดิน ที่สามารถปั้นขึ้นรูปได้ และสามารถทดแทนวัตถุดิบหลักในการสร้างอาชีพที่มีอยู่แล้ว

3. พัฒนานวัตกรรมการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่มะลิทิ้ง จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและอุตสาหกรรมประมงให้เป็น ดินที่มีประกายมุกเพิ่มความสวยงาม เพิ่มคุณค่าของความงามที่เกิดจากประกายมุกในเนื้อดินบนผลงานจึงทำให้ ผลงานประดิษฐ์ที่ได้จากดินชนิดนี้เพิ่มมูลค่ามากขึ้น

4. พัฒนากรรณวิธีการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่มะลิทิ้ง จากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและอุตสาหกรรมประมงโดยนำมาแปรรูปเป็น ดินที่มีประสิทธิภาพดีสามารถปั้น ขึ้นรูปได้โดยลดประมาณขยะจากเปลือกหอยแมลงภู่มะลิที่ส่วนช่วยในการลดภาวะโลกร้อนและเป็นวัตถุดิบที่สร้างขึ้นใหม่ได้ (Renewable Resources)ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการ กำจัดขยะ

5. สร้างต้นแบบอุปกรณ์ระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่มะลิให้เป็นดินจุฬาจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดการสร้างอาชีพงานประดิษฐ์ โดยใช้ดินจุฬาทดแทนการนำเข้า

ดินจากต่างประเทศ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าของชิ้นงาน

6. ออกแบบและสร้างต้นแบบอุปกรณ์ระดับห้องปฏิบัติการสำหรับการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่ที่สามารถขยายกำลังการผลิตรองรับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนานวัตกรรมการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่ให้เป็นวัตถุดิบต้นน้ำแคลเซียมคาร์บอเนตรูปแบบของดินจุฬาร เพื่อใช้ในการผลิตของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง
2. พัฒนานวัตกรรมการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่ด้วยวิธีทางเคมีให้เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแบบของดินจุฬาร
3. ออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู่ ให้เป็นดินที่มีคุณสมบัติในการปั้น ที่ดี และเป็นดินที่คงรูปเมื่อปั้นเสร็จ และมีกำลังผลิตที่สูงพอที่จะใช้ผลิตเพื่ออุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรม เครื่องประดับ และตกแต่ง อุตสาหกรรมงานศิลปหัตถกรรม
4. ผลิตวัตถุดิบแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแบบของดินจุฬาร เพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่เสริมสร้างอาชีพและเพิ่มมูลค่าของผลงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1 สามารถนำดินจุฬารไปใช้ ในการเรียนหรือการปั้นชิ้นงานต่างๆ ได้อย่างปลอดภัย เพราะดินชนิดนี้ มาจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งจะปลอดภัยกว่าดินน้ำมันที่มีส่วนผสมของสารเคมี และสีซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย
- 2 สามารถทดแทนดินที่นำเข้าจากต่างประเทศด้วยดินจุฬารที่มีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าของดินจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาที่แพงกว่าดินจุฬารมาก และสามารถส่งออกไปขาย ต่างประเทศ เพราะต้นทุนการผลิตต่ำ ใช้วัสดุภายในประเทศและ สามารถขายได้ในราคาสูง
- 3 เพิ่มมูลค่าของผลผลิตที่ออกมา ดูสวยงาม มีราคา สามารถ นำมาประยุกต์ใช้ งานได้มากมาย เช่น งานดอกไม้จากดิน งานประติมากรรม งานปั้นตุ๊กตาหรืองานอาชีพ ทุกชนิดที่ ต้องใช้ดินญี่ปุ่นเป็นวัตถุดิบทางการผลิต สามารถ ใช้ดินจุฬาร แทนได้
- 4 สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ ให้กับกลุ่มคนที่มีต้นทุนในการสร้างงานประดิษฐ์ต่ำ แต่มีความสามารถทางศิลปะ
- 5 สามารถลดปริมาณขยะเหลือทิ้งจาก อุตสาหกรรมประมงและอุตสาหกรรมอาหารทะเล ที่เป็นขยะเปลือกหอยแมลงภู่ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน นำมาแปรรูปให้เป็นวัตถุดิบอันมีคุณค่าทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะจำพวกนี้อีกด้วย

1.5 กลุ่มเป้าหมายและภาคเอกชนที่จะนำผลงานนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

เนื่องจากผลลัพธ์ของงานโครงการวิจัยดังกล่าวคือ ดินจุฬาฯที่สามารถ สร้างผลงานที่มีความสวยงามมากกว่าวัสดุชนิดก่อนหน้านี้ที่กลุ่มหัตถกรรมได้ใช้ เพราะดินชนิดนี้ มีประกายมุก มีความแวววาวในตัวเนื้อดิน อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนต่ำกว่าดินนำเข้าที่กลุ่มหัตถกรรมใช้อยู่จึงทำให้ลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งยังช่วยเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มหัตถกรรมตามชนบทที่มีเงินทุนต่ำสามารถจัดหาดินชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกิดการสร้างงานแก่ชุมชนตามต่างจังหวัดได้ ทำให้โครงการวิจัยดังกล่าวมีกลุ่มเป้าหมายที่นำดินชนิดนี้ไปใช้งานนั้นแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. กลุ่มนักเรียน นิสิต นักศึกษาหรือกลุ่มหัตถกรรมที่เรียนการปั้นสำหรับการสร้างชิ้นงานศิลปะ
2. กลุ่มหัตถกรรมตามต่างจังหวัดที่ต้องการสร้างรายได้จากการปั้นดินเป็นผลงานศิลปะขาย

1.6 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

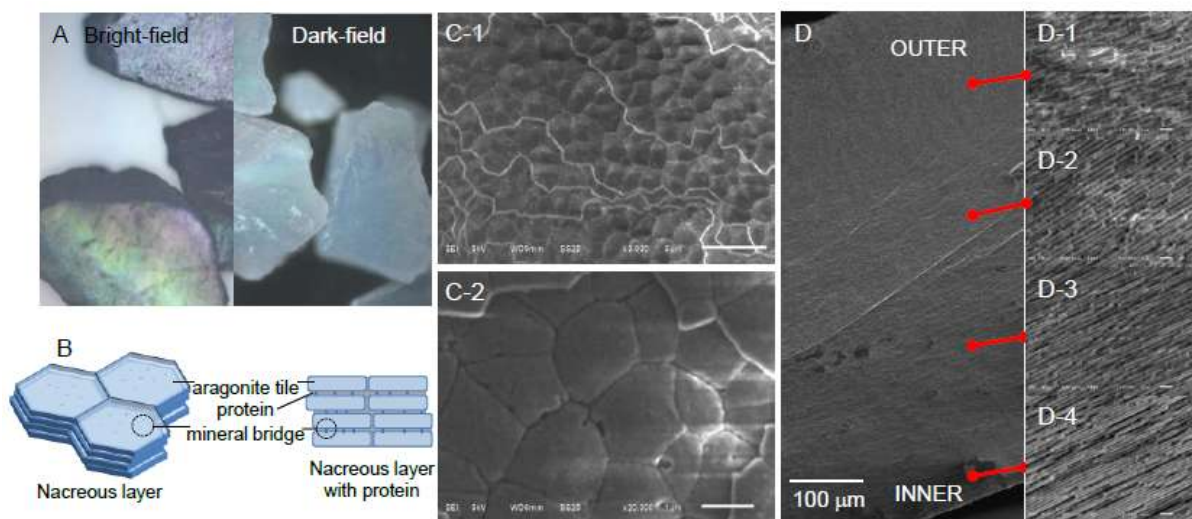
โครงการวิจัยดังกล่าวไม่มีปัญหาหรืออุปสรรคในด้านการวิจัย แต่เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ลองผิดลองถูก และตรวจสอบความพึงพอใจจากผู้นำเอาผลิตภัณฑ์ “ดินจุฬาฯ” ไปใช้เพื่อนำเอาข้อผิดพลาดมาทำการแก้ไขเป็นจำนวนหลายครั้งมาก คณะผู้วิจัยจึงขอใช้ผลการทดลองที่ดีที่สุดเท่านั้นเพื่อนำเสนอในรายงานฉบับนี้

บทที่ 2

ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

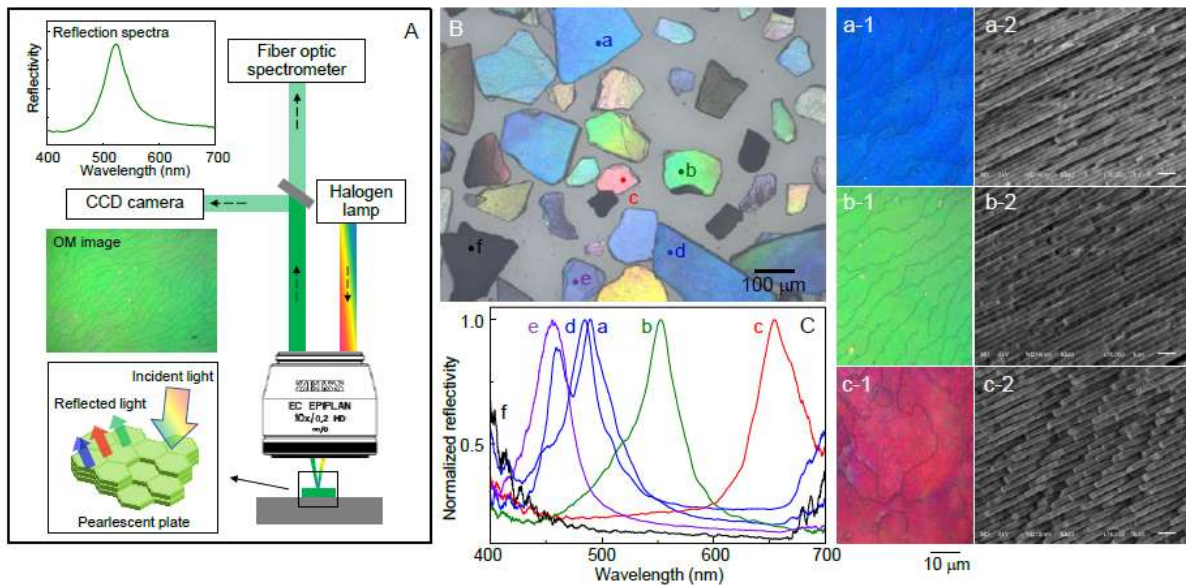
2.1 โครงสร้างหลักของแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอย

อุตสาหกรรมอาหารทะเล และอาหารทะเลแปรรูปถือเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญต่อประเทศ การขยายตัวของอุตสาหกรรมส่งออกอาหารทะเลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมดังกล่าว หนึ่งในของเสียเหล่านั้นคือเปลือกหอยจากอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยเป่าฮื้อ นอกจากเปลือกหอยจากอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังหมายถึงเปลือกหอยจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น เศษเปลือกหอยมุก จากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ซึ่งวิธีการกำจัดคือการฝังกลบ การกำจัดขยะเหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสูง และก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม ข้อมูลทางกายภาพของเปลือกหอยเหล่านี้ คือแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ัญรูปอะราโกไนต์ (aragonite) ที่มีขนาดประมาณ 2-5 ไมโครเมตร ความหนาประมาณ 0.2-0.5 ไมโครเมตร และโปรตีน



รูปที่ 2.1 ภาพชิ้นส่วนของเปลือกหอยแมลงภู่จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (A), ภาพวาดแสดงโครงสร้างของเปลือกหอยแมลงภู่ (B), ภาพแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (C), และภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงความหนาของแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนต (D) ซึ่งสามารถพบโครงสร้างในลักษณะคล้ายกันในเปลือกหอยเป่าฮื้อ และเปลือกหอยมุก

แคลเซียมคาร์บอเนตจากหอยแมลงภู่อยู่ในัญรูปอะราโกไนต์เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นจะมีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างกลาง ด้วยค่าดัชนีการหักเหแสงที่ต่างกันของแคลเซียมคาร์บอเนตและโปรตีน ทำให้เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางชนิดนี้ก็จะเกิดแทรกสอด (interference) และการเลี้ยวเบน (diffraction) ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ประกายมุกขึ้น (iridescence phenomena) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในบันทึกภาพ และแถบการสะท้อนแสงของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อน (A), ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และภาพตัดขวางของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของแคลเซียม คาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อนตามสีต่าง ๆ (B) และแถบการสะท้อนแสงที่สอดคล้องกับแคลเซียมคาร์บอเนต แบบแผ่นซ้อนที่แสดงในรูป B (C)

การสังเคราะห์เพื่อให้ได้แคลเซียมคาร์บอเนตอัญรูปอะราโกไนต์เป็นวิธีการที่มีความซับซ้อน ต้องใช้สารเคมีที่มีความละเอียดและต้องการความแม่นยำสูง นอกจากนั้นอะราโกไนต์ที่สังเคราะห์ได้ยังมีความเสถียรต่ำ มีโอกาสที่จะเปลี่ยนอัญรูปเป็นอัญรูปอื่นๆ ได้ง่าย จึงไม่มีความเหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์

งานวิจัยในปัจจุบันพบว่าการนำเปลือกหอยมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้านยกตัวอย่างเช่น

Seco-Reigosa N. และคณะ (ค.ศ. 2013) ได้นำซีเมนต์จากการเผ่าเปลือกหอยแมลงภู่มาใช้ในการดูดซับโลหะหนักของ Arsenic, Chromium และ Mercury พบว่าซีเมนต์จากการเผ่าเปลือกหอยสามารถดูดซับ Arsenic, Chromium และ Mercury ได้มากกว่า 94%, 96% และ 30% ตามลำดับ

Lertwattanaruk P., Makul N. และ Siripattarapavat C. (ค.ศ. 2012) ได้นำเปลือกหอยหลอด หอยแมลงภู่ หอยนางรม และหอยแครง ที่บดแล้วผสมกับซีเมนต์จากนั้นทำการศึกษา setting time ทดสอบแรงกด (compressive strength) ทดสอบการหดตัว (drying shrinkage) และความสามารถในการนำความร้อน (Thermal conductivity) พบว่าซีเมนต์ที่มีเปลือกหอยบดอยู่สามารถยืดเวลาการแข็งตัวโดยใช้ปริมาณน้ำน้อยลงจากซีเมนต์ปกติ มีความแข็งแรงผ่านเกณฑ์ การหดตัวขณะที่ซีเมนต์กำลังแห้งลดน้อยลง และให้ความสามารถในการนำความร้อนที่ต่ำ จากผลการวิจัยสรุปว่าการใช้เปลือกหอยบดสามารถใช้ทดแทนซีเมนต์ได้บางส่วน

ด้วยลักษณะทางโครงสร้างที่โดดเด่นของเปลือกหอย ซึ่งแตกต่างจากแคลเซียมคาร์บอเนตทั่วไป คณะผู้วิจัยจึงได้แปรรูปแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอย และใช้สมบัติที่โดดเด่นของแคลเซียมคาร์บอเนตที่แปรรูปกับประยุกต์ที่หลากหลาย โดยเฉพาะการใช้เป็นสารตัวเติมในกาบเพื่อใช้เป็นดินปั้นในนามชื่อว่า “ดินจุฬาฯ” เป็นดินปั้นที่มีสีเกล็ดประกายมุกใช้สำหรับการขึ้นรูปงานศิลปะต่อไป

2.2 ชนิดของดินปั้น

จุดเริ่มต้นของดินปั้นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่เรียกว่าดินญี่ปุ่นหรือดินไทยมีที่มาจากต่างประเทศ แต่กลับไม่ใช้ประเทศญี่ปุ่นอย่างที่เข้าใจกัน โดยเริ่มแรกมาจากประเทศในทวีปยุโรปในช่วงเวลา 50-60 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ.1940-1950) ซึ่งเกิดจากความบังเอิญ เนื่องจากคนยุโรปในสมัยมักจะทานอาหารประเภทขนมปังเป็นอาหารหลัก ดังนั้นจึงเกิดแป้งที่เหลือใช้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง ทำให้ผู้คิดลองเอาแป้งที่เหลืออยู่มาปั้นเป็นสิ่งของต่างๆ เช่น ตุ๊กตา ตัวสัตว์ และดอกไม้ จากนั้นก็ได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆ จากที่เคยไม่มีสีก็ผสมสีลงไป จากที่เคยแฉะเกินไป เกิดเป็นเชื้อราบ้าง ก็ปรับปรุงมาเรื่อยๆ ตามลำดับ ต่อมาเมื่อประมาณสักปี ค.ศ.1970 หรือประมาณ 30 ปีที่แล้ว ได้มีชาวญี่ปุ่นเห็นชาวยุโรปปั้นดินปั้นเป็นรูปร่างต่างๆ เลยกลับมาคิดพัฒนาเป็นแป้งปั้นของญี่ปุ่นบ้าง อย่างไรก็ตามก็ยังมีส่วนคล้ายคลึงกับดินปั้นที่ทางยุโรปคิดค้นขึ้นเช่นกัน นักประดิษฐ์ชาวญี่ปุ่นจึงพยายามคิดพัฒนาแป้งปั้นให้เกิดเป็นดินปั้นขึ้นมาสำเร็จที่เรียกว่า เคลย์ (Clay) ซึ่งในส่วนผสมตอนแรกนั้นทำมาจากแป้งทำอาหารเหมือนกัน (แต่ปัจจุบันเกิดแป้งทางเคมี) ที่ประเทศญี่ปุ่นในยุคก่อนนำมามันตุ๊กตาแบบเหมือนจริง ก็จะผสมกระดาษป่นเข้าที่เรียกว่า ดินเยื่อกระดาษ ส่วนการทำดอกไม้ ก็ใช้ดินแป้งทำ และก็มีโรงเรียนเล็กๆ เกิดขึ้นมากมาย เพื่อสอนการทำงานฝีมือประเภทนี้ขึ้น ในขณะเดียวกันเกิดบริษัทที่ผลิตออกมาจำหน่ายเป็นจำนวนมากเช่นกัน หลากหลายยี่ห้อ ส่วนยี่ห้อที่เราคุ้นเคยก็คือ ดิน LUNA CLAY ก็ยี่ห้อหนึ่งที่มีคนใช้มาก(ดินญี่ปุ่น LUNA CLAY มีด้วยหลายเกรด แต่แบบที่บ้านเราใช้กันเป็นเกรดที่ถูกที่สุดในญี่ปุ่น)

หลังจากนั้นไม่นานนักดินญี่ปุ่นก็เริ่มเข้ามาในประเทศไทย ประมาณปี พ.ศ.2530 เกิดการนำดินญี่ปุ่นมาปั้นเป็นดอกไม้ เป็นตุ๊กตา โดยผู้สอนก็เป็นอาจารย์ชาวญี่ปุ่น ในตอนนั้นมีคนไทยสนใจเป็นจำนวนมากแต่ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควรเฉพาะกลุ่ม โดยส่วนจะเป็นการทำเพื่อเป็นอดิเรกมากกว่า ไม่ได้ทำเพื่อจำหน่าย หลังจากนั้นไม่นานนักคนไทยเป็นคนที่รักเรื่องงานฝีมือก็คิดมาดินไทยขึ้นมาบ้าง ก็เกิดจากแป้งเหมือนในทุกๆ ประเทศที่เริ่มคิดสูตร โดยเริ่มจากเศษของดินมะพร้าว ต้นกล้วย ที่ขายกันอยู่ตามซาดหาด เช่น แถวบางแสน เป็นต้น โดยดินปั้นไทยที่ประดิษฐ์ขึ้นนั้น ส่วนหนึ่งถูกคุณครูสอนที่สอนหนังสือนำไปสอน

นักเรียนในวิชางานประดิษฐ์ในหลายๆ โรงเรียน ส่วนกลุ่มที่ทำขายก็พัฒนาด้านฝีมือในการทำให้สวยงาม ละเอียดละออ ยิ่งกว่าประเทศต้นแบบเสียอีก ทางด้านผู้ผลิตเองก็พัฒนาสูตรดินมาเกือบจะเทียบเท่าดิน ญี่ปุ่น โดยดินปั้นที่มีขายอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออก ดังนี้

2.2.1 ดินปั้นพอลิเมอร์

ดินปั้นพอลิเมอร์นั้นคือดินวิทยาศาสตร์ชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมระหว่างเซรามิกและโพลิเมอร์ โดยมีต้นแบบที่ประเทศเยอรมนี เมื่อนำดินปั้นพอลิเมอร์มาอบที่อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 110 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาทีหรือตามความเหมาะสมของชิ้นงาน จะเกิดการทรงตัว คงที่ลวดลายและสีสันสดใสไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา กันน้ำ ทนความร้อน แผลงไม่กัดกินหรือแทะ มีน้ำหนักเบา อย่างไรก็ตามเนื้อดินปั้นชนิดนี้จะค่อนข้างหยาบ จึงไม่เหมาะกับการนำมาใช้ประดิษฐ์งานศิลปะที่มีความละเอียด โดยคุณประโยชน์ของดินปั้นชนิดนี้คือสามารถปั้นขึ้นเป็นรูปทรงต่าง ๆ โดยจะเหมาะสำหรับรูปปั้นที่มีขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องการความละเอียด ยกตัวอย่างเช่น ที่แขวนโทรศัพท์ พวงกุญแจ แก้วน้ำ แจกัน นาฬิกาแขวน เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างดินปั้นพอลิเมอร์จากประเทศเยอรมนียี่ห้อ Fimo และตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ

2.2.2 ดินปั้นญี่ปุ่น

ดินปั้นชนิดนี้จะเป็นดินปั้นที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย โดยดินปั้นชนิดนี้เป็นดินที่ไม่เป็นอันตราย ทำจากวัตถุดิบตามธรรมชาติ ไม่มีสารพิษเจือปน เนื้อดินละเอียด แฉงไม่กั๊กกิ้น มีคุณสมบัติพิเศษโดยผู้ปั้นจะสามารถสัมผัสความรู้สึกจากการปั้นดินชนิดนี้ได้ดี สามารถนำไปผสมกับสีอะครีลิคหรือน้ำมันโดยเนื้อสีกับดินจะผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ อบได้ที่ความร้อนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่จะทำ ชิ้นงานด้านทานได้ทุกสภาพอากาศ เนื่องจากเนื้อดินมีความละเอียดมากจึงสามารถใช้ปั้นตุ๊กตาหรือปั้นชิ้นงานศิลปะที่มีความละเอียดได้ โดยที่ชิ้นงานจะไม่มีรอยแตกเมื่อดินแห้ง ดินที่แห้งแล้วยังสามารถนำไปแกะสลักได้ตามต้องการ และถ้านำชิ้นงานไปเคลือบเงาจะได้ชิ้นงานศิลปะที่คล้ายกระเบื้องเคลือบ และสำหรับดินที่ยังไม่ได้ปั้นหรือใช้งานหากเกิดการแข็งตัวสามารถแช่น้ำให้อ่อนตัวและใช้งานต่อไปได้ ซึ่งดินญี่ปุ่นนั้นมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะกับการเลือกเป็นดินปั้นสำหรับชิ้นงานศิลปะจึงมีราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับดินปั้นชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามดินปั้นญี่ปุ่นยังมีข้อจำกัดคือเมื่ออบและทำให้แห้งแล้วนั้นชิ้นงานจะมีการหดตัวด้วยเหตุนี้เองจึงไม่สามารถนำดินญี่ปุ่นไปผลิตชิ้นงานศิลปะขนาดใหญ่ได้



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างดินปั้นญี่ปุ่นและตัวอย่างชิ้นงานศิลปะจากดินปั้นญี่ปุ่น

2.2.3 ดินปั้นไทย

ดินไทย (Thai clay) เป็นดินสำเร็จรูป ใช้สำหรับปั้นดอกไม้ดินหรือของจิ๋ว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสูตรดิน และความต้องการของผู้ปั้นขึ้นงาน ดินไทยส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. ดินที่มีส่วนผสมหลักเป็นแป้งกับกาวยาเทศเหมือน ดินญี่ปุ่น แต่เป็นสูตรที่คนไทยประยุกต์ขึ้นเอง ดินแบบนี้จะมีลักษณะใสเมื่อขึ้นงานแห้ง เวลาปั้นจึงผสมสีชาวลงไปในดิน ตัวอย่างเช่น ดิน Vanda clay ดินไทยประเภทนี้เหมาะสำหรับการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานศิลปะที่ต้องการตกแต่งลวดลายสวยงามและมีความละเอียดเนื่องจากจะมีสีของเนื้อดินมารบกวนเวลาตกแต่งงานศิลปะ ซึ่งนิยมนำไปปั้นเป็นต้นไม้หรือดอกไม้ประดิษฐ์ (เช่น ดอกกล้วยไม้ เป็นต้น)



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างดินปั้น vanda clay และตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ

2. สูตรที่มีดินขาวเป็นส่วนผสมหลักแทนแป้งส่วนนี้ก็เพื่อป้องกันแมลงมารบกวนชิ้นงานน้อยลงและไม่ขึ้นราง่าย ดินแบบนี้พอแห้งแล้วจะมีความขาวในตัว ไม่ต้องผสมสีชาวลงเวลาทำ ดินแบบนี้ เช่น ดินไทยเจ้าพระยา ซึ่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือมีความยืดหยุ่น ไม่เป็นเชื้อรา สามารถผสมสีโดยสีจะเป็นเนื้อเดียวกับดินปั้นได้ เก็บไว้ได้นาน และมีราคาถูกโดยนิยมนำมาปั้นเป็นดอกไม้ปั้น มาลัย อาหารคาวหวาน ผัก ผลไม้ เป็นต้น



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างดินปั้นไทยเจ้าพระยาและตัวอย่างชิ้นงานศิลปะ

2.3 การผสมดินปั้น

ตามที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 2.2 เกี่ยวกับดินปั้นที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป อย่างไรก็ตามได้มีผู้คิดค้นสูตรดินปั้นขึ้นและเผยแพร่โดยทั่วไป เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจและมีความสามารถในการสร้างชิ้นงานศิลปะสามารถที่จะสร้างดินปั้นให้เหมาะสมกับความต้องการของตัวเองได้ โดยการผสมดินปั้นนั้นจะต้องมีส่วนประกอบ 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- ตัวดิน แป้งหรือดินขาว สำหรับใช้เป็นเนื้อดินปั้น
- ตัวบายเดอร์ เป็นตัวที่ทำให้ดินนั้นผสมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ในที่นี้อาจใช้เป็น กาว จำพวกกาวลาเท็กซ์ หรือกาวน้ำ
- ตัวหล่อลื่น เป็นตัวที่ช่วยป้องกันการติดมือระหว่างปั้น ในที่นี้อาจใช้เป็นวาสลีนหรือน้ำมันมะกอก

โดยมีขั้นตอนการทำดินปั้นดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ผสมดิน กาวลาเท็กซ์ กาวน้ำ น้ำมันมะกอก วาสลีน คลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในสัดส่วนที่เหมาะสม
- ขั้นตอนที่ 2 แผ่ดินให้เป็นแผ่นบางๆ ผึ่งลม กลับดินส่วนด้านล่างให้หมาด นวดสลับกับการผึ่งลมอย่างต่อเนื่องจนเนื้อดินแข็งไม่ติดมือ พร้อมที่จะนำไปใช้งาน
- ขั้นตอนที่ 3 ทาวาสลีนที่มือลูบผิวก้อนดินห่อด้วยพลาสติกใสเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติ

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัยและการออกแบบการทดลอง

3.1 รูปแบบของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองและประยุกต์ในการทดลองผสมเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มากับตัวบายเดอร์เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบชื่อว่า “ดินจุฬาฯ” สำหรับการนำไปขึ้นรูปชิ้นงานศิลปะโดยคุณภาพของดินจุฬาฯ จะถูกตรวจวัดด้วยเทคนิคเชิงวิทยาศาสตร์ (ความขึ้นระยะเวลาการแห้ง เป็นต้น) และความพึงพอใจสำหรับผู้นำไปขึ้นรูปชิ้นงานศิลปะจะถูกประเมินจากนิสิตคณะครุศาสตร์ แผนกครุศิลป์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การแบ่งส่วนงานวิจัย

ในงานวิจัยดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 จะเป็นการพัฒนา “ดินจุฬาฯ” ที่ได้จากการผสมเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มากับตัวบายเดอร์ชนิดต่าง ๆ ในสัดส่วนต่าง ๆ กันเพื่อให้ได้ดินจุฬาฯ ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ขึ้นงานศิลปะ ซึ่งส่วนนี้จะถูกทำขึ้นที่ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ (Sensor Research Unit) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 จะเป็นการสำรวจความพึงพอใจสำหรับผู้นำ “ดินจุฬาฯ” ไปใช้งาน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกประเมินจากชิ้นงานโดยอาจารย์ และนิสิตคณะครุศาสตร์ แผนกครุศิลป์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

1. ทำการแยกเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีประกายมุกจากเปลือกหอยแมลงภู่มด้วยวิธีการทางเคมี และทำการคัดขนาดด้วยตัวกรองขนาดสแตนเลสที่มีขนาดเป็น 200, 270, 325 และ 400 mesh

2. ทำการคัดเลือกทำวัสดุต้นแบบโดยการนำเปลือกหอยแมลงภู่มหลายขนาดที่แยกได้จากขั้นตอนที่ 1 มาผสมกับตัวบายเดอร์ทำให้มีลักษณะเป็นเหมือนดินน้ำมันที่มีประกายมุก จากนั้นทดสอบอัตราการระเหย อัตราการสลายตัวของบายเดอร์เมื่อโดนความร้อนด้วยเครื่อง Thermo-gravimetric Analyzer และลักษณะทางเคมีที่เกิดขึ้นจาก “ดินจุฬาฯ” ด้วยเครื่อง IR-spectrometer และ Raman spectrometer เพื่อดูว่าเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตขนาดใดเป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด

3. นำดินจุฬาฯ ที่ผสมขึ้นได้นั้นไปทดลองใช้ในการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานศิลปะแบบง่าย ๆ หรืองานประติมากรรมเครื่องประดับของตกแต่งเพื่อดูความละเอียดระหว่างการขึ้นรูปและหลังจากการขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยในการทดลองนี้ได้ผสมดินปั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ดินจุฬาสูตรที่ 1 ดินจุฬาที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปเครื่องประดับ มีส่วนผสมหลักคือ

ส่วนผสม

ผงแคลเซียมคาร์บอเนต 5 - 50 μm	1 ส่วน	
กาวลาเท็กซ์	1/2 ส่วน	
กาวน้ำ	1/4 ส่วน	
น้ำมันธรรมชาติ/ครีมบำรุงผิว	1/4 ส่วน	
กลินที่สกัดจากธรรมชาติ	1/8 ส่วน	(การตกแต่งกลินตามต้องการ)

ดินจุฬาสูตรที่ 2 ดินจุฬาที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดใหญ่ มีส่วนผสมหลักคือ

ส่วนผสม

ผงแคลเซียมคาร์บอเนต 5 - 50 μm	2 ส่วน
มีเดียม(Sensitizer) แบบชื้น	5 ส่วน
น้ำ	1 ส่วน

โดยขั้นตอนการผสมดินจุฬาสูตรที่ 1 และ 2 มีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกันดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เทผงแคลเซียมคาร์บอเนตและตัวบายเดอรีในอ่างผสมตามสัดส่วน

ขั้นตอนที่ 2 กวนส่วนผสมเข้าด้วยกัน และส่วนเติมแต่งสี กลิน

ขั้นตอนที่ 3 ทิ้งเนื้อดินที่ผสมไว้ในอากาศปกติประมาณ 1 ชั่วโมง เนื้อดินจะเซตตัวได้ดีขึ้น

4. นำดินชนิดนี้ไปให้กลุ่มนักเรียน นิสิต นักศึกษา โดยเฉพาะจากภาควิชาศิลปะ ดนตรี และนาฏศิลป์ศึกษา คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กลุ่มแม่บ้าน ในกรุงเทพ และกลุ่มหัตถกรรมที่จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทดลองในการขึ้นรูปงานประดิษฐ์ดอกไม้ประดับที่ทางกลุ่มหัตถกรรมได้มีการทำเป็นอาชีพอยู่แล้วเพื่อนำความคิดเห็นที่หลากหลายของกลุ่มคนต่างๆที่มีความต่างทางด้านการศึกษา อายุและเพศเพื่อนำมาพัฒนาให้ตัวดินประกายมุกสามารถใช้งานได้จริง และสะดวกต่อบุคคลทั่วไป ถึงแม้ว่ากลุ่มบุคคลนั้นจะไม่ใช่ กลุ่มศิลปินที่มีความชำนาญในการปั้น

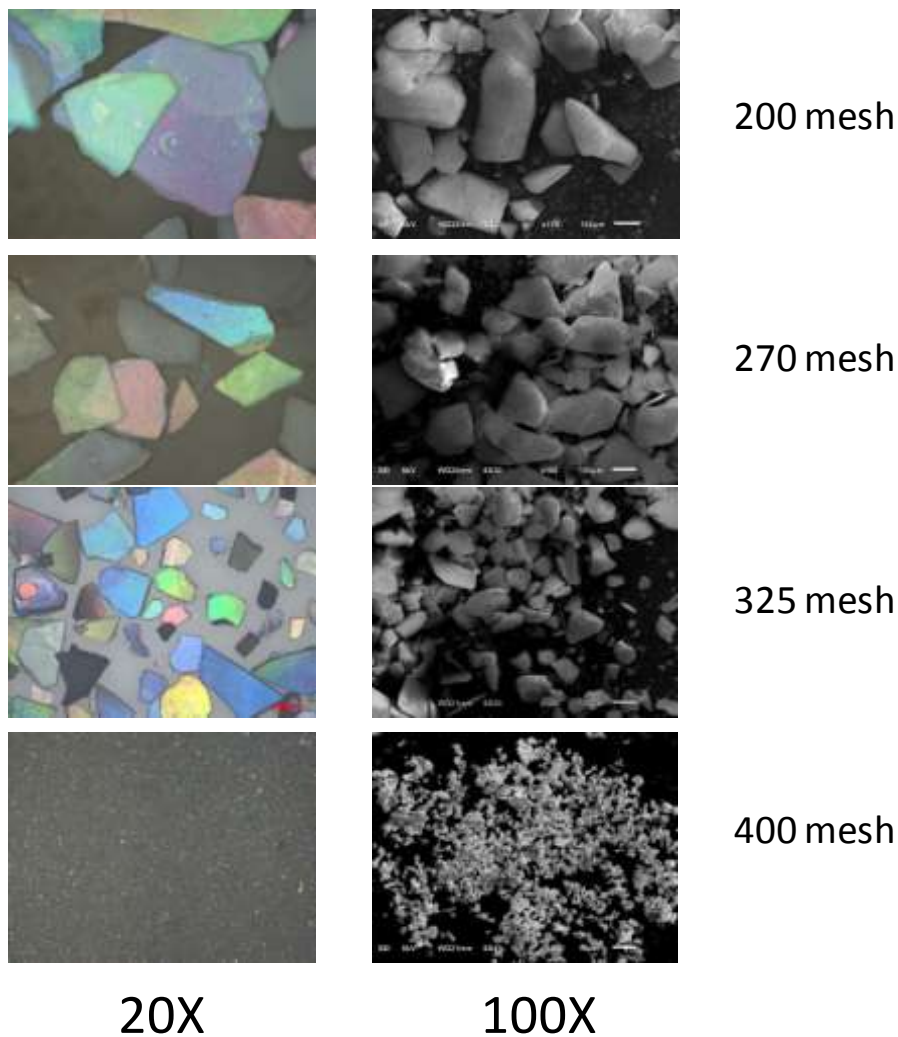
5. นำผลที่ได้จากการวิจัย การเก็บข้อมูลการใช้งานจริงจาก หลายกลุ่มคนที่ใช้ดินชนิดนี้ในการสร้างงานมาวิเคราะห์ ข้อมูลเพื่อพัฒนาดินประกายมุกให้เหมาะสมต่อการใช้งานในหลายรูปแบบ

บทที่ 4

พัฒนาต้นแบบดินจุฬาฯ และการประเมินผล

4.1 การคัดแยกขนาดของเปลือกหอยแมลงภู่น้ำสำหรับการใช้ผสมเป็นดินต้นแบบ

การแยกแผ่นประกายมุกของเปลือกหอยแมลงภู่น้ำนั้นทำได้โดยนำเปลือกหอยแมลงภู่น้ำไปทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกด้วยน้ำสะอาดจากนั้นนำไปแช่ด่าง (NaOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) บดให้ละเอียดแล้วนำไปคัดแยกขนาดตัวกรองสแตนเลสที่มีขนาด 200, 270, 325, และ 400 mesh ซึ่งขนาดของเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นจะมีขนาดเล็กที่สุดจากตัวกรอง 400 mesh และมีขนาดใหญ่ที่สุดหลังผ่านตัวกรอง 200 mesh โดยเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผ่านตัวกรองจะถูกวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องไมโครสโคปกำลังขยาย 20X และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100X ได้ผลดังรูปที่ 4.1



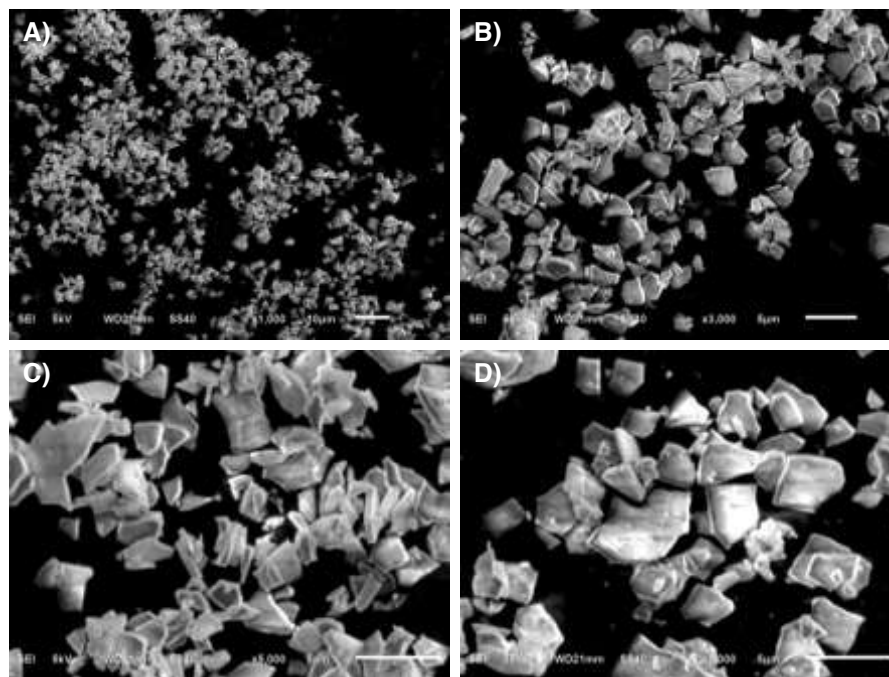
รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเกร็ดประกายมุกศึกษาด้วย (ซ้าย) กล้องไมโครสโคปกำลังขยาย 20X และ (ขวา) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100X

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่าเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้นั้นจะมีลักษณะพิเศษคือพื้นผิวจะเรียบปราศจากสิ่งเจือปนและมีการแสดงลักษณะของสีที่มีลักษณะเป็นริ้วสีรุ้งคล้ายเกร็ดของมุก โดยสีของเกร็ดประกายมุกนั้นจะมีหลากหลายสี คุณสมบัติดังกล่าวนี้เองที่ทำให้เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้เมื่อโดนแสงไฟจากภายนอกจะแสดงการสะท้อนแสงแวววาวและมีสีอันสวยงามคล้ายเกร็ดประกายมุก เมื่อพิจารณาถึงขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า นั้นพบว่าเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีลักษณะเป็นเกร็ดเดี่ยว ๆ ที่มีขนาดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวกรองสแตนเลสที่ใช้ซึ่งแผ่นประกายมุกที่แยกได้ตามขนาดของตัวกรองสแตนเลสนั้นมีขนาดเฉลี่ยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงขนาดของเกร็ดประกายมุก

ขนาดตัวกรองสแตนเลส	ขนาดของเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต
200 mesh	> 100 micron
270 mesh	60-80 micron
325 mesh	40-50 micron
400 mesh	< 37 micron

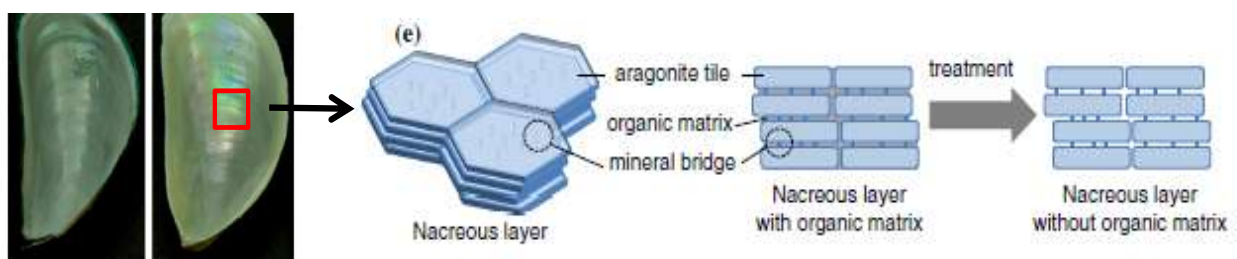
จะสังเกตได้ว่าขนาดของเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตมีขนาดเล็กมากในระดับของไมโครเมตร (1 ใน 1 ล้านส่วนของเมตร) คณะผู้วิจัยได้พิจารณาถึงความเหมาะสมจึงได้เลือกใช้เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีขนาดเล็กที่สุด คือในส่วนที่ผ่านตัวกรองขนาด 400 mesh เท่านั้นเพื่อใช้ในการวิจัยต่อไปเพื่อให้มีความละเอียดไม่มีความคมเพื่อความเหมาะสมในการนำไปผสมกับตัวบายเดอรในการทำเป็นดินต้นแบบ ลักษณะสัณฐานวิทยาของแผ่นประกายมุกถูกตรวจวัดด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ดังรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าแผ่นประกายมุกที่ได้มีขนาดประมาณ < 10 ไมโครเมตร และมีลักษณะเป็นแผ่นเดี่ยวที่ไม่มีขอบคม



รูปที่ 4.2 รูปแสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง SEM ที่กำลังขยาย (A) x1,000 (B) x3,000 (C) x5,000 และ (D) x10,000

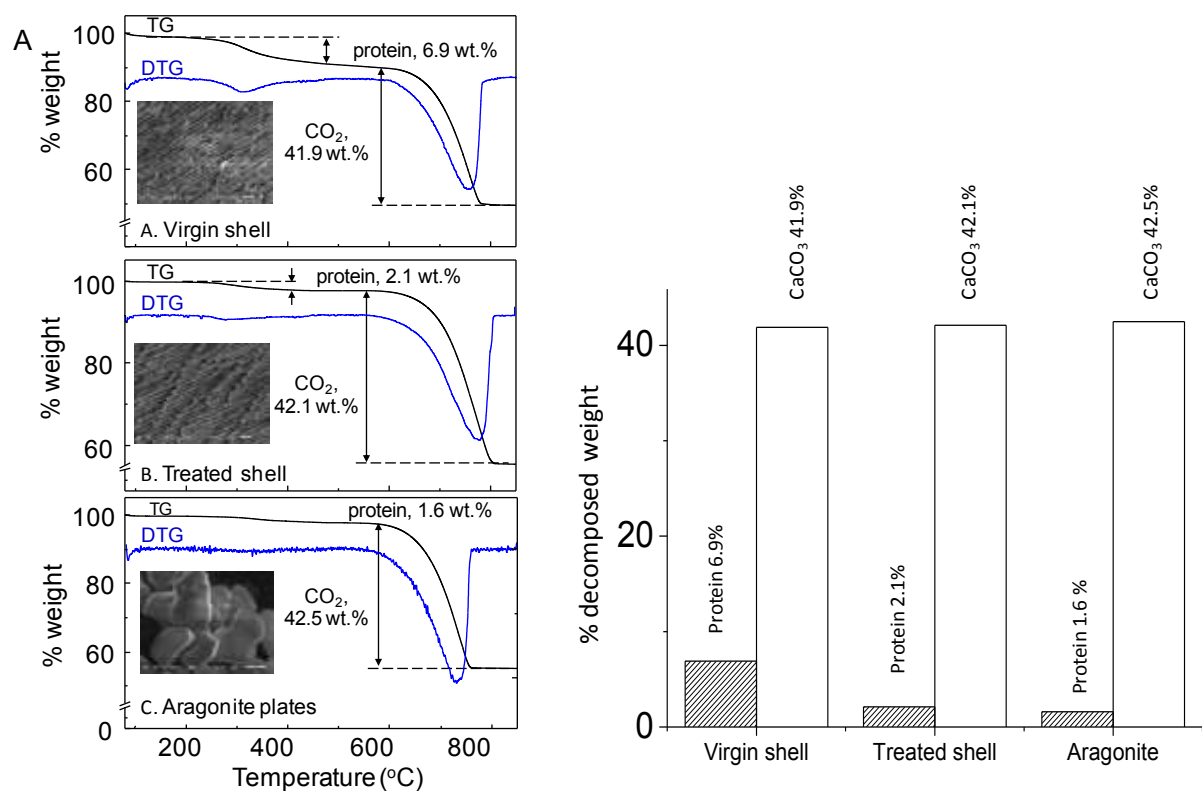
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต

ด้วยทางคณะผู้วิจัยได้สกัดแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะเป็นประกายมุกจากเปลือกหอยแมลงภู่ เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการสร้างเปลือกหอยนั้นหอยจะพยายามดึงแคลเซียมและคาร์บอเนตไอออนจากน้ำทะเลเข้ามาสร้างเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตโดยจะสร้างเป็นแผ่น ๆ จากแผ่นเรียงตัวเป็นแผ่นขนาดใหญ่โดยแต่ละแผ่นนั้นจะเชื่อมต่อกันด้วยโปรตีน จากนั้นจะเรียงต่อกันเป็นชั้น ๆ โดยแต่ละชั้นจะเชื่อมต่อกันด้วยท่อแคลเซียมคาร์บอเนต (Nacre) และโปรตีน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ลักษณะของแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตที่จัดเรียงตัวกันในเปลือกหอยแมลงภู่

หลังจากการสกัดแผ่นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะเป็นประกายมุกได้แล้วนั้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ในเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้เนื่องจาก ปริมาณโปรตีนมีผลกระทบที่สำคัญในการสร้างเป็นดินปั้นเนื่องจากถ้าในเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตสกัดได้นั้นมีปริมาณโปรตีนสูงจะทำให้เกิดอาการแพ้หรือระคายเคืองของผู้ที่สัมผัสได้ แผ่นประกายมุกที่สกัดแยกได้จากเปลือกหอยแมลงภู่ นั้นจึงถูกนำไปตรวจสอบส่วนประกอบด้วยเทคนิค Thermal gravimetric analysis (TGA) เพื่อหาปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่โดยเปรียบเทียบระหว่างเปลือกหอยแมลงภู่ (Virgin shell) เปลือกหอยแมลงภู่ ที่ผ่านการล้าง (Treated shell) และเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต (Aragonite plate) โดยข้อมูลจาก TGA แสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเปลือกหอยแมลงภู่ (Virgin shell) เปลือกหอยแมลงภู่ ที่ผ่านการล้าง (Treated shell) และเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต (Aragonite plate) ที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง TGA

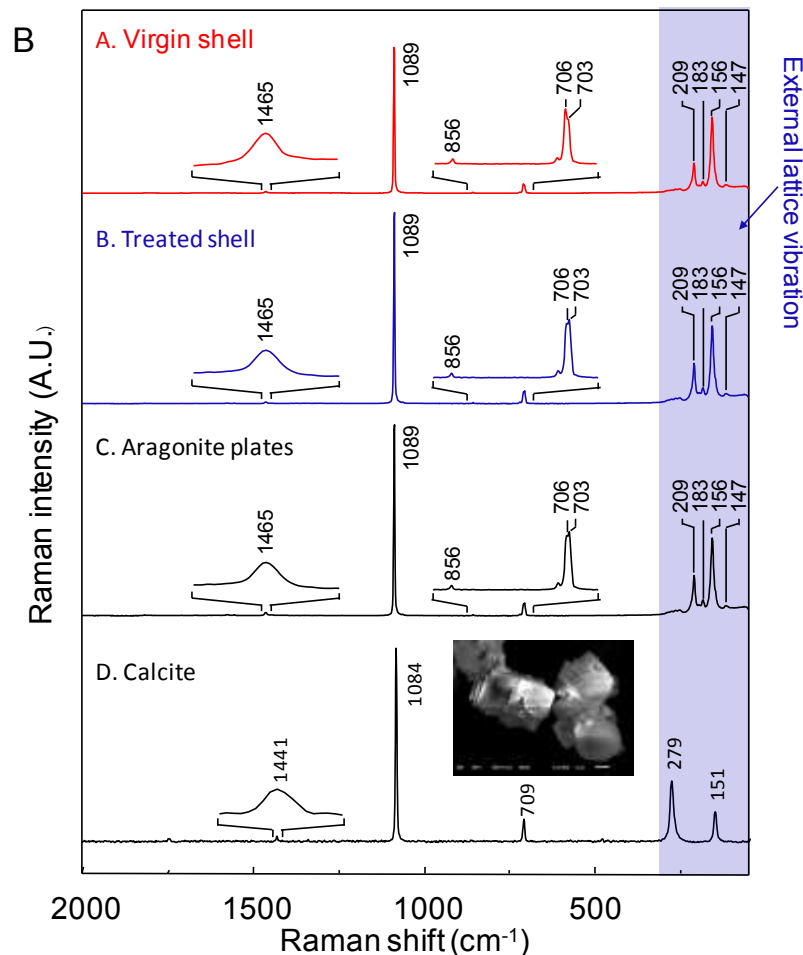
จากผลการตรวจสอบด้วยเทคนิค TGA พบว่าเปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยแมลงภู่ที่ผ่านการล้างและเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นจะมีกราฟการสลายตัวแบบเดียวกันนั่นคือสลายตัวในช่วงอุณหภูมิ 300 – 400 องศาเซลเซียส ซึ่งการสลายตัวในช่วงอุณหภูมินี้เป็นการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์ในที่นี้ได้แก่โปรตีน จะพบว่าเปลือกหอยแมลงภู่ Virgin shell นั้นจะมีโปรตีนอยู่ในสัดส่วนประมาณ 7 % ในขณะที่เมื่อทำการล้างด้วยด่าง (NaOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าจะมีโปรตีนเหลือเพียง 2% เท่านั้น และ

เมื่อทำการแยกเป็นเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเดี่ยวพบว่าเหลือโปรตีนอยู่เพียง 1.6% ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะแทรกอยู่ตามเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งไม่สามารถที่จะทำการล้างออกมาได้ นอกเสียจากต้องย่อยเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนดังกล่าวนี้ถือว่ามีความน้อยมากและแทรกอยู่ในเกร็ด จึงมีความเป็นไปได้น้อยที่ผู้ใช้จะมีโอกาสจะสัมผัสกับโปรตีนแล้วเกิดอาการแพ้ จากกราฟการสลายตัวที่ได้จาก TGA ยังมีการสลายตัวอีกช่วงหนึ่งที่ 700 องศาเซลเซียส การสลายตัวช่วงนี้เป็นการสลายตัวของสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ตามสมการเคมี $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ จากกราฟจะเห็นได้ว่าการสลายตัวในช่วงอุณหภูมินี้ของ Virgin shell, Treated shell และ Aragonite plate นั้นจะให้เปอร์เซ็นต์การสลายตัวที่ใกล้เคียงกันคือประมาณ 42% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นไม่โดนทำให้เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบชนิดอื่น ๆ จากกระบวนการทางเคมีที่ใช้แยกเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต สรุปได้จากกราฟ TGA แสดงให้เห็นว่าขบวนการสกัดแผ่นประกายมุกสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในดินตั้นแบบนั้นสะอาดและเป็นสารประกอบ CaCO_3 ซึ่งไม่มีอันตรายต่อร่างกาย จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในดินตั้นแบบสำหรับการปั้นในงานศิลปะทั้งในระดับผู้ใหญ่และเด็ก

4.3 การวิเคราะห์ทางเคมีของเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้

สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตในธรรมชาตินี้มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปผลึกที่เสถียรคือ calcite, aragonite คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนต ว่าเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีลักษณะของผลึกเป็นชนิดใด ด้วยเครื่อง Raman spectroscopy ผลการทดลองได้ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จะสังเกตได้ว่าเกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่นั้นมีรูปผลึกเป็นแบบ aragonite โดยจะมีการสั่นของพันธะที่โครงผลึก (lattice vibration) ที่ 147, 183, 194 และ 209 cm^{-1} และมีสัญญาณ doublet ที่ 703 และ 706 cm^{-1} แสดงถึงการสั่นของหมู่คาร์บอเนต (CO_3) แบบ in-plane bending (ν_4) ซึ่งสัญญาณของสเปกตรัมที่สอดคล้องกับการสั่นของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตได้สรุปดังตาราง

Green mussel shell	Raman band (cm^{-1})
Aragonite calcium carbonate vibration	
in plane bending, ν_4	703, 706 (m)
out of plane bending, ν_2	856 (w)
symmetric stretching, ν_1	1089 (s)
asymmetric stretching, ν_3	1465 (w)
combination band, $\nu_1+\nu_4$	
external lattice vibration	147 (m), aragonite 156 (s) 183 (w), aragonite 194 (w), aragonite 209 (s), aragonite
O-H stretching from HCO_3^-	

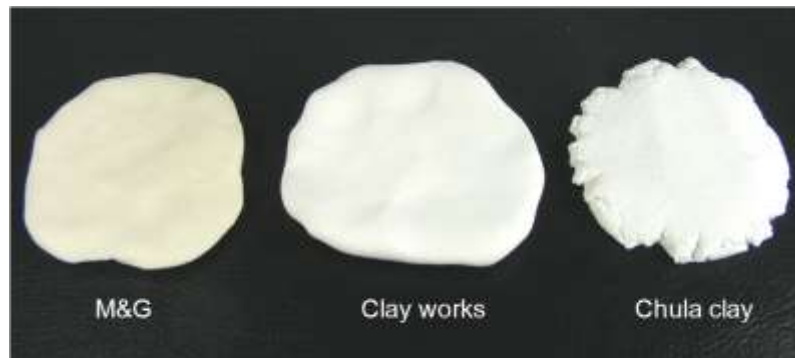


รูปที่ 4.5 รามานสเปกตรัมของ (A) Virgin shell, (B) Treated shell, (C) เกร็ดแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่ และ (D) CaCO_3 ในรูป calcite

4.4 การเปรียบเทียบดินต้นแบบและดินปั้นที่มีขายตามท้องตลาด (Clay works and M&G)

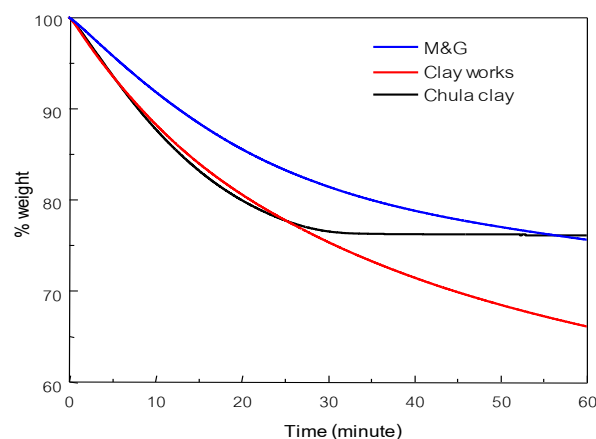
หลังจากคัดเลือกแผ่นประกายมุกที่มีขนาดเหมาะสมในการผลิตเป็นดินต้นแบบแล้วนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้นำไปผสมกับบายเดอร์ที่เป็นกาวลาเท็กในอัตราส่วนของแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตต่อบายเดอร์เป็น 2.5 : 1 (ดินจุฬาสูตร 1 และสูตร 2) เพื่อให้มีลักษณะคล้ายดินน้ำมันเพื่อใช้ในการปั้น หรือขึ้นรูปเป็นชิ้นงานศิลปะ โดยได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้งในเชิงกายภาพและระดับโมเลกุลด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโคปีและรามานสเปกโทรสโคปีกับดินตามเกณฑ์มาตรฐาน (Benchmark) ที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อ Clay work และ M&G ตามลักษณะทางกายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับดินปั้น Clay work และ M&G แสดงได้ดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าดินปั้นต้นแบบ Chula clay นั้นมีสีขาวนวล ผิวเนียน ละเอียดเหมือนกับดินปั้นตามท้องตลาด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการผสมบายเดอร์ยังไม่เหมาะสมจึงทำให้ดินปั้นต้นแบบ Chula clay นั้นมีลักษณะเป็นรอยแตก ไม่เชื่อมกันสนิทเหมือนกับดินปั้นตามท้องตลาด ซึ่งถ้าสัดส่วนของแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้นแล้วนั้นจะทำให้ดินปั้น

ต้นแบบมีความเหนียวมากขึ้น อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยจะได้ทำการหาส่วนผสมระหว่างบายเดอร์และแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 4.6 ลักษณะทางกายภาพของดินปั้น M&G และ Clay works เปรียบเทียบกับดินปั้นต้นแบบ Chula clay

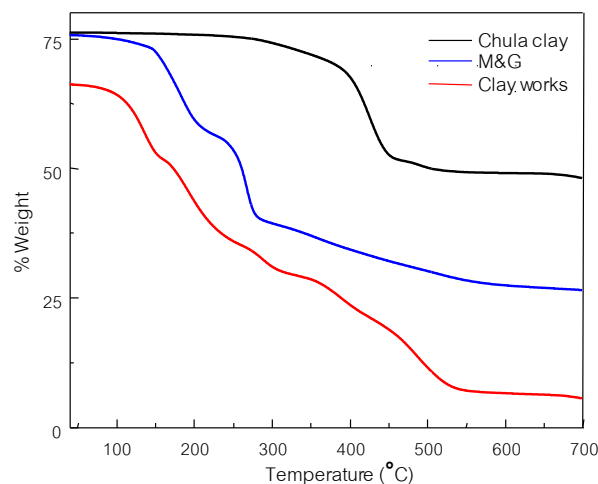
อัตราการแข็งตัวของดินปั้นเป็นคุณสมบัติทางกายภาพหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการประดิษฐ์ชิ้นงานปั้น โดยดินปั้นที่มีคุณภาพดีนั้นจะต้องมีอัตราการแข็งตัวที่ช้าและค่อย ๆ แข็งตัว เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการปั้นและการแก้ไขชิ้นงานปั้นของผู้ปั้นได้ ซึ่งการแข็งตัวของดินปั้นนั้นอาจเกิดจากการระเหยของน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ในบายเดอร์ในขณะที่ปั้นขึ้นงาน ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราการแข็งตัวของดินปั้นโดยดูจากน้ำหนักที่ลดลงของดินปั้นที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงด้วยเทคนิค TGA พร้อมทั้งเปรียบเทียบกันระหว่างดินปั้นต้นแบบ Chula clay และดินปั้นตามท้องตลาดตามรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าดินปั้นต้นแบบ Chula clay นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่ลดลงประมาณ 25% จากนั้นจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอีกหลังจากผ่านไป 30 นาที แสดงให้เห็นว่าดินต้นแบบนั้นจะมีช่วงเวลาในการปั้นเพียง 30 นาทีและจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอีกแสดงถึงการแข็งตัวของดินปั้น อย่างไรก็ตามดินปั้นต้นแบบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่น้อยที่สุด แสดงถึงการหดตัวน้อยที่สุดของชิ้นงาน



รูปที่ 4.7 อัตราการระเหยของน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ดินปั้น Chula clay และดินปั้นตรา M&G Clay works ที่ 40°C องศาเซลเซียส

ในขณะที่ดินปั้นตรา M&G และ Clay works นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอย่างช้า ๆ และยังเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเรื่อย ๆ แม้เวลาจะผ่านไป 1 ชั่วโมง ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาในการปั้นที่ยาวนานเกิน 1 ชั่วโมง ดินปั้นตรา Clay work นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการหดตัวที่สูงของดินปั้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพถึงการแข็งตัวและหดตัวของดินปั้นนั้น ดินปั้นตรา M&G นั้นมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการปั้นมากที่สุดเนื่องจากมีช่วงเวลาในการปั้นที่ยาวนานและมีอัตราการหดตัวที่น้อย

เนื่องจากประสิทธิภาพในเรื่องของช่วงเวลาในการปั้นและอัตราการหดตัวที่แตกต่างกันของดินปั้นทั้ง 3 ชนิด ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาถึงส่วนประกอบในดินปั้นทั้งสามประเภทด้วยเทคนิค TGA โดยศึกษาการสลายตัวของสารประกอบในดินปั้นในช่วงอุณหภูมิ 50-700 °C ได้กราฟสลายตัวดังรูปที่ 5

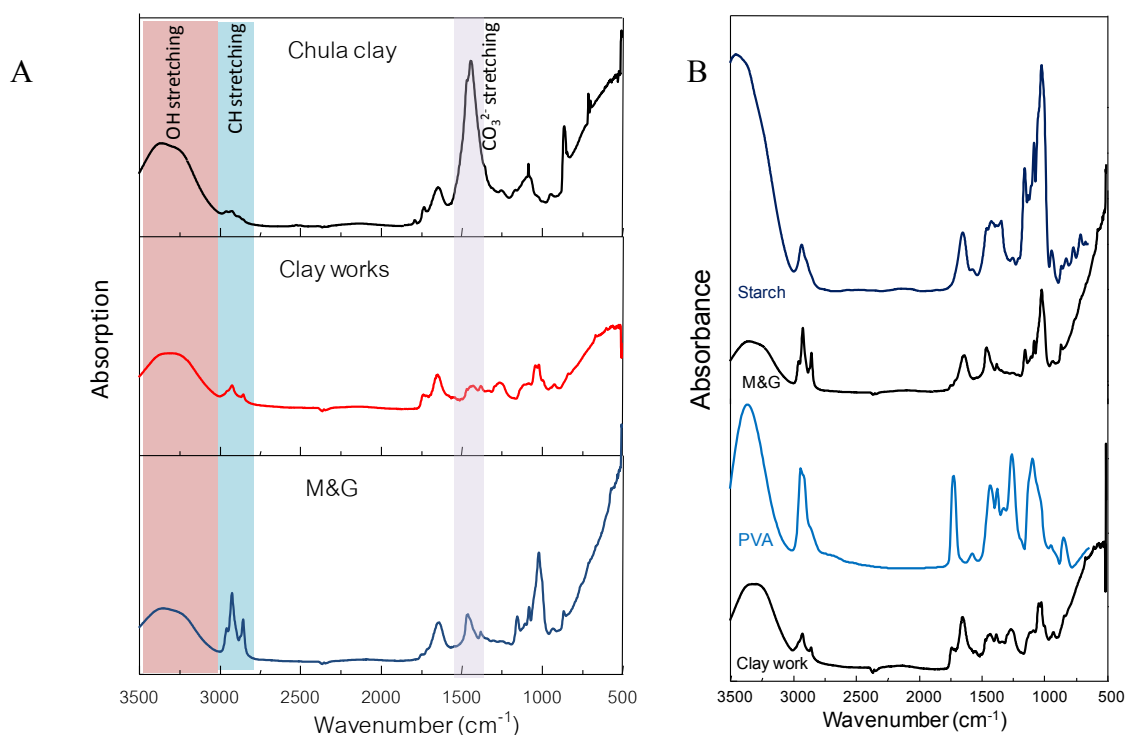


รูปที่ 4.8 กราฟการสลายตัวของส่วนผสมในดิน Chula clay ดินปั้นตรา M&G และ Clay works ในช่วงอุณหภูมิ 50-700 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาจากกราฟการสลายตัวของดินปั้น Chula clay พบว่าเกิดการสลายตัวเพียงหนึ่งช่วงอุณหภูมิ (400-500 °C) เป็นของสารอินทรีย์ในบายโคเรียที่ผสมในการทำดินปั้นและมีน้ำหนักคงเหลือหลังจากการสลายตัวถึง 50 % แสดงถึงส่วนผสมของแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการสลายตัวในอุณหภูมิสูงกว่า 750 °C ในขณะที่ดินปั้นตรา M&G และ Clay works มีช่วงการสลายตัวอยู่หลายช่วงแสดงถึงจำนวนส่วนผสมที่อยู่ในดินปั้น อย่างไรก็ตามการสลายตัวดังกล่าวอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 400 °C แสดงถึงส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ โดยเฉพาะดิน Clay work ที่มีน้ำหนักหลังจากการสลายตัวเหลือเพียง 10% เท่านั้น จากข้อมูลการสลายตัวของส่วนประกอบในดินปั้นทั้ง 3 ชนิดนั้นแสดงให้เห็นถึงการผสมส่วนประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ของดินปั้นตรา M&G และ Clay works ซึ่งอาจไม่เหมาะสมในการใช้เป็นดินปั้นในชั่วโมงงานศิลปะของเด็กเล็กเนื่องจากอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองและเป็นอันตรายในกรณีที่ดิน

ปั้นเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายทางทางเดินอาหารหรือทางเดินหายใจ ในขณะที่ดินปั้น Chula clay นั้นมีส่วนประกอบหลักเป็นแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งไม่มีอันตรายต่อเด็ก

จากผลการสลายตัวพบว่าส่วนประกอบหลักของดินทั้ง 3 ชนิดนั้นไม่เหมือนกันโดยดิน Chula clay นั้นจะมีส่วนประกอบหลักเป็นแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนต ในขณะที่ดินปั้นตรา M&G และ Clay works มีส่วนประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์ คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาในระดับโมเลกุลด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโทรสโคปีในการระบุหมู่ฟังก์ชันหรือชนิดของสารอินทรีย์เหล่านั้น โดย IR สเปกตรัมของดินปั้นแสดงในรูปที่ 6 จากสเปกตรัม (รูป 6A) พบว่าดินปั้นทั้งสามชนิดมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ (wavenumber 3200 cm^{-1} OH-stretching) เพื่อให้ดินมีความยืดหยุ่นและเหมาะสำหรับการปั้น และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มของสัญญาณที่ $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นของ C-H stretching ในสารอินทรีย์ พบว่าดินปั้น Chula clay มีความเข้มของสัญญาณต่ำที่สุด แสดงถึงมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์น้อยและส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นแผ่นประกายมุกแคลเซียมคาร์บอเนต ($1300\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ C-O stretching ใน CO_3^{2-}) และเมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบหลักของดินปั้น Clay work และ M&G เทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานพบว่าดินปั้น M&G มีส่วนผสมหลักเป็นแป้งและดินปั้น Clay work มีส่วนผสมหลักเป็น polyvinyl alcohol (PVA) จากที่ได้ทราบส่วนประกอบหลักในดินปั้นตามท้องตลาด ทำให้คณะผู้วิจัยมีเป้าหมายในการพัฒนาดินปั้น Chula clay ให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับดินปั้นอื่น ๆ ด้วยการใส่แป้งลงไปผสมกับบายเดอร์และแผ่นประกายมุก จากนั้นตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพดินปั้นต่อไป



รูปที่ 4.9 (A) IR สเปกตรัมของดินปั้น Chula clay, M&G และ Clay works (B) IR สเปกตรัมของสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของดินปั้น Clay work และดินปั้น M&G

4.5 ชี้นำงานศิลปะเมื่อปั้นด้วย “ดินจุฬา ฯ”

จากการศึกษาสมบัติทางกายและทางเคมีของส่วนประกอบของดินจุฬาฯ และตัวดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้น เทียบกับดินปั้นที่มีขายตามท้องตลาด ในการวิจัยส่วนนี้เป็นการวิจัยที่ครอบคลุมไปถึงการนำดินจุฬาฯ ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานศิลปะ ซึ่งในส่วนนี้เองที่ได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากภาควิชาศิลปะ ดนตรี และนาฏศิลป์ศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า

ดินจุฬาฯ สูตร 1 จะเป็น เนื้อดินที่เนียนนุ่ม ปั้นขึ้นรูปเครื่องประดับได้ดี สามารถตกแต่งสีและกลืนในเนื้อดินเพิ่มเติมได้หลังการนวด หรือระหว่างปั้น เมื่อทิ้งไว้ในอากาศสามารถแข็งและคงรูปได้ดี ดังตัวอย่างในรูปแบบที่

4.10



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1
เมื่อขึ้นรูป



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1
ชิ้นงานสำเร็จ

รูปที่ 4.10 รูปภาพของดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1 และชิ้นงานสำเร็จจากดินปั้นจุฬาฯ สูตร 1

ดินจุฬาฯ สูตร 2 ได้เนื้อดินที่เนียนนุ่ม ค่อนข้างพรุนปั้น ขึ้นรูปเครื่องประดับค่อนข้างยาก เพราะเนื้อดินแห้งง่าย แต่เหมาะสำหรับการปั้นดินเป็นรูปทรงต่างๆ เมื่อดินแห้งจะมีความยืดหยุ่นสูง คล้ายยาง เหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานศิลปะที่มีขนาดใหญ่และต้องการความละเอียดไม่มากนัก ดังตัวอย่างในรูปแบบที่ 4.11



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2
เมื่อขึ้นรูป



ดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2
ชิ้นงานสำเร็จ

รูปที่ 4.11 รูปภาพของดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2 และชิ้นงานสำเร็จจากดินปั้นจุฬาฯ สูตร 2

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการนำเกร็ดเคลือบคาร์บอนที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่มานำมาใช้จากภาคอุตสาหกรรมอาหารทะเล มาใช้เป็นส่วนประกอบหลักของการทำดินปั้นเพื่อขึ้นรูปงานศิลปะ ชื่อว่า “ดินจุฬาฯ” โดยโครงการวิจัยนี้มีข้อสรุปดังนี้

ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเกร็ดเคลือบคาร์บอน

จากการทดสอบลักษณะทางกายภาพของเกร็ดเคลือบคาร์บอนที่สกัดได้จากเปลือกหอยแมลงภู่นั้นพบว่าจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนั้นแผ่นเคลือบคาร์บอนจะมีขนาดอยู่ในช่วง 5-50 ไมโครเมตร มีลักษณะเฉพาะเป็นผลึกเคลือบคาร์บอนแบบอะราโกไนต์จากการตรวจด้วยเทคนิครามานสเปกโทรสโคปีและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ดินจุฬาฯ

จากการนำเกร็ดเคลือบคาร์บอนมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักในการทำดินจุฬาฯ นั้นทางคณะผู้วิจัยได้ผสมสูตรดินจุฬาฯ ขึ้นทั้งสิ้น 2 สูตรที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปขึ้นงานศิลปะ โดยลักษณะเฉพาะของดินจุฬาฯ สูตร 1 และสูตร 2 เป็นดังนี้

ดินจุฬาสูตร 1 เป็นดินจุฬาฯ ที่มีเนื้อดินเนียนสามารถขึ้นรูปขึ้นงานศิลปะที่มีความละเอียดสูงได้ดี

ดินจุฬาสูตร 2 เป็นดินจุฬาฯ ที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบแต่มีเกร็ดเป็นประกายเหมาะสมสำหรับการสร้างชิ้นงานศิลปะขนาดใหญ่

ส่วนผสมเมื่อเทียบกับดินปั้นชนิดอื่น ๆ

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิค Thermogravimetric Analysis เปรียบเทียบกับดินปั้น M&G และ Clay work ซึ่งเป็นดินปั้นที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดพบว่าดินจุฬาฯ นั้นมีเพียงการสลายตัวของส่วนประกอบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เท่านั้น ซึ่งสารไม่เป็นอันตรายต่อผู้ทำชิ้นงานศิลปะ ในขณะที่ดินปั้นชนิดอื่น ๆ จะมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์อื่น ๆ ปะปนมาอยู่ด้วยซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผู้สร้างงานศิลปะได้ โดยเฉพาะสำหรับเด็ก ๆ ที่ต้องการเรียนรู้การสร้างงานศิลปะ

อัตราการระเหย

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคนิค Thermogravimetric Analysis

เปรียบเทียบกับดินปั้น M&G และ Clay work ซึ่งเป็นดินปั้นที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดพบว่าดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นนั้นจะมีอัตราการระเหยที่ช้ากว่าดินปั้นอีกสองชนิด ซึ่งหมายถึงจะผู้สร้างศิลปะจะมีเวลาในการสร้างงานศิลปะยาวนานขึ้น ละเอียดมากขึ้นจากการใช้ดินจุฬาฯ เนื่องจากดินปั้นจะแข็งตัวช้ากว่า

จากการทดสอบทั้งทางกายภาพ เคมี และการประยุกต์ใช้เป็นดินปั้นเพื่อขึ้นงานศิลปะโดยเปรียบเทียบกับดินปั้นชนิดอื่น ๆ พบว่าดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นนั้นเป็นดินปั้นที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับดินปั้นชนิดอื่น ๆ และเป็นดินปั้นที่สร้างมาจากเปลือกหอยเหลือใช้ นับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะทางอุตสาหกรรมอาหารทะเล ทั้งยังสามารถใช้ส่งเสริมผู้ที่มีความสามารถทางด้านงานศิลปะในการหารายได้จากการใช้ดินจุฬาฯ ในการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะ โดยดินจุฬาฯ ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีจุดมุ่งหมายแรกในการนำไปให้นักเรียน นิสิต นักศึกษาในการใช้สร้างสรรค์ผลงานศิลปะในโครงการย่อยที่ 4: นวัตกรรมการพัฒนาต้นแบบและถ่ายทอดกระบวนการสร้างสรรค์เครื่องประดับและงานศิลปหัตถกรรมจากดินจุฬาฯ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Leung H.M.; Sinha S.K. "Scratch and indentation test on seashells" *Tribol. Int.*, **2009**, 42, 40-49.
2. Zhang G.; Xu J. "From colloidal nanoparticles to single crystal: New insights into the formation of nacre's aragonite tablets" *J. Struct. Biol.*, **2013**, 182, 36-43.
3. Liu Y.; Shigley J. E.; Hurwit K.N. "Iridescence color of a shell of the mollusk *Pinctada margaritifera* caused by diffraction" *Opt. Express.*, **1999**, 4, 177-182.
4. Tan T.L.; Wong D.; Lee P. "Iridescence of a shell of mollusk *Halotis glabra*" *Opt. Express.*, **2004**, 12, 4847-4854.
5. Cai G.; Zhao G.; Wang X.; Yu S. "Synthesis of polyacrylic acid stabilized amorphous calcium carbonate nanoparticles and their application for removal of toxic heavy metal ions in water" *J. Phys. Chem. C*, **2010**, 114, 12948-12954.
6. Gebauer D.; Liu X.; Aziz B.; Hedin N.; Zhao Z. "Porous tables of crystalline calcium carbonate via sintering of amorphous nanoparticles" *Cryst. Eng. Comm.*, **2013**, 15, 1257-1263.
7. Bayat N.; Baghshahi S.; Alizadeh P. "Synthesis of white pearlescent pigments using the surface response method of statistical analysis" *Ceram. Int.*, **2008**, 34, 2029-2035.
8. Han L.; Chen Y.; You M.; Wei Y. "Catalytic synthesis of hematite-mica pearlescent pigments using a low-temperature method" *J. Coat. Technol. Res.*, **2012**, 9, 695-702.
9. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 4,559,214 ออกเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 1985
10. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 5,910,214 ออกเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน ค.ศ.1999
11. Yu J.; Lei M.; Cheng B.; Zhao X. "Facile preparation of calcium carbonate particles with unusual morphologies by precipitation reaction" *J. Cryst. Growth*, **2004**, 261, 566-570.
12. Bang J. *et al.* "Precipitation of calcium carbonate by carbon dioxide microbubbles" *Chem. Eng. J.*, **2011**, 174, 413-420.
13. Chen S.F.; Yu S.H.; Jiang J.; Li f.; Liu Y. "Polymorph Discrimination of CaCO₃ Mineral in an Ethanol/Water Solution: Formation of Complex Vaterite Superstructure and Aragonite Rods" *Chem. Mater.*, **2006**, 18, 115-122.

14. Yan Z.; Jing G.; Gong N.; Li C.; Zhou Y.; Xie L.; Zhang R. " N40, a Novel Nonacidic Matrix Protein from Pearl Oyster Nacre, Facilitates Nucleation of Aragonite in Vitro" *Biomacromolecules*, **2007**, 8, 3597-3601.
15. Seco-Reigosa N. *et al.* "Arsenic, chromium and mercury removal using mussel shell ash or a sludge/ashes waste mixture" *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **2013**, 20, 2670-2678.
16. Lertwattanaruk P.; Makul N.; Siripattarapavat C. "Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering" *J. Environ. Manage.*, **2012**, 111, 133-141.
17. Whang D.R. *et al.* "Solid-State Phosphorescence-to-Fluorescence Switching in a Cyclometalated Ir(III) Complex Containing an Acid-Labile Chromophoric Ancillary Ligand: Implication for Multimodal Security Printing" *Langmuir*, **2012**, 28, 15433-15437.
18. Saeed S.E.S. *et al.* "Novel chitosan-ZnO based nanocomposites as luminescent tags for cellulosic materials" *Carbohydr. Polym.*, **2014**, 99, 817-824.
19. Sindhu S.; Valiyaveetil S. "Design and Synthesis of Optically Transparent Calcium-Incorporated Polymer Complexs" *J. Poly. Sci.*, **2004**, 42, 4459-4465.
20. Oaki Y.; Kajiyama S.; Nishimura T.; Imai H.; Kato T.; "Nanosegregated Amorphous Composites of Calcium Carbonate and an Organic Polymer" *Adv. Mater*, **2008**, 20, 3633-3637.
21. Bayat N.; Baghshahi S.; Alizadeh P.; "Synthesis of white pearlescent pigments using the surface response method of statistical analysis" *Ceram. Int.*, **2008**, 34, 2029-2035.
22. Ren M. *et al.* "Deposition of colored inorganic coating layers on lamellar sericite surface and the pigmentary performances" *Powder Technol.*, **2011**, 214, 31-37.
23. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 5,972,098
24. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 7,691,196B2
25. สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา เลขที่ 8,268,069B2