

การเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนสำหรับผู้เรียนในระดับปริญญาตรี

Teaching and Learning by Using a Sustainable Design Concept for Undergraduate Students

อินทรา พรหมพันธุ์

บทคัดย่อ

การออกแบบอย่างยั่งยืนเป็นแนวคิดการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนตามกระแสโลก ความสำคัญของการเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยที่สุด รวมถึงการเชื่อมโยงผู้คนเข้ากับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ มุ่งสร้างวิถีการดำรงชีวิตที่ยั่งยืน ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมโลกในด้าน อัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรที่เป็นผลให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลงอย่างมหาศาล การเสียสภาวะสมดุลทางสิ่งแวดล้อม และการขาดความหลากหลายทางชีวภาพ วัตถุประสงค์ของบทความนี้นำเสนอถึงความสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่นำไปสู่แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน โดยยกตัวอย่างความสำเร็จจากการวิจัยผลิตภัณฑ์นวัตกรรมดินจุฬาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ในการเรียนการสอนออกแบบสำหรับผู้เรียนในระดับปริญญาตรี เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือทำ มีทักษะและพฤติกรรมที่จะเสริมสร้างการพัฒนาอย่างยั่งยืนให้ชำนาญและสามารถนำไปปรับใช้ในเรื่องที่สัมพันธ์และเกี่ยวข้อง ผลงานการออกแบบสามารถแสดงออกและสะท้อนความเข้าใจถึงแนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน มีความเข้าใจสามารถนำแนวทางการออกแบบอย่างยั่งยืนไปใช้กระบวนการออกแบบและกระบวนการผลิตและมีทัศนคติที่ดีต่อการแนวทางการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: การออกแบบอย่างยั่งยืน / การศึกษาการออกแบบ / การเรียนการสอน / ผู้เรียนระดับอุดมศึกษา / ดินจุฬา

Abstract

Sustainable design is an environmentally friendly concept that enables sustainable development according to global trends. The concept focuses on selecting recyclable resources that yields minimum impact to the environment and encouraging people to engage in a sustainable livelihood. It also aims to solve problems and analyze environmental behavior in different aspects including the rapid increase in the population and its huge reduction of natural resources, which leads to environmental imbalance and a lack of biodiversity. This article aims to present the significance of sustainable development leading to the concept of sustainable design. The article gives examples of successful research on innovative products such as Chula Clay which are environmentally friendly and can be related to teaching instruction for undergraduate students. This will enable students to learn from actual practices to enhance skills and behavior for sustainable development which can be applied in every field. Designed works can reflect understanding of the concept of sustainable design. This understanding will enable students to apply sustainable design as the guideline for the design and production process and to have positive attitudes toward guidelines on design for the environment.

KEYWORDS: SUSTAINABLE DESIGN/DESIGN EDUCATION/TEACHING AND LEARNING UNDERGRADUATE STUDENTS/CHULA CLAY

บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ผ่านมาของประเทศไทย เป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจบนพื้นฐานของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง นำไปสู่การพัฒนาที่ไม่พึงประสงค์ทางสังคม มีปัญหาเชิงโครงสร้างที่ขาดสมดุลและไม่ยั่งยืน ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของบริบทโลกที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่คุณภาพของมนุษย์ยังไม่สอดคล้องกับทิศทางและความต้องการของประเทศ ด้านทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมถูกลดทอนทั้งปริมาณและคุณภาพ

สาเหตุของปัญหาวิกฤตในการพัฒนา คือ การพัฒนาตามอย่างประเทศที่พัฒนาแล้วโดยมุ่งเน้นการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ทำให้เกิดวิกฤตของการพัฒนาทั่วโลก (พฤทธิ ศิริบรรณพิทักษ์, 2555) ทางรอดของวิกฤต คือ การทบทวนและยอมรับความผิดพลาด สร้างฐานความคิดใหม่พัฒนามนุษย์ให้ถูกทางบนฐานความสัมพันธ์กับธรรมชาติที่ถูกต้อง และเริ่มต้นการพัฒนาที่ยั่งยืนตามกระแสโลก คือ การพัฒนาสู่เกิดสมดุลระหว่าง “ความสามารถในการจัดหาทรัพยากรธรรมชาติ” กับ “ความต้องการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ” ทำได้

โดยการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ของปรัชญาสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาจาก Human-centred เป็น Earth-centred (พฤทธิ ศิริบรรณพิทักษ์, 2555) ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ได้ส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของทุกชีวิต ล้วนเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ที่ได้บันทึกธรรมชาติทั้งโดยรู้ตัวและไม่รู้ตัว นักวิชาการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่างมีความเห็นพ้องกันว่า การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดต้องเริ่มตั้งแต่กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตสินค้า โดยเป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ การจัดการซากที่หมดอายุ การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกช่วงของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยควบคู่กับการวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่นๆ ความสำคัญของการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มิใช่เป็นเพียงแค่แนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น หากยังมีความสำคัญต่อการค้าและการส่งออกอีกด้วย เนื่องจากในปัจจุบันประเทศในกลุ่มพัฒนาแล้ว ไม่ว่าจะเป็น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา หรือญี่ปุ่น ต่างให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าการออกข้อกำหนดและระเบียบทางการค้าที่สัมพันธ์กับการรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment; WEEE) หรือระเบียบเกี่ยวกับการจัดการซากของยานยนต์ (End of Life Vehicles; ELV) ซึ่งมาตรการเหล่านี้ส่งผลให้ผู้ประกอบการ

ต้องเข้ามาเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อเศษซากวัสดุจากผลิตภัณฑ์ของตน ผู้ประกอบการจึงต้องปรับปรุงและพัฒนาสินค้าของตนเพื่อที่จะสามารถส่งออกสินค้าได้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) นักออกแบบในสังคมปัจจุบันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดในทุกมิติ ต้องคิดทั้งกระบวนการตั้งแต่การผลิต การปล่อยของเสียออกสู่ธรรมชาติ การเลือกใช้วัสดุที่กลับมาใช้ใหม่ได้ ตลอดจนการขนส่งและหีบห่อที่ใช้พลังงานสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด สุดท้ายเป็นส่วนของวัฒนธรรม การส่งเสริมทางศิลปวัฒนธรรมของแต่ละชนชาติ หรือความหลากหลายทางวัฒนธรรม การอนุรักษ์ฟื้นฟู ผ่านแนวความคิดทางการออกแบบ การปลูกฝังแนวคิดเหล่านี้สำหรับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาเป็นช่วงสำคัญ ผู้เรียนควรได้รับคำแนะนำ ชี้แนะ กระตุ้นเตือนให้เห็นความสำคัญ เห็นคุณค่าและความหมายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนมีความสนใจ มีส่วนสำคัญในการทำหน้าที่สังเกตแนะนำให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสม

การออกแบบอย่างยั่งยืน

การออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) เป็นแนวทางหนึ่งในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม นอกเหนือจากแนวทางอื่นๆ ที่เป็นที่รู้จักกันดี ไม่ว่าจะเป็น เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology; CT) หรือวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ซึ่งในประเทศไทยพบว่าปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐ องค์การอิสระและสถาบันการศึกษาหลายแห่งที่มีโครงการศึกษาและการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาองค์ความรู้มากขึ้น ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และสนับสนุนให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำ

แนวทางการออกแบบอย่างยั่งยืนมาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco Product) (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) ตามที่ Birkeland (2002) อธิบายว่า การออกแบบอย่างยั่งยืน (Sustainable Design) หรือการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นับเป็นกระแสหลักของการออกแบบยุคใหม่ที่นักออกแบบต่างให้ความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ความหมายของการออกแบบอย่างยั่งยืนนั้นมีความเกี่ยวข้องตั้งแต่การออกแบบวัตถุขนาดเล็ก ไปจนถึงการออกแบบสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ หรือการวางแผนและผังเมือง เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม รวมไปถึงการบริการที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์ทางเศรษฐกิจ สังคม ตลอดจนการดำรงชีวิตอย่างยั่งยืน ตามที่ Walker (2012) กล่าวว่า ความหมายของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic & Ecological Design หรือ Eco Design) เป็นกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้ และช่วงการทำลายหลังการใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน โดยส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี

ควรเน้นนโยบายเชิงรุก ซึ่งนโยบายดังกล่าวจำเป็นต้องผสมผสานวิธีการและทางเลือกหลายรูปแบบที่เหมาะสม โดยมีแนวคิดว่าการพัฒนาสิ่งแวดล้อมจะต้องควบคู่ไปกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน การออกแบบอย่างยั่งยืนจึงกลายเป็นข้อกำหนดทางการออกแบบที่ผู้ประกอบการไม่สามารถมองข้ามได้ในการผลิตสินค้าและบริการ เพราะผู้บริโภคไม่ได้มองเพียงแค่ความสวยงามที่มาพร้อมกับประโยชน์ใช้สอยเท่านั้น แต่ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ต่างตระหนักถึงความสำคัญของการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (สิงห์ อินทรชูโต, 2559)

แนวคิดและหลักการออกแบบอย่างยั่งยืน

แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนสามารถใช้ได้ในทุกช่วงของขั้นตอนการออกแบบ ได้แก่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ (Planning Phase) ช่วงการออกแบบ (Design Phase) ช่วงการผลิต (Manufacturing Phase) ช่วงการนำไปใช้ (Usage Phase) และช่วงการทำลายหลังการใช้เสร็จ (Disposal Phase) แนวคิดที่นำมาใช้ในการออกแบบอย่างยั่งยืนอาจใช้เพียงข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อประกอบกันตามความเหมาะสมของบริบทในการออกแบบ แนวคิดและหลักการออกแบบอย่างยั่งยืนมีดังต่อไปนี้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559)

1. วัสดุที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปริมาณต่ำ (Low-Impact Materials) หมายถึงการใช้ทรัพยากรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การคิดค้นวัสดุใหม่จากธรรมชาติมาแทนสารสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการทางเคมี รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด (สุวิทย์ วงศ์จุริจาวาณิชย์, 2554)

2. การลด (Reduce) หมายถึงการลดการใช้ทรัพยากร โดยมากจะพบในช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิตและการนำไปใช้ อาทิเช่น การออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต การออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และการออกแบบเพื่อลดอัตราการใช้พลังงานในระหว่างการใช้งาน เป็นต้น

3. การใช้ซ้ำ (Reuse) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านช่วงการนำไปใช้เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะเข้าสู่ช่วงของการทำลาย กลับมาใช้ใหม่ ทั้งที่เป็นการใช้ใหม่ในผลิตภัณฑ์เดิม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ตาม เช่น การออกแบบให้ผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีชิ้นส่วนบางชิ้นที่ใช้ร่วมกันได้ เมื่อรุ่นแรกหยุดการผลิตแล้วยังสามารถเก็บคืนและนำบางชิ้นส่วนมาใช้ในการผลิตรุ่นต่อไปได้ เป็นต้น

4. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในช่วงของการทำลายมาผ่านกระบวนการแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ตั้งแต่ช่วงของการวางแผน การออกแบบ หรือแม้แต่วางแผนการผลิตได้แก่ การออกแบบให้ถอดประกอบได้ง่าย การออกแบบเพื่อการกลับมาใช้ใหม่ เช่นการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้วัตถุดิบพลาสติกหรือกระดาษที่ง่ายต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

5. การซ่อมบำรุง (Repair) หมายถึงการออกแบบให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ทั้งนี้มีแนวคิดว่า หากผลิตภัณฑ์สามารถซ่อมบำรุงได้ง่ายจะเป็นการยืดอายุช่วงชีวิตของการใช้งาน ซึ่งท้ายที่สุดสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การซ่อมบำรุงนี้เกิดภายในช่วงชีวิตของการใช้งานแล้วมาใช้อีกครั้ง

6. การแปลงสภาพวัสดุเหลือใช้ (Upcycling) หรือการทำให้วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานตามหน้าที่เดิมให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพและมีมูลค่าสูงขึ้นอีกทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การนำวัสดุด้วยคุณภาพมาแปลงสภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือวัสดุที่มีมูลค่าสูงขึ้นกว่าเดิม การแปลงสภาพวัสดุเหลือใช้จึงครอบคลุมทั้งการนำกลับมาใช้ใหม่และการใช้ซ้ำ เพราะจุดมุ่งหมายหลักก็เพื่อลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ สามารถนำวัสดุที่มีอยู่หมุนเวียนกลับมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำวัสดุที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้แล้วมาทำให้มีมูลค่าหรือใช้ได้ดีกว่าเดิม หรือการนำวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วมาทำให้มีคุณภาพและมูลค่าเพิ่มขึ้น (สิงห์ อินทรชูโต, 2559)

ตัวอย่างนวัตกรรมทางวัสดุและการออกแบบภายใต้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืน: “ดินจุฬา” วัสดุปั้นประกายมุกจากเปลือกหอยแมลงภู่

ตัวอย่างความสำเร็จจากผลงานวิจัยที่ร่วมมือกันระหว่างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับองค์ความรู้ด้านศิลปศึกษาและการออกแบบ คือ นวัตกรรมทางวัสดุสำหรับปั้น “ดินจุฬา” วัสดุปั้นประกายมุกจากเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งมีความเป็นมาและปัญหาจากสภาพแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมอาหารที่สำคัญและสร้างรายได้ให้กับประเทศ แต่ผลกระทบที่ตามมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมอาหารคือการเพิ่มขึ้นของขยะจากอุตสาหกรรมอาหาร หนึ่งในวิธีการกำจัดขยะดังกล่าวที่ใช้ในอดีตคือ การเผาทิ้งหรือฝังกลบ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่มีประสิทธิภาพและเพิ่มมลพิษอย่างมากให้กับสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะลดปริมาณขยะโดยการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การใช้

เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เครื่องประดับแต่ง เป็นต้น การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่นับเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะอุตสาหกรรมอีกด้วย เปลือกหอยแมลงภูเป็นขยะจากอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมประมง ประเทศไทยนั้นมีเปลือกหอยแมลงภูเหลือใช้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวเฉลี่ยปีละ 50,000 ตัน การกำจัดขยะเหล่านี้จะต้องใช้งบประมาณที่สูง อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมอย่างมาก จากการศึกษาข้อมูลทางชีวภาพพบว่าเปลือกหอยแมลงภูนั้นเกิดจากชั้นของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่เรียกว่าแผ่นอะราโกไนต์ (Aragonite Plate) มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรและมีความหนาไม่เกิน 500 นาโนเมตร โดยแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการได้แก่ความขาว (Brightness) และการดูดซับ (Absorption) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ดังนั้นการสกัดสารแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแมลงภูเหลือทิ้งเหล่านี้เป็นการเพิ่มมูลค่าของขยะอุตสาหกรรมเหลือใช้ในประเทศไทยด้วยวิธีการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม และยังสามารถลดการนำเข้าแคลเซียมคาร์บอเนตจากต่างประเทศอีกทางหนึ่งด้วย กระบวนการสกัดเปลือกหอยดังกล่าวมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในครัวเรือน ดังนี้ 1) ล้างทำความสะอาดเปลือกหอยด้วยน้ำ 2) นำเปลือกหอยที่ล้างแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 3) แช่เปลือกหอยที่ผ่านการอบในสารละลาย 50% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทิ้งไว้ข้ามคืน 4) ล้างทำความสะอาดและคัดแยกขนาด จะได้วัตถุ

แคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นซ้อนและแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นพร้อมใช้ (สนอง เอกสิทธิ์ และคณะ, 2556)

จากงานวิจัยนวัตกรรมการพัฒนาต้นแบบและถ่ายทอดกระบวนการสร้างสรรค์เครื่องประดับและงานศิลปหัตถกรรมจากดินจุฬาของ (โสมฉาย บุญญานันต์ และอินทิรา พรหมพันธุ์, 2556) ได้นำแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นพร้อมใช้มาทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัสดุปั้นสำหรับงานศิลปหัตถกรรมหรือเครื่องประดับตกแต่ง เมื่อพิจารณาแคลเซียมคาร์บอเนตแบบแผ่นพร้อมใช้แล้วพบว่ามีลักษณะเป็นเกร็ดประกายมุกสวยงาม เหมาะสำหรับการนำมาทำเป็นเครื่องประดับและงานศิลปะที่จะทำให้เกิดพื้นผิวที่เป็นประกายสวยงามและเป็นธรรมชาติจากแนวคิดเบื้องต้นในการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงพยายามหาส่วนผสมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและวิธีการที่ใช้พลังงานและสารที่ก่อมลพิษให้น้อยที่สุดส่วนผสมของดินจุฬาที่คิดค้นได้ประกอบไปด้วย 1) ผงแคลเซียมคาร์บอเนตขนาด 5-50 μm 2) กาว 3) น้ำมันธรรมชาติหรือครีมบำรุงผิวและ 4) กลิ่นที่สกัดจากธรรมชาติ นำมาผสมเข้าด้วยกัน นวดด้วยมือจนส่วนผสมรวมกันเป็นดินปั้นสีขาวมุก และสามารถนำมาตกแต่งประกายมุกเพิ่มเติมโดยใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตขนาดต่างๆ ตกแต่งบนผิวดิน ตามที่แสดงในภาพที่ 1-2

จากนั้นจึงศึกษาหาแนวทางในการออกแบบเครื่องประดับจากดินจุฬา โดยกำหนดภาพลักษณ์ของการออกแบบให้เป็นผลิตภัณฑ์รักษ์โลก สร้างประสบการณ์ใหม่ในผิวสัมผัสของงานออกแบบที่มีความเป็นประกายสวยงามจากธรรมชาติ โดยอาศัยนวัตกรรมและแพชชั่นที่มีความยั่งยืนเป็น

หลักพร้อมแนวความคิดที่สำคัญอีกประเด็น คือ การรวมกันระหว่างศิลปะและวิทยาศาสตร์ รูปแบบใหม่ที่สร้างสรรค์ผลงานในลักษณะของการทดลองสำรวจเพื่อสร้างแนวทางและความเป็นไปได้ที่ดีกว่าสำหรับการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า ตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงหลังการใช้งาน แนวทางในการออกแบบมีแรงบันดาลใจมาจากธรรมชาติรอบตัว งานหัตถกรรม และการนำสิ่งที่มีอยู่แล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือสามารถประยุกต์การใช้งานได้ในหลายรูปแบบ แนวทางที่ใช้ใน

การออกแบบคือ “สมดุลในธรรมชาติ” ให้ความสำคัญกับความงามของธรรมชาติรอบตัว กระบวนการผลิตที่ลดขั้นตอนการทำลายสิ่งแวดล้อม รวมถึงการประดับตกแต่งชิ้นงานด้วยงานหัตถกรรม และการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย สำหรับผู้ที่ไม่มีทักษะด้านศิลปะก็สามารถทำตามและผลิตชิ้นงานด้วยตนเองได้ ตามภาพที่ 3 ที่แสดงผลงานที่ได้จากดินจุฬา



ภาพ 1 ลักษณะดินและเนื้อดินในการปั้นขึ้นรูป
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



ภาพ 2 การทดลองปั้นขึ้นรูปเครื่องประดับจากดินจุฬาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพก่อนการออกแบบ
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



ภาพ 3 ผลงานการออกแบบเครื่องประดับจากดินจุฬาภายใต้แนวความคิด Chulaclay4SustainableDesign
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)

วัสดุสำหรับปั้นและผลงานการออกแบบได้ร่วมจัดแสดงนิทรรศการและประกวดภายในงาน 42th International Exhibition of Inventions of Geneva ที่เมืองเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ในปี 2557 โดยได้รับ 2 รางวัลเหรียญทอง (Gold Medal) จากผลงานประเภท Teaching methods and materials-Musical Instrument-Art Materials และผลงานประเภท Clothing-Textiles-Machines and accessories ซึ่งเป็นรางวัลที่ยืนยันความสำเร็จจากแนวคิดและแนวทางในการออกแบบโดยใช้แนวคิดการออกแบบภายใต้การพัฒนาอย่างยั่งยืน

จากความสำเร็จจากงานวิจัยสู่การออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนสำหรับผู้เรียนในระดับปริญญาตรี

ทักษะและพฤติกรรมที่จะเสริมสร้างการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาให้ชำนาญยิ่งขึ้นได้ และสามารถนำไปใช้ในทุกภาคส่วน (พททรี ศิริบรรณพิทักษ์, 2555) สำหรับนักออกแบบในสังคมปัจจุบัน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ นอกจากจะมีประโยชน์ใช้สอยและดึงดูดใจแล้ว ยังต้อง

คิดถึงผลกระทบที่เกิดในด้านสังคมที่ช่วยยกระดับในเรื่องรสนิยม ความชอบ ช่วยขจัดปัญหาความยากจน สร้างโอกาสทางการศึกษาเพิ่มขึ้น หรือพึ่งเคารพสิทธิมนุษยชน องค์ประกอบต่อมาคือเศรษฐกิจ ที่ควรช่วยเหลือผู้ด้อยโอกาส ทั้งทางด้านอาหาร ที่อยู่อาศัย การช่วยเหลือเพื่อนมนุษย์ด้วยกันเมื่อเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม ต้องคิดทั้งกระบวนการตั้งแต่การผลิต การปล่อยของเสียออกสู่ธรรมชาติ การเลือกใช้วัสดุที่กลับมาใช้ใหม่ได้ ตลอดจนการขนส่งและหีบห่อที่ใช้พลังงานสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด สุดท้ายเป็นส่วนของวัฒนธรรม การส่งเสริมทางศิลปวัฒนธรรมของแต่ละชนชาติ หรือความหลากหลายทางวัฒนธรรม การอนุรักษ์ฟื้นฟู ผ่านแนวความคิดทางการออกแบบ (เรวัต สุขสีภาณูจน์, 2555) การปลูกฝังแนวคิดเหล่านี้ควรปลูกฝังตั้งแต่เด็ก สำหรับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาเป็นช่วงที่สำคัญ ผู้เรียนควรได้รับคำแนะนำ ชี้แนะ กระตุ้นเตือนให้เห็นความสำคัญ เห็นคุณค่าและความหมายของสิ่งที่จะเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจมากขึ้น การร่วมมือในลักษณะนี้ควรทำเป็นกลุ่มที่รวมผู้สอนเป็นสมาชิกของกลุ่มด้วย

ซึ่งต้องคอยทำหน้าที่สังเกตและนำไปเป็นแนวทางที่เหมาะสมด้วย (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2557) ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษามีความสามารถเรียนรู้ด้วยตัวเอง สามารถเรียนรู้ถึงความหมายของสิ่งต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นผู้แสวงหาเป้าหมาย จุดมุ่งหมายในชีวิตจริง แสวงหาความรู้นอกห้องเรียน สามารถที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเอง รวมถึงสามารถที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ได้ มีความสามารถที่จะมีความคิดในระดับสูงได้ มีความคิดที่สลับซับซ้อนได้สามารถที่จะคิดรวบยอดหรือสร้างหลักการขึ้นได้โดยการนำทักษะหรือความสามารถที่หลากหลาย (Multiple Intelligences) มาประกอบกัน (Gardner, 2006)

จากงานวิจัยนวัตกรรมการพัฒนาต้นแบบและถ่ายทอดกระบวนการสร้างสรรค์เครื่องประดับและงานศิลปหัตถกรรมจากดินจุฬาของ โสมฉาย บุญญานันต์ และอินทรา พรหมพันธุ์ (2556) ได้ศึกษาการนำรูปแบบการใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนไปใช้ในการเรียนการสอนออกแบบในระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างคือนิสิตชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาศิลปศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาออกแบบ จำนวน 33 คน กำหนดการทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ผลงานการออกแบบของแต่ละกลุ่ม ภายใต้โจทย์ CHULA Clay for Sustainable Design โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาในงานออกแบบ 7 ขั้นตอน (อินทรา พรหมพันธุ์, 2550) ดังนี้

- 1) ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาสร้างเป้าหมาย และวางแผนกำหนดขอบเขตในการทำงานได้
- 2) ค้นหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

ถือได้

3) สรุปข้อมูลออกมาเป็นประเด็นเพื่อตอบโจทย์ของการออกแบบ

4) สังเคราะห์ข้อมูล ออกมาเป็นแนวความคิดหลักในการออกแบบเพื่อใช้กำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบ

5) ปฏิบัติการออกแบบร่าง จากแนวความคิดที่ได้กำหนดไว้

6) ปฏิบัติการเลือกและพัฒนาแบบร่างสู่การปฏิบัติการออกแบบชิ้นสมบูรณ์

7) นำเสนอผลงานอย่างมีระบบมีขั้นตอน

8) วิวิจารณ์ และแสดงความคิดเห็นต่อผลงาน รวมถึงนำข้อคิดที่ได้มาพัฒนางานออกแบบในอนาคตได้

อีกทั้งได้ใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนเข้ามาพิจารณาในทุกขั้นตอนของการออกแบบ กล่าวคือ 1) ใช้วัสดุที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปริมาณต่ำ 2) การลดการใช้ทรัพยากร 3) การใช้ซ้ำ 4) การนำกลับมาใช้ใหม่ 5) ง่ายต่อการซ่อมบำรุง และ 6) คำนึงถึงการแปลงสภาพวัสดุเหลือใช้โดยใช้กรณีศึกษาเรื่องนวัตกรรมทางวัสดุ “ดินจุฬา” เป็นตัวอย่างของผลงานการออกแบบอย่างยั่งยืนและทดลองให้นิสิตใช้ดินจุฬาเป็นวัสดุประกอบการออกแบบครั้งนี้

จากการนำเสนอผลงานการออกแบบพบว่า นิสิตมีความเข้าใจและสามารถใช้แนวทางการออกแบบอย่างยั่งยืนในกระบวนการออกแบบและผลิตต้นแบบ มีทัศนคติที่ดีต่อการแนวทางการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยเมื่อนิสิตทราบที่มาและกระบวนการผลิตนวัตกรรมดินจุฬาที่มีกระบวนการไม่ซับซ้อน ลดการใช้พลังงานและลดการสร้างขยะให้กับสิ่งแวดล้อม แนวทางใน

การออกแบบของนิสิตทั้งหมดจึงเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ ผลงานการออกแบบใช้วัสดุและกรรมวิธีที่รบกวนสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดมีการนำสิ่งที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ผลงานการออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนใช้ได้หลากหลายโอกาสและหลายรูปแบบ จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนพบว่าผู้เรียนรู้สึกประทับใจที่ได้มีการใช้แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนมามีส่วนในขั้นตอนของการออกแบบ มีประสบการณ์ในการเปลี่ยนรูปวัสดุต่างๆ และพบว่าตนเองสามารถสร้างนวัตกรรมการออกแบบที่ดีกับสิ่งแวดล้อมได้จากการศึกษาปัญหา การสร้างแนวคิด และการทดลองปฏิบัติ ซึ่งการเรียนรู้โดยการกระทำ (Learning by Doing) สามารถนำผู้เรียนสร้าง

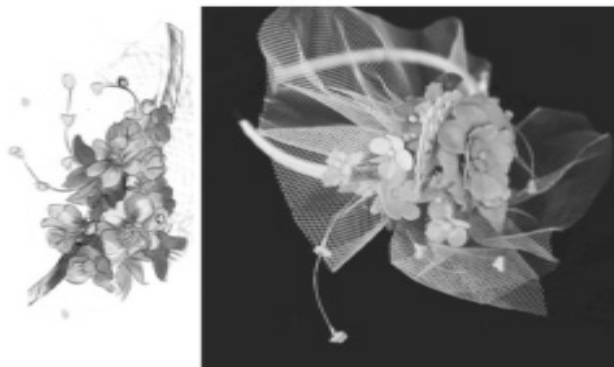
ความเข้าใจขึ้นมาได้เองโดยใช้พื้นฐานของการทดลองและการลองผิดลองถูก ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษามีความสามารถเรียนรู้ด้วยตัวเองสามารถเรียนรู้ถึงความหมายของสิ่งต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้เรียนเป็นผู้เสาะแสวงหาเป้าหมาย จุดมุ่งหมายในชีวิตจริง เสาะแสวงหาความรู้นอกห้องเรียน สามารถที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตัวเอง รวมถึงสามารถที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ได้ มีความสามารถที่จะมีความคิดในระดับสูงได้ มีความคิดที่สลับซับซ้อนได้สามารถที่จะคิดรวบยอดหรือสร้างหลักการขึ้นได้โดยการนำทักษะหรือความสามารถที่หลากหลาย (Multiple Intelligences) มาประกอบกัน (Gardner, 2006) ดังผลงานจากภาพที่ 4-9 ต่อไปนี้



ภาพ 4 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 1 “Gnome in the Garden”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



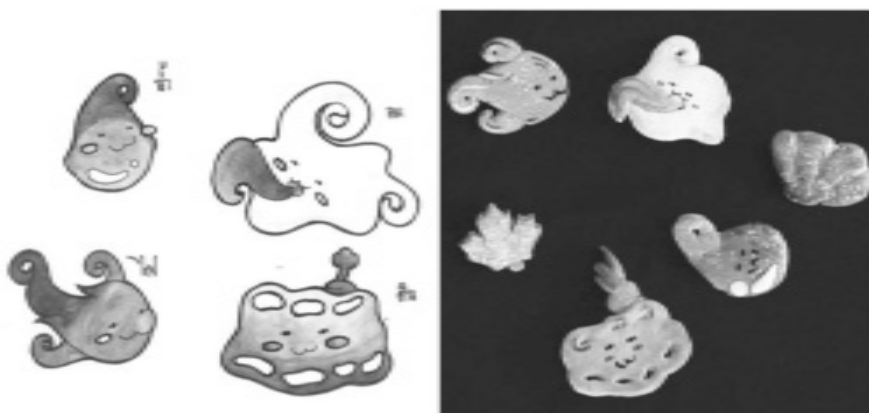
ภาพ 5 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 2 “Bohemian Rhapsody”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



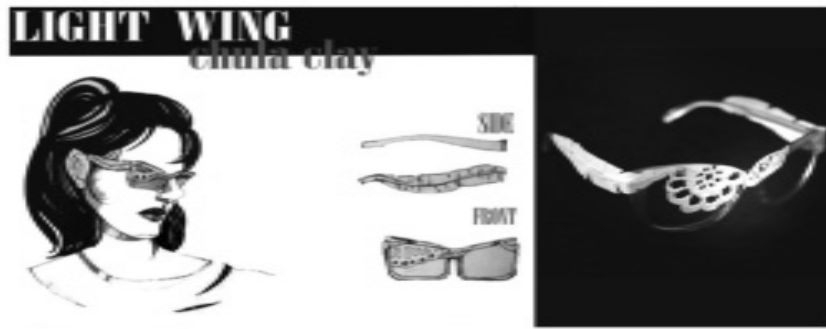
ภาพ 6 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 3 “Headband”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



ภาพ 7 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 4 “Starfish Collection”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



ภาพ 8 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 5 “ดิน น้ำ ลม ไฟ”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)



ภาพ 9 ภาพร่างต้นแบบและผลงานออกแบบกลุ่มที่ 6 “Light Wing”
ภาพโดย อินทิรา พรหมพันธุ์ (2556)

บทสรุป

การออกแบบอย่างยั่งยืนและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาต่อนองผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม กระบวนการผลิตสินค้า เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การปลูกฝังแนวความคิดด้านการออกแบบอย่างยั่งยืนให้กับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาจึงมีความสำคัญอย่างมากที่จะเปิดโอกาสในการสร้างประสบการณ์ บ่มเพาะและเสริมสร้างทักษะการคิดที่ดีต่อโลก ก่อให้เกิดเมล็ดพันธุ์แห่งการเปลี่ยนแปลง (Geel, 2002) สถาบันอุดมศึกษาเปรียบเสมือนสังคมขนาดเล็ก (Cortese, 2003) การเรียนการสอนเปิดโอกาสในการใช้ประโยชน์จากห้องปฏิบัติการและช่องทางต่างๆ เข้ามาสนับสนุนการสร้างนวัตกรรมแห่งความยั่งยืน (Penin and Vezzoli, 2004) ซึ่งช่วยสร้างสำนักแห่งความรับผิดชอบในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่สนับสนุนการอยู่ร่วมกันในโลกแห่งความจริงได้อย่างมีความสุข การให้คำแนะนำ ชี้แนะ กระตุ้นเตือนให้เห็นความสำคัญ เห็นคุณค่าและความหมาย โดยใช้กรณีศึกษาจากเรื่องราวใกล้ตัว รวมถึงนวัตกรรมจากผลงานวิจัยที่ประสบความสำเร็จสามารถสร้างทัศนคติที่

ดีต่อการทำงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ตัว เข้าถึงและลงมือปฏิบัติได้ง่าย ผลที่สะท้อนออกมาจากงานออกแบบเป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่า ผู้เรียนมีความคิดต่อยอดและเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาในการออกแบบอย่างยั่งยืนในทุกช่วงของการออกแบบไปจนถึงการผลิตต้นแบบ ซึ่งสะท้อนจากแนวความคิดในการออกแบบได้แรงบันดาลใจจากธรรมชาติ การคัดเลือกวัสดุที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่หรือวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กระบวนการออกแบบและผลิตที่ไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และการนำไปใช้งานได้หลายประโยชน์ใช้สอย งานออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตจะไม่เป็นเพียงแค่ “การสร้างสรรค์สิ่งใหม่” แต่จะเป็น “การสร้างสรรค์สิ่งที่ดีกว่าเดิม” (Esslinger, H., 2011) แนวคิดการออกแบบอย่างยั่งยืนจะช่วยสร้างโลกให้เป็นไปในทิศทางดียิ่งขึ้น การเรียนรู้ผ่านการกระทำจะเกิดเป็นพฤติกรรมที่เป็นนิสัย (Lopes, A., Fam, D.M. and Williams, J., (2012) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความตระหนักและนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ในงานออกแบบหรือส่งต่อการเรียนการสอน ศิลปะและการออกแบบเพื่อปลูกฝังแนวคิดให้กับผู้เรียนในรุ่นต่อไปในเรื่องของการออกแบบอย่างยั่งยืนอย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์ต่อสังคม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- พฤทธิ ศิริบริวรรณพิทักษ์. (2555). การจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน: พื้นฐานการศึกษาด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยสัมพันธ์.
- ไพฑูรย์ ลินลารัตน์. (2557). หลักและเทคนิคการสอนระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: บริษัท วี.พรินท์ (1991)
- เรวัต สุขฤทธิกาญจน์. (2555). จากยุคการประดิษฐ์คิดค้นสู่การออกแบบอย่างยั่งยืน. วารสารวิชาการ ศิลปะ สถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 3, 138-150.
- สนอง เอกสิทธิ์ และคณะ. (2556). รายงานฉบับสมบูรณ์แผนงานวิจัย นวัตกรรมการสร้างมูลค่าให้แก่ เปลือกหอยแมลงภู่มูลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลโดยการแปรรูปเป็นเกร็ดประกายมุก และผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555
- โสมฉาย บุญญานันต์ และอินทิรา พรหมพันธุ์. (2556). รายงานการวิจัย นวัตกรรมพัฒนาต้นแบบ และถ่ายทอดกระบวนการสร้างสรรค์เครื่องประดับและงานศิลปหัตถกรรมจากดินจุฬา. สำนักงาน คณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555
- สิงห์ อินทรชูโต. (2559). *Upcycle design : อัปไซเคิลด้วยการออกแบบเชิงสร้างสรรค์*. ปทุมธานี: สำนักงาน พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2559). *EcoDesign การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม เพื่อชีวิตที่ยั่งยืน* สืบค้นจาก <http://www.nstda.or.th/news/419-ecodesign>
- สุวิทย์ วงศ์จิราวาณิชย์. (2554). *Sustainable Design ดีไซน์เปลี่ยนโลก*. กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพฯ ภูเก็ต.
- อินทิรา พรหมพันธุ์. (2550). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบนเว็บโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบเบรน เบสต์ในวิชาการออกแบบ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนิสิตนักศึกษาในระดับปริญญา บัณฑิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต) สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Birkeland, Jenis. (2002). *Design for sustainability: A sourcebook of integrated, ecological solutions*. London, GBR: Earthscan. Retrieved from <http://site.ebrary.com/lib/uppsala/Doc?id=10128847&ppg=21>
- Cortese, A. (2003). *The critical role of higher education in creating a sustainable future. Planning for Education*, 31, 15-22.

- Esslinger, H. (2011) Sustainable Design: Beyond the Innovation-Driven Business Model. *Journal of Product Innovation Management*. 28(3), 401–404.
- Gardner, H. (2006). *Multiple intelligences: New horizons*. Basic books.
- Geels, F. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31, 1257–1274.
- Lopes, A., Fam, D.M. and Williams, J. (2012). Designing sustainable sanitation: involving design in innovative, transdisciplinary research', *Design Studies*, 33(3), 298–317.
- Penin, L., Vezzoli, C. (2004). *Campus: 'lab' and 'window' for sustainable design research and education*. The DECOS educational network experience, in proceedings EMSU2004, Environmental Management for Sustainable Education, Monterrey, Mexico.
- Walker, S. (2012). *Sustainable by design: Explorations in theory and practice*. Routledge.

ผู้เขียน

อาจารย์ ดร.อินทรา พรหมพันธุ์ สาขาวิชาศิลปศึกษา ภาควิชาศิลปะ ดนตรี และนาฏศิลป์ศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Email: intira.p@chula.ac.th