

การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล
เพื่อแก้ไขปัญหาชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ในเขตพื้นที่ จังหวัดภูเก็ต
วีริศ เชียรสิริไกรวุฒิ^{1*} พัดชา อุทิศวรรณกุล²

Developing innovative products from marine biomaterial to address waste
marine biomass from the jewelry industry in Phuket

Vereese Chiansirikraiwit^{1*} and Patcha U-Tiswannakul²

¹⁻²คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹⁻²Faculty of Fine and Applied Arts, Chulalongkorn University

*Corresponding author. E-mail address: 6581026035@student.chula.ac.th

received: April 11,2025 revised: July 24,2025 accepted: September 16,2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง นวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุตกแต่งและสิ่งทอชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล เพื่อส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืน ในอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับพรีเมียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นคว้าหาแนวทางแก้ไขปัญหาเปลือกหอย ซึ่งเป็นชีวมวลไร้มูลค่าจากธรรมชาติทางทะเล ที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน ถือเป็นแหล่งสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงหอยมุก ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมเครื่องประดับหรูหราระดับพรีเมียม โดยงานวิจัยนี้มีการศึกษาสถานการณ์และผลกระทบจากปัญหาเปลือกหอยเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากหอยมุก และแนวทางการจัดการปัญหาเปลือกหอยแบบยั่งยืน และยังสามารถเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์ ผลการวิจัยพบว่าเปลือกหอยมุกเป็นวัสดุชีวมวลที่ได้จากการเลี้ยงหอยมุกในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, CaCO_3) ในรูปแบบ อะราโกไนต์ (Aragonite form) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหกเหลี่ยมที่เป็นเอกลักษณ์ โครงสร้างนี้ทำให้เปลือกหอยมุกสามารถสะท้อนแสงและเกิดประกายแวววาวที่เรียกว่า "Pearlscence" ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งอื่น และยังเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล จึงเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: นวัตกรรม วัสดุชีวภาพ ชีวมวลจากธรรมชาติทางทะเล เปลือกหอยมุก ไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต

ABSTRACT

The study aims to develop innovative bio-based decorative and textile materials derived from marine natural resources to promote sustainable circular economy practices within the luxury fashion industry. The focus is placed on investigating the issue of discarded seashells-biomass waste generated by the pearl jewelry industry in Phuket, Thailand, particularly along the Andaman coastal region. This area is a significant hub for pearl oyster farming, which provides essential raw materials for high-end jewelry production. The research explores the current conditions and environmental impacts of pearl shell waste, examines value-added transformation processes, and proposes sustainable waste management strategies. The findings reveal that pearl shells primarily consist of calcium carbonate (CaCO_3) in the aragonite form, characterized by a unique hexagonal crystal structure. This structure enables the reflection of light, resulting in a natural iridescent effect known as "pearlrescence" which distinguishes it from other calcium carbonate sources. These physical and optical properties make pearl shells an ideal raw material for bio-innovative applications. The study concludes that utilizing discarded pearl shells not only reduces environmental waste but also creates potential for high-value product development, contributing to sustainable luxury design. It offers a viable approach to integrating local natural resources into eco-conscious fashion innovation through circular design principles.

Keywords: Innovation Biomaterials Marine Biomass Pearl Shell Bio-calcium carbonate, CaCO_3

บทนำ

ประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ต เป็นแหล่งสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงหอยมุก ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมเครื่องประดับหรูหรา โดยในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณผลผลิตหอยทะเลรวมกว่า 119,001.84 ตัน โดยส่วนหนึ่งถูกใช้ในกระบวนการเพาะเลี้ยงหอยมุกเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งออกและผลิตเครื่องประดับ อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตดังกล่าวได้ก่อให้เกิดผลพลอยได้ในรูปของเปลือกหอยมุกเหลือทิ้ง ซึ่งสะสมเป็นขยะชีวมวลที่ไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชุมชนชายฝั่งทะเล (อาณัติ ตะปินตา, 2553) ในแต่ละปีมีการผลิตเปลือกหอยที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลและเครื่องประดับจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่ถูกกำจัดด้วยวิธีฝังกลบ ทำให้การจัดการขยะชีวมวลเกิดความไม่เหมาะสมและยังเป็นการสูญเสียทรัพยากรที่มีศักยภาพในการนำไปสร้างมูลค่าเพิ่มในเชิงเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการลดความอุดมสมบูรณ์ของดิน การพัฒนากระบวนการจัดการขยะชีวมวลอย่างยั่งยืนนั้นเป็นกระบวนการจัดการเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งในมิติแนวทางเศรษฐกิจชีวภาพ-เศรษฐกิจหมุนเวียน-เศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy, BCG Economy) มีกระบวนการแยกสารอินทรีย์ คือไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต (Bio-calcium carbonate, CaCO_3) ออกจากเปลือกหอยด้วยพลังงานความร้อนต่ำ โดยไม่ก่อให้เกิดการทำลายโครงสร้างที่สมบูรณ์และยังชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการนำเปลือกหอยมาพัฒนาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต หรือวัสดุตกแต่งเชิงนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่นระดับหรูหรา การจัดการขยะชีวมวลจากเปลือกหอยมุกในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ จึงเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเปลือกหอยมุกยังเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเครื่องประดับ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลาย เช่น การผลิตสีเคลือบประกายมุก สารเคลือบสะท้อนน้ำ และสารเติมแต่งในพอลิเมอร์ (ชุดพันธ์ เลิศวิชรีไพบุลย์, 2563). และเนื่องจากเปลือกหอยมุกเป็นวัสดุชีวมวลที่ได้จากการเลี้ยงหอยมุกในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, CaCO_3) ในรูปแบบ อะราโกไนต์ (Aragonite form) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหกเหลี่ยมที่เป็นเอกลักษณ์ โครงสร้างนี้ทำให้เปลือกหอยมุกสามารถสะท้อนแสงและเกิดประกายแวววาวที่

เรียกว่า "Pearlescence" ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งอื่น เช่น หินปูน (ปุนณรัตน์ พิชญ์ไพบุลย์ และ ภูษงค์ โรจน์แสงรัตน์, 2558). ทำให้เปลือกหอยมุกเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีคุณค่าและศักยภาพสูงในหลายอุตสาหกรรมเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม การนำเปลือกหอยมุกมาแปรรูปเป็นไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต (Bio-calcium carbonate) ด้วยกระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยังช่วยลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดปริมาณขยะชีวมวลในชุมชนชายฝั่งทะเล (ชุดิพันธ์ เลิศวิชิตไพบุลย์, 2563).

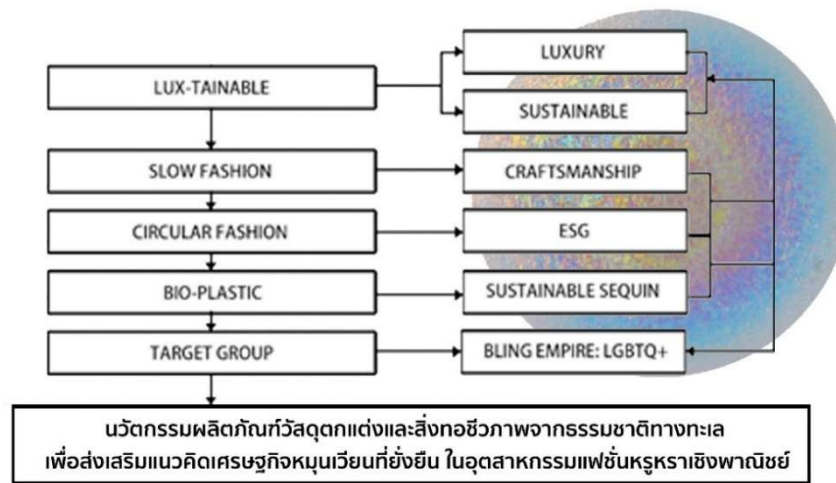
จากศักยภาพในการใช้เปลือกหอยมุกเข้าไปเป็นวัสดุในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น การผลิตวัสดุตกแต่งเชิงนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่น และการพัฒนาเป็นวัตถุดิบในสิ่งทอชีวภาพ การพัฒนาวัตรกรรมการสกัดไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยมุกด้วยพลังงานต่ำ นอกจากจะช่วยลดปัญหาขยะชีวมวลและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังสร้างวัตถุดิบคุณภาพสูงที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแฟชั่นและการผลิตอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทำให้การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่เพียงสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับและช่วยเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจให้แก่อุตสาหกรรมและสร้างผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์การพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับประเทศและสากล (ปุนณรัตน์ พิชญ์ไพบุลย์ และ ภูษงค์ โรจน์แสงรัตน์, 2557).

จากข้อมูลข้างต้น ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อจัดการขยะชีวมวลที่เกิดจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ซึ่งเปลือกหอยมุกที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตนับเป็นทรัพยากรทางทะเลที่ถูกมองว่าไร้มูลค่า หากไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม ขยะเหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ทั้งในด้านการสะสมในดินที่ทำให้ดินเสียโครงสร้างและลดการซึมซับของน้ำ รวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปลือกหอยสัมผัสกับกรดในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาโลกร้อน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุตกแต่งและสิ่งทอชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล เพื่อส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมแฟชั่นหรือหัตถกรรม และการพัฒนานวัตกรรมที่สามารถเปลี่ยนขยะชีวมวลเหล่านี้ให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าสูงนั้นจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนและท้าทาย โดยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน จะถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางที่ยั่งยืน ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณขยะจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับและอาหารทะเลเท่านั้น แต่ยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ โดยเปลี่ยนให้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่นหรือหัตถกรรม การสร้างมูลค่าใหม่ให้กับเปลือกหอยมุก นอกจากจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยังเป็นการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในมิติของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อสร้างความสมดุลระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการดูแลสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งเพิ่มศักยภาพของประเทศไทยในตลาดแฟชั่นระดับโลก นับเป็นการผสมผสานแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียวและเศรษฐกิจหมุนเวียนเข้ากับการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่ออนาคตที่ยั่งยืนของทั้งท้องถิ่นและโลกใบนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหามลพิษชีวมวลไร้มูลค่า จากธรรมชาติทางทะเลที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
2. เพื่อหาแนวทางพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากมวลชีวภาพทางทะเลเหลือทิ้ง

สมมติฐานของการศึกษา



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมที่สามารถเปลี่ยนขยะชีวมวลเหล่านี้ให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าสูงนั้นจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนและท้าทาย โดยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน จะถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางที่ยั่งยืน ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณขยะจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับและอาหารทะเลเท่านั้น แต่ยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ โดยเปลี่ยนให้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับพรีเมียม การสร้างมูลค่าใหม่ให้กับเปลือกหอยมุก นอกจากจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยังเป็นการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในมิติของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้ได้ซึ่งแนวทางแก้ไขปัญหามลพิษชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ในเขตพื้นที่ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
2. เพื่อให้ได้ซึ่งนวัตกรรมต้นแบบผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากมวลชีวภาพทางทะเลเหลือทิ้ง

กรอบแนวคิด

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนานวัตกรรมวัสดุตกแต่งและสิ่งทอจากมวลชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล ภายใต้ขอบเขตแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืน สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์แฟชั่น ในอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับพรีเมียม โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผลควบคู่กับการออกแบบสร้างสรรค์ทางศิลปกรรมศาสตร์

วิธีการดำเนินวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาค้นคว้าเอกสาร การลงพื้นที่ภาคสนาม การเก็บข้อมูลกระบวนการวิจัยขั้นตอนและ กระบวนการทดลองที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเพื่อศึกษาวิเคราะห์ และพัฒนาศักยภาพวัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล สู่ผลิตภัณฑ์เชิงนวัตกรรม



ภาพ 2 การลงพื้นที่ภาคสนามเพื่อศึกษาปัญหาเปลือกหอยเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการแปรรูปเริ่มจากการล้างทำความสะอาดเปลือกหอย จากนั้นแช่เปลือกหอยในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเพื่อกำจัดชั้นนอกแกนด้านนอกและเป็นการกำจัด เพรียงที่ติดมากับเปลือกหอย ล้างเปลือกหอยที่แช่ต่างแล้วนำมาตากให้แห้ง อบเปลือกหอยที่ทำความสะอาดแล้วที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายโปรตีนที่เป็นตัวยึดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แผ่นแคลเซียมคาร์บอเนต จากนั้นนำเปลือกหอยที่ผ่านการอบมาแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อล้างสารอินทรีย์ที่หลงเหลือจากการสลายตัวของโปรตีนและฆ่า เชื้อจุลินทรีย์ที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแปรรูปอีกด้วย หลังจากล้างและทำให้แห้งจะได้ ไบโอะไมโครแคลเซียมคาร์บอเนตรูปร่างแบบแผ่นขนาดประมาณ 3-5 ไมครอน กระบวนการผลิตไบโอนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถทำได้โดยการบดไมโครแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มเติมไบโอนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้มีรูปร่างกลมและมีขนาดเล็ก ประมาณ 110 นาโนเมตร

เปลือกหอยเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเครื่องประดับ

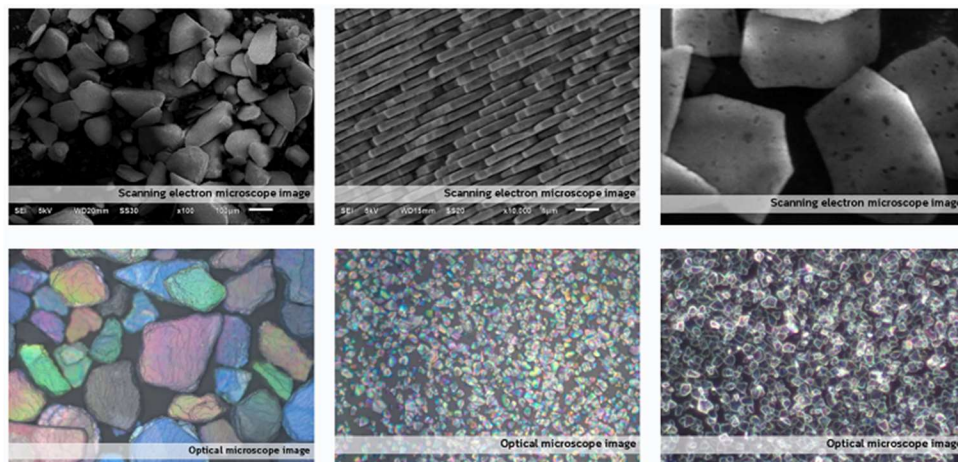


วัตถุดิบไบโอะนาโนแคลเซียมคาร์บอเนต พร้อมใช้สำหรับนวัตกรรมประยุกต์ต่างๆ

ภาพ 3 การเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการแปรรูปเปลือกหอย สู่ ไบโอะนาโนแคลเซียมคาร์บอเนต



ภาพ 4 เปลือกหอยที่ผ่านกระบวนการแปรรูป สู่ ไบโอโนแคลเซียมคาร์บอเนต. ปรับปรุงจาก “วช. หนุณงานวิจัย ม.เกษตร มุ่งส่งเสริมโครงการพัฒนามูลค่าการเลี้ยงหอยมุก สู่อุตสาหกรรมความงามและสุขภาพ,” โดย Somchai T., 2566, <https://www.thaipublicmedia.com>



ภาพ 5 แคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ อัญรูปอะราโกไนต์ ซึ่งขนาดของแผ่นอยู่ที่ 3 – 7 ไมครอน
ที่มา : <https://mgronline.com/science/detail/9650000104923>

การนำไปใช้ประโยชน์ ไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถนำไปใช้ในบทยุคต์ที่หลากหลายเช่นเดียวกับไมโครและนาโนแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีการใช้งานอยู่ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางค์ เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมพลาสติก เป็นสารเพิ่มความขาวและความมันเงาในอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมสี เป็นต้น ไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผลิตได้เป็นวัตถุดิบต้นน้ำที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์สามารถใช้ทดแทนการนำเข้า ไมโครและนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตคุณภาพสูงจากต่างประเทศได้ ทำให้ผู้ประกอบการไทยสามารถเข้าถึงวัตถุดิบคุณภาพสูงที่พัฒนาโดยคนไทยเพิ่มโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอื่น ๆ ที่ต้องใช้คุณสมบัติเด่นของไมโครและนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนผสมใน ผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นกระบวนการแปรรูปสามารถถ่ายทอดให้กับวิสาหกิจชุมชนที่มีอาชีพแกะเนื้อหอยขายเปลือกหอยสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอแคลเซียม คาร์บอเนตได้ทันที ชุมชนสามารถสร้างรายได้เพิ่มเติมจากการแปรรูปเปลือกหอย นอกจากนั้น ยังเป็นการจัดการขยะเปลือกหอยสะสมในแหล่งชุมชนอีกด้วย การหาแนวทางการนำไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตที่สกัดได้จากเปลือกหอยมุกไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเวชสำอาง ซึ่งการใช้เปลือกหอยมุกจะช่วยเสริมสร้างภาพลักษณ์

ที่ดีให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้ ตัวอย่างการนำไปใช้ เช่น ใช้ทดแทนไมโครพลาสติกในผลิตภัณฑ์สครับผิว ใช้แปรรูปเป็นสารไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) ในยาสีฟันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลือบและซ่อมแซมฟัน เพราะสารโครงสร้างแบบอะราโกไนต์ มีรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมแก่การใช้งานโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นอนุภาคนาโนเหมือนสารทั่วไป อีกทั้งสารชนิดนี้ยังผ่านการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแล้วว่าใช้เป็นสารประกอบในอุตสาหกรรมเวชสำอางได้ ในอุตสาหกรรมเวชสำอางได้ (ปทุมรัตน์ พิชญ์ไพบูลย์, 2558). ยิ่งไปกว่านั้นในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกที่ต้องใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเติมเต็ม (Filler) ทดแทน พอลิเมอร์ เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ซึ่งสารทั่วไปที่นำไปใช้ในปัจจุบันมีรูปร่างเป็นทรงกลม ส่งผลให้เกิดการกระจายแสงไปทุกทิศทาง หากใส่ปริมาณมากจะทำให้เนื้อพลาสติกมีความขุ่น แต่สารในรูปแบบอะราโกไนต์กระจายแสงได้ดีกว่า หากใส่ปริมาณที่เท่ากันจะไม่ทำให้เกิดความขุ่นมากเท่า จึงใช้ทดแทนพอลิเมอร์ได้มากกว่า



ภาพ 5 แคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ อัญรูปอะราโกไนต์ ซึ่งขนาดของแผ่นอยู่ที่ 3 – 7 ไมครอน. ปรับปรุงจาก “ผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่แปรรูปจากเปลือกหอยแมลงภู่,” โดย ผู้จัดการออนไลน์, 2565, <https://mgronline.com/science/detail/9650000104923>

จากแนวทางดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าและทดลองหาแนวการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล เพื่อแก้ไขปัญหาชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ด้วยการพัฒนาต่อยอดแนวคิดงานวิจัยของชุดพันธ์ เลิศวิชไพบูลย์. (2563). นักวิจัยจากทีมวิจัยการวินิจฉัยระดับนาโน กลุ่มวิจัยวัสดุตอบสนองและเซ็นเซอร์ระดับนาโน ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (นาโนเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้พัฒนา “เส้นพลาสติกสำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติผลิตจากขยะเปลือกหอยแมลงภู่และขยะพลาสติกชีวภาพ” ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง สวทช. โดยนาโนเทค และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยงานวิจัยของ สอนง เอกสิทธิ์. (2555).ที่มีแนวคิดการใช้ประโยชน์ไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภู่ จากแนวทางของงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกหอยมุกแทนเปลือกหอยแมลงภู่ และพบว่า รูปแบบโครงสร้างของ เปลือกหอย มีความเหมือนกันทางชีวภาพซึ่งเป็นรูปแบบ อะราโกไนต์ (Aragonite form) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหกเหลี่ยมที่เป็นเอกลักษณ์ โครงสร้างนี้ทำให้เปลือกหอยมุกสามารถสะท้อนแสงและเกิดประกายแวววาวที่เรียกว่า "Pearlscence" ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งอื่น (ปทุมรัตน์ พิชญ์ไพบูลย์, 2558) เช่น หินปูน ทำให้เปลือกหอยมุกเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีคุณค่าและศักยภาพสูงในหลายอุตสาหกรรมเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างมูลค่าเพิ่มในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนที่ 3 ในการทดลองครั้งที่1 ผู้วิจัยได้ทดลองนำพลาสติกชีวภาพ (Bioplastics) หรือ PLA มาผสมกับไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยที่เตรียมขึ้นมา จากนั้น นำไปแล้วฉีดขึ้นรูปเป็นเส้นพลาสติก ปัจจุบัน พอลิแลกติกแอซิด

(polylactic acid: PLA) ซึ่งเป็นพลาสติกชีวภาพผลิตจากพืชนั้น มีการใช้งานที่แพร่หลายมากขึ้นโดยเฉพาะในอุตสาหกรรม การพิมพ์สามมิติ (3D printing) จากคุณสมบัติของ PLA ที่เหมาะสมสำหรับการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ได้แก่ มีจุด หลอมเหลวที่ต่ำ, มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำ (dimension stability) และมีค่าการไหลที่เหมาะสมสำหรับการฉีดขึ้นรูป โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมการพิมพ์สามมิติด้วยเทคนิค FDM (Fused Deposition Modeling) ซึ่งจะเป็นการหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็น ของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นด้วยหัวฉีด โดยเครื่องพิมพ์จะฉีดเส้นพลาสติกตามแนวระนาบและฉีดซ้อนทับเป็นชั้นไปเรื่อย ๆ จนกลายเป็นชิ้นงาน



ภาพ 6 เปลือกหอยที่ผ่านกระบวนการแปรรูป สู่ ไบโอนาโนแคลเซียมคาร์บอเนต. ปรับปรุงจาก “ภาพเปลือกหอยที่ผ่าน กระบวนการแปรรูป,” โดย ผู้จัดการออนไลน์, 2565, <https://mgronline.com/science/detail/9650000104923>



ภาพ 7 นวัตกรรมเส้นพลาสติกสำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติ ผลิตจากเปลือกหอยและพลาสติกชีวภาพ. ปรับปรุงจาก “ภาพวิธีการแปรรูปเปลือกหอยแมลงภู,” โดย Researchworldthailand, 2566, <https://www.researchworldthailand.com>

ขั้นตอนที่ 4 ในการทดลองครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้ทดลองนำเรซินอีพ็อกซี มาผสมกับไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอย ที่เตรียมขึ้นมา ในอัตราส่วนผสมที่แนะนำระหว่างเรซิน : แคลเซียม อยู่ที่ไม่เกิน 1:1 หรือไม่เกิน 100% ของน้ำหนักเรซิน เช่น ใช้เรซิน 1 กก. ควรผสมแคลเซียมไม่เกิน 1 กก. โดยไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสามารถ นำไปผสมในเรซินเพื่อปรับคุณสมบัติของเนื้อเรซิน ช่วยเพิ่มมวลเพิ่มเนื้อเรซินได้ เรซินที่ผสมแคลเซียมจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น มีมวลมากขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น ซึ่งแคลเซียมมีราคาที่ถูกกว่าเรซินและช่วยเสริมความแข็งแรงให้เรซิน โดยไบโอแคลเซียม คาร์บอเนตนั้นจะเพิ่มความหนาแน่นให้เรซินนั้นเมื่อเรซินเซตตัวก็จะมี ความแข็งแรง ไม่เปราะแตกง่าย ทนทาน รับน้ำหนักได้ดีกว่า

จึงเหมาะกับหลาย ๆ งานที่ต้องการความทนทานสูง ผิวเรซินที่เซตตัวแล้วสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แข็ง ไม่เหนียว สามารถขัดแต่งหรือทำสีได้สะดวกกว่า อีกทั้งโครงสร้างอะราโกไนต์ (Aragonite form) ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหกเหลี่ยมที่เป็นเอกลักษณ์ นี้ทำให้โดยไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตเปลือกหอยมุกสามารถสะท้อนแสงและเกิดประกายแวววาวที่เรียกว่า "Pearlescence" ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งอื่น

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล โดยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากเปลือกหอยมุกซึ่งเป็นชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต เพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และสร้างมูลค่าเพิ่มเชิงเศรษฐกิจ ผ่านกระบวนการสกัดแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแบบอะราโกไนต์ (Aragonite form) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ ได้แก่ ความสามารถในการสะท้อนแสงและเกิดประกายแวววาว หรือ "Pearlescence" อันโดดเด่น ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เปลือกหอยมุก มีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแบบอะราโกไนต์ ซึ่งมีศักยภาพสูงในการนำไปแปรรูปเป็นวัสดุชีวภาพคุณภาพสูง เช่น ไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต ทั้งในระดับไมโครและนาโน
2. ได้มีการพัฒนานวัตกรรมวัสดุชีวภาพต้นแบบ เช่น เส้นพลาสติกสำหรับ 3D printing จากการผสม PLA และแคลเซียมคาร์บอเนต รวมถึงเรซินผสมที่มีความแข็งแรง น้ำหนักดี มีผิวสัมผัสสวยงาม และสะท้อนแสงอย่างมีมิติ
3. กระบวนการผลิตที่พัฒนาโดยใช้พลังงานต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ยังสามารถถ่ายทอดไปสู่ระดับวิสาหกิจชุมชน ส่งเสริมการกระจายรายได้อย่างยั่งยืน
4. มีการวิเคราะห์ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์เพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับสูง พลาสติกและอุตสาหกรรมกระดาษ ซึ่งล้วนแล้วแต่สามารถใช้คุณสมบัติของไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตได้อย่างหลากหลาย

จากผลการทดลองข้างต้น พบว่าการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเปลือกหอยมุกในฐานะวัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเลที่ยังไม่ได้รับการใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ งานวิจัยนี้สามารถสร้าง “ทางเลือกใหม่” ให้กับอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับสูง โดยตอบสนองต่อแนวโน้ม Circular Economy (เศรษฐกิจหมุนเวียน) และ Green Innovation (นวัตกรรมสีเขียว) ที่กำลังได้รับความนิยมทั่วโลกในเชิงเศรษฐกิจ การพัฒนาไบโอแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยมุกสามารถทดแทนการนำเข้าไมโครและนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตจากต่างประเทศได้ และยังสามารถลดต้นทุนในอุตสาหกรรมที่ต้องการวัสดุเติมเต็ม เช่น พลาสติก สี กระดาษ และเวชสำอาง ได้อย่างมีประสิทธิภาพในมิติทางสังคมและสิ่งแวดล้อม การถ่ายทอดกระบวนการผลิตให้แก่ชุมชนชายฝั่งสามารถเพิ่มรายได้ ลดปัญหาขยะชีวมวลในท้องถิ่น และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ

บทความวิจัยนี้ มีข้อค้นพบที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ

1. เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาชีวมวลไร้มูลค่า จากธรรมชาติทางทะเลที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับในเขตพื้นที่ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
2. เพื่อหาแนวทางพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากมูลชีวภาพทางทะเลเหลือทิ้ง

จากข้อมูลข้างต้น ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อจัดการขยะชีวมวลที่เกิดจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ซึ่งเปลือกหอยมุกที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตนับเป็นทรัพยากรทางทะเลที่ถูกมองว่าไร้มูลค่า หากไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสม ขยะเหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ทั้งในด้านการสะสมในดินที่ทำให้ดินเสียโครงสร้าง และลดการซึมซับของน้ำ รวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเปลือกหอยสัมผัสกับกรดในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาโลกร้อน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุตกแต่งและสิ่งทอชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล เพื่อส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับสูง และการพัฒนานวัตกรรมที่สามารถเปลี่ยนขยะชีวมวลเหล่านี้ให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีมูลค่าสูงนั้นจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนและท้าทาย โดยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน จะถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางที่ยั่งยืน ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณขยะจากอุตสาหกรรมเครื่องประดับและอาหารทะเลเท่านั้น แต่ยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ โดยเปลี่ยนให้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมแฟชั่นหรูหราระดับสูง การสร้างมูลค่าใหม่ให้กับเปลือกหอยมุก นอกจากจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ยังเป็นการสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในมิติของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อสร้างความสมดุลระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการดูแลสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งเพิ่มศักยภาพของประเทศไทยในตลาดแฟชั่นระดับโลก นับเป็นการผสมผสานแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียวและเศรษฐกิจหมุนเวียนเข้ากับการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่ออนาคตที่ยั่งยืนของทั้งท้องถิ่นและโลกใบนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการต่อยอดด้านการวิจัย
 - 1.1 เนื่องจากกระบวนการพัฒนานวัตกรรมวัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล ได้พัฒนาแนวทางสำหรับต่อยอดไปสู่ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์
 - 1.2 ประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนานวัตกรรมวัสดุชีวภาพจากธรรมชาติทางทะเล โดยการเปลี่ยนตัวแปร หรือนำเอาวัสดุที่พัฒนาแล้วไป ปรับใช้ในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์
2. ข้อเสนอแนะในการต่อยอดด้านการนำไปใช้
 - 2.1 ควรเผยแพร่ความรู้จากการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม
 - 2.2 ควรเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในด้านการพัฒนานวัตกรรม ให้กับชุมชน และ ผู้ผลิต รวมไปถึงอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ เพื่อสร้างโอกาสในการเข้าถึงกลุ่มคนที่หลากหลาย และเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในตลาดโลก

เอกสารอ้างอิง

- ชุดิพันธ์ เลิศวชิรไพบุลย์. (2563). การใช้เปลือกหอยมุกในการผลิตไบโอแคลเซียมคาร์บอเนต. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 15(2), 45–58.
- ปทุมรัตน์ พิชญไพบุลย์. (2558). สีเกลือมุก: สุนทรียภาพกับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม.วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 43(1), 170-187.
- ปทุมรัตน์ พิชญไพบุลย์, และภูษงค์ ไรจน์แสงรัตน์. (2558). สีเกลือมุก: การจัดการความรู้เพื่อนำไปสู่การสร้างมาตรฐานสำหรับการผลิต. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ปทุมรัตน์ พิชญไพบุลย์, และภูษงค์ ไรจน์แสงรัตน์. (2557). นวัตกรรมการนำสีประกายมุกที่พัฒนาจากเกลือประกายมุกแปรรูปจากเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อพัฒนาจิตรกรรมศิลปะและคุณค่าความงามในผลงานศิลปะ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สนอง เอกสิทธิ์. (2555). รายงานการวิจัยการสกัดแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภู่. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาณัติ ต๊ะปิ่นตา. (2553). ผลกระทบจากขยะเปลือกหอยต่อสิ่งแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.