

การศึกษากระบวนการแปรสภาพเศษวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคม
และหาค่ามาตรฐานการส่องสว่าง
ณัฐวรรตน์ ขจัดภัย^{1*}

The study process scrap material from plastic water bottles used in the
luminaire design and standard illumination.

Nutwarat Khajadphai^{1*}

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

^{1*} Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

*Corresponding author E-mail address : nutwarat@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการแปรสภาพเศษวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่าง ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัย (1) ศึกษาขวดน้ำพลาสติกที่ใช้ในการแปรสภาพ (2) ศึกษาเปรียบเทียบการส่องสว่างจากการแปรสภาพ โดยมีตัวแปรที่ศึกษา คือ (1) ขวดน้ำพลาสติกที่ได้จากการแปรสภาพแบบเส้น แบบแผ่น และแบบฉลุ จากขวดพลาสติกใส 3 รูปแบบ พลาสติกสี 3 รูปแบบ พลาสติกขุ่น 3 รูปแบบ (2) ค่าของการส่องสว่างที่ได้จากแสงที่ลอดผ่านพลาสติกแต่ละชนิดที่ใช้ในการแปรสภาพ โดยมีตัวแปรคือ (1) พื้นที่ของห้องขนาด 3x4 ตารางเมตร ขนาดพื้นที่ที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างโดยรอบคือขนาด 1 x 1 ตารางเมตร ตัวแปรตามคือ (1) อัตราส่วนเปรียบเทียบความส่องสว่างระหว่างสีของผลิตภัณฑ์และรูปแบบในการแปรสภาพผลิตภัณฑ์ในลักษณะแบบแผ่น แบบเส้น แบบฉลุ (2) มุมกระทำและตำแหน่งของการกระจายแสง ผู้วิจัยได้นำผลของการวัดค่าความส่องสว่างจากการแปรสภาพขวดพลาสติกทั้ง 9 รูปแบบมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความส่องสว่างที่เป็นมาตรฐานในการใช้งาน ในการทดสอบได้นำหลอดไฟมาใช้ในการทดสอบคือ หลอด Daylight (แสงขาว) Warm white (แสงนวล) เป็นหลอด LED ขนาด 16 วัตต์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากหลอด Daylight คือ ในการวัดค่าความส่องสว่างพบว่า การแปรสภาพขวดใสแบบเส้นในจุดวัดตำแหน่งที่ 1 มีค่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด (66.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (66.20 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ (64.20 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดขุ่นพบว่า การแปรสภาพขวดขุ่นแบบฉลุมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (49.20 ลักซ์) การแปรสภาพขวดขุ่นแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (48.80 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพแบบเส้น (48.00 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดสีพบว่า การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (45.00 ลักซ์) การแปรสภาพขวดสีแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (44.40 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ (37.20 ลักซ์) และผลการวิเคราะห์ที่ได้หลอด Warm white ในการวัดค่าความส่องสว่างพบว่า การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น ในจุดวัดตำแหน่งที่ 1 มีค่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด (61.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ มีค่าเฉลี่ยรองลงมา (61.60 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดใสแบบเส้น (59.00 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดขุ่นพบว่า การแปรสภาพขวดขุ่นแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (45.40 ลักซ์) การแปรสภาพขวดขุ่นแบบฉลุมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (44.60 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดขุ่นแบบแผ่น (44.20 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดสีพบว่า การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (38.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดสีแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (34.00 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ (32.20 ลักซ์) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหลอดไฟ 2 ชนิด คือ ไฟ Daylight และ ไฟ Warm white พบว่า การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น และการแปรสภาพขวดใสแบบเส้น มีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุไฟ Daylight (64.20 ลักซ์) ไฟ Warm white

(61.60 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น ไฟ Daylight (66.20 ลักซ์) ไฟ Warm white (61.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบเส้น ไฟ Daylight (66.80 ลักซ์) ไฟ Warm white (59.00 ลักซ์) จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและค่ามาตรฐานการส่องสว่างพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณ

คำสำคัญ : การแปรสภาพ ขวดพลาสติก ดวงโคม ค่าความส่องสว่าง

ABSTRACTS

The study process scrap material from plastic water bottles used in the luminaire design and standard illumination. Researchers have determined the purpose of research (1) The plastic water bottles used in the processing (2) Comparison of illumination from the conversion. The variables studied were (1) plastic bottle made of plate and fuzzy plastics from 3 transparent plastic bottles. (2) Through each type of plastic used for conversion, the constant variable is: (1) The area of the room is 3x4 square meters. The area used to measure the illuminance surrounding is 1x1 square meter. The variant is: (1) pour USD luminosity of the colors and forms of processing products in line with the stencil sheet (2) position and angle of the scattered light. The researchers used the results of the luminescence measurement of nine plastic bottle variants for comparative analysis of standard illumination values. In the test, the light bulb was used to test the daylight. Warm white (warm light) was a 16 watt LED. The analysis of data obtained from daylight is to measure the luminosity. Transforming the transparent bottle in line 1 was the highest average (66.80 lux). The plate-shaped transformation was the mean (66.20 lux) and the lowest average Crystal clear (64.20 lux) variation Photo opaque bottle found The highest average (49.20 lux) was obtained from the blister bottle processing. The plate blubber was the smallest (48.80 lux) and the lowest average (48.00 lux) Color variant variant found. The average color change was 45.00 lux. The color conversion was linear (44.40 lux) and the lowest color variation (37.20 kg). And the results of the tube analysis. Warm white for the luminance measurement revealed that the clear bottle variant In the first measuring point with the highest average (61.80 lux) conversion into a clear bottle fret. The mean was the mean (61.60 lux) and the lowest mean of bottle transformation (59.00 lux). The highest average (45.40 lux) varietal bottle variant was found to be the smallest bottle (44.60 lux) and the lowest average The color variation pattern was found. The plate color variation was the highest (38.80 lux). The color conversion was linear (34.00 lux) and the lowest color variation (32.20 kg). Prince, and compared between the two types of light bulbs and lighting Daylight Warm white that converged into a bottle fret. Converged clear bottle plate. And clear bottle transformation The average value is quite similar. Daylight light (61.60 lux) Warm white light (66.80 lux) Daylight light (66.80 lux) Warm white light (59.00 lux) From the study of plastic material conversion process for luminaire design and luminaire standard, it was found that the optimum position for luminaire installation was Entrance areas, living rooms, walkways and areas.

Keywords: plastic bottle, transformation, luminance

บทนำ

ขยะเป็นปัญหาสำคัญที่นับวันแต่จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งถือเป็นปัญหาใหญ่ในการจัดการกับเศษขยะจะมีผลกระทบโดยตรงต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในปัจจุบันมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจ สังคม ประกอบกับค่านิยมการบริโภคส่งผลให้มีการผลิตสินค้าและบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น ทั้งสินค้าและบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่มีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนใช้วัสดุที่สลายตัวตามธรรมชาติที่ช้าและยากต่อการกำจัด (อมรศรี เทียบชูป, 2553) จากรายงานสถานการณ์ขยะเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2557 ณ โรงแรมร่ายาแกรนด์ ปริมาณขยะสะสมในจังหวัดนครราชสีมาปริมาณ 781,517 ตัน ขยะเกิด 2,268 ตัน/วัน เก็บขนได้ 1,199 ตัน/วัน (ร้อยละ 53) นำไปกำจัดอย่างถูกต้องหลักสุขาภิบาล 136 ตัน/วัน (ร้อยละ 6) โดยมีการจัดการขยะมูลฝอยชุมชน บริการเก็บขน 138 แห่ง เทศบาล 74 แห่ง อบต. 64 แห่ง นอกจากนี้ได้มีการคาดการณ์ของกรมควบคุมมลพิษได้คำนวณตามพื้นที่ที่เกิดขยะมูลฝอย เทศบาลนคร 1.89 (กก./คน/วัน) โดยจังหวัดนครราชสีมามีปัญหาขยะมูลฝอยสะสมเป็นลำดับที่ 13 ของประเทศจากแผนปฏิบัติการตาม Road map การจัดการขยะของประเทศ

- 1) การจัดการขยะเก่าสะสมให้ถูกหลักวิชาการ
- 2) จัดการขยะใหม่ให้ถูกหลักวิชาการโดยมุ่งสู่พลังงาน
- 3) วางระเบียบมาตรการ การบริหารจัดการขยะและของเสียอันตราย
- 4) สร้างวินัยของคนในชาติ(สำนักสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 นครราชสีมา)

การกำจัดขยะพลาสติกถือเป็นอุปสรรคที่ยิ่งใหญ่เนื่องจากพลาสติกไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ อีกทั้งยังไม่มีโอกาสกลับสู่ธรรมชาติได้ ถึงแม้จะถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลงก็ตาม นับวันปัญหาขยะเหล่านี้จะทวีคูณขึ้นเพราะในชีวิตประจำวันไม่จำเป็นจะเป็นการอุปโภค บริโภคโดยเฉพาะขยะจากขวดน้ำดื่มจากสถิติของการใช้ขวดพลาสติกในปี 2550 พบว่ามีการใช้ขวด PE (ขาวขุ่น) ปีละประมาณ 2,880 ล้านบาท ขวด PET (ขวดใส) ปีละประมาณ 975 ล้านบาท รวมแล้วคนไทยใช้ขวดพลาสติกประมาณปีละ 3,855 ล้านบาท ในปัจจุบันมีการกำจัดของเสียตามหลัก 3RS ที่สอดคล้องกับประเทศ กระทรวงอุตสาหกรรม (คู่มือ 3RS กับการจัดการของเสียภายในโรงงาน : 16-21) โดยมีแนวทางดังนี้

- 1) การคัดแยก (Sorting)
- 2) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse)
- 3) การนำกลับไปใช้ประโยชน์อีก (Recycle)
- 4) การนำกลับคืนมาใหม่ (Recovery)
- 5) การกำจัดด้วยวิธีอื่นๆ

เมื่อปริมาณขวดพลาสติกมีจำนวนมากขึ้นจึงมีผู้ประกอบการ หน่วยงานหรือชุมชนได้นำแนวคิดการ Upcycling คือการสร้างมูลค่าให้กับเศษวัสดุ ผศ.สิงห์ อินทรชูโต ได้กล่าวในงาน TIFF 2016 ว่าปัญหาขยะล้นโลกและวัสดุเหลือทิ้งล้นโรงงานเราทุกคนต้องลงมือปฏิบัติผู้ประกอบการต้องเพิ่มบริการ การจัดการของเสียด้วยกระบวนการใหม่ๆ เช่นกระบวนการอัดแข็ง การเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ การสร้างคุณค่าจากของเสีย และการสร้างผลิตภัณฑ์ที่สามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ (Manager online สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2559) การนำขวดพลาสติกมารีไซเคิลเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อนุรักษ์พลังงาน การใช้น้ำ ประหยัดพื้นที่ฝังกลบ ซึ่งทำให้หลายองค์กรได้ตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากนโยบายและยุทธศาสตร์ของชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ยุทธศาสตร์ที่ 4 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมและบุคลากรทางการวิจัย เมื่อพลาสติกเป็นปัญหาที่ยากต่อการแก้ไขให้หมดไปในระยะเวลาอันสั้นจึงเกิดเป็นจุดกำเนิดผลิตภัณฑ์รักษ์โลกที่หลายชุมชนได้นำพลาสติกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยแนวคิด Upcycling คือการสร้างมูลค่าให้กับเศษวัสดุโดยนำมา Reuse โดยการนำของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ในรูปแบบใหม่แต่ยังคงเห็นโครงสร้างเดิมของวัสดุชิ้นใน หรือบางชิ้นอาจแปรเปลี่ยนจนไม่เหลือลักษณะของขยะชิ้นเดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดน้ำพลาสติกที่ใช้ในการแปรรูปพลาสติกชนิดใส หนา 0.4 มิลลิเมตร แปรรูปแบบเส้น แปรรูปแบบแผ่น แปรรูปแบบฉลุ
พลาสติกชนิดสี หนา 0.85 มิลลิเมตร แปรรูปแบบเส้น แปรรูปแบบแผ่น แปรรูปแบบฉลุ
พลาสติกชนิดขุ่น หนา 0.4 มิลลิเมตรแปรรูปแบบเส้น แปรรูปแบบแผ่น แปรรูปแบบฉลุ
2. ศึกษาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากการแปรรูปพลาสติก แบบเส้น แบบแผ่น แบบฉลุ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขวดน้ำพลาสติกที่ได้จากการแปรรูปแบบเส้น แบบแผ่น แบบฉลุ จากขวดพลาสติกใส พลาสติกสี และพลาสติกขุ่น อย่างละ 3 รูปแบบ

2. ค่าของการส่องสว่างที่ได้จากแสงที่ลอดผ่านพลาสติกแต่ละชนิด

ตัวแปรคงที่

1. พื้นที่ห้องขนาด 3 x 4 ตารางเมตร ขนาดพื้นที่ที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างโดยรอบคือขนาด 1 x 1 ตารางเมตร

ตัวแปรตาม

1. อัตราส่วนเปรียบเทียบความส่องสว่างระหว่างพลาสติกใส พลาสติกสี พลาสติกขุ่นของผลิตภัณฑ์และรูปแบบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ในลักษณะแบบแผ่น แบบเส้น และแบบฉลุ
2. มุมกระทำและตำแหน่งของการกระจายแสง

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. ด้านประโยชน์ใช้สอยใช้แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ (สาคร คันธ์โชติ, 2548: 34)
 - 1.1 หน้าที่ใช้สอย (Function)
 - 1.2 ใช้งานได้ดี (Performance)
 - 1.3 ใช้งานง่าย (Ease of use)
 - 1.4 สะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomic)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาชนิดน้ำพลาสติกที่ใช้ในการแปรรูป ศึกษากระบวนการแปรรูปและการขึ้นรูป จากขวดน้ำพลาสติก

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ โดยการนำขวดพลาสติกประเภทขวดน้ำ ขวดน้ำอัดลม โดยแบ่งประเภทของขวดคือ ขวดใส ขวดขุ่น และขวดสี

ขั้นตอนที่ 2 นำมาแปรรูปโดยนำขวดใส ขวดขุ่น และขวดสี มาตัดให้เป็นเส้น เป็นแผ่น และฉลุให้เกิดรู

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อศึกษาผลที่ได้จากการส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อตัดขวดตามแบบที่กำหนดแล้ว จึงนำมาผลิตเป็นรูปทรงจริง จากนั้นนำมาทดสอบเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากการแปรรูปวัสดุ 3 ชนิด 9 รูปแบบ ในห้องมืด โดยนำ lux meter มาวัดค่าของแสงที่ส่องออกมา

ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์ค่าของแสงที่ส่องสว่างออกมาจากโคมไฟที่เกิดจากการแปรรูปเศษวัสดุจากขวดพลาสติก ใน 9 รูปแบบ

2. ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัย ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณขยะจากขวดพลาสติก และศึกษาคุณลักษณะของพลาสติกแต่ละประเภทโดยแบ่งตามลักษณะของขวดคือ แบบใส แบบขุ่น และแบบสี

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการแปรสภาพ นำขวดมาใสแปรสภาพโดยแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเส้น แบบแผ่น และแบบฉลุ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) ศึกษาคุณลักษณะของพลาสติก
- 2) รูปแบบของโคมไฟที่แปรสภาพจากขวดพลาสติก
- 3) วัสดุอุปกรณ์
- 4) ขั้นตอนการประดิษฐ์
- 5) การวัดค่าความส่องสว่าง

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) จากปัญหาขยะล้นเมืองโดยเฉพาะปัญหาจากขยะพลาสติกที่ใช้ระยะค่อนข้างนานในการย่อยสลาย การกำจัดขยะโดยวิธีการเผาจะมีต้นทุนมากกว่าการฝังกลบหลายเท่า ในปัจจุบันมีขยะเพียง 1 % ที่ถูกเผาไปอย่างถูกวิธี การกำจัดขยะที่ช่วยลดปริมาณขยะได้ดีคือ การทำขายนั่นให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการแปรสภาพขวดพลาสติกโดยนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์โคมไฟจึงเป็นอีกทางหนึ่งช่วยลดปริมาณการเกิดขยะได้

2) นำขวดพลาสติกที่แปรสภาพแล้ว 3 ชนิด 9 รูปแบบ มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โคมไฟตามรูปแบบที่กำหนดไว้โดยนำพลาสติกที่แปรสภาพแล้วมาประกอบกันโดยไม่มีการซ้อนทับของวัสดุแต่อย่างใด เพื่อให้ได้ค่าของแสงสว่างที่วัดได้ตามความเป็นจริง หลังจากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์โคมไฟที่ได้ไปวัดค่าความส่องสว่างเพื่อหาค่ามาตรฐานของการส่องสว่างที่เหมาะสมต่อการใช้งานการติดตั้งหลอดไฟกับผนังดวงโคมมีระยะห่างอยู่ที่ 0.17 เซนติเมตร ก่อนทำการวัดค่าความส่องสว่างต้องปรับให้เครื่องวัดค่าอยู่ที่ศูนย์ก่อนทุกครั้ง เก็บตัวอย่างตามจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ 1 x 1 ตารางเมตร ที่กำหนดไว้ การอ่านค่าความส่องสว่างต้องไม่ให้เงาของผู้ทำการตรวจวัดแสงไปบดบังบนจุดรับแสง เพื่อมิให้ค่าของการวัดแสงที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง ก่อนอ่านค่าควรให้เครื่องมือรับแสงอ่านค่าแน่นอนโดยทั่วไปประมาณ 5 - 10 นาที จึงอ่านค่าและทำการบันทึกผลที่ได้ลงไป

2.3 ผลที่ได้จากการวัดค่าความส่องสว่าง

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรสภาพพลาสติกทั้ง 9 รูปแบบ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่เป็นมาตรฐานในการใช้งาน ในการทดสอบได้นำหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบคือ หลอด Daylight (แสงสีขาว) และหลอด Warm white (แสงนวล) เป็นหลอด LED ขนาด 16 วัตต์

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการแปรสภาพวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและค่ามาตรฐานการส่องสว่างได้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel เพื่อวิเคราะห์หาค่าสถิติดังนี้

3.1 การวัดแสงได้กำหนดจุดวัดทั้งหมด 5 จุดตามแนววงศาระนาบ แบ่งวัสดุเป็น 3 ชนิด 9 รูปแบบ ที่ส่งผลให้การกระจายแสงแตกต่างกัน และค่าผลลัพธ์ที่ได้จึงไม่เหมือนกันตามสีของวัสดุ และรูปแบบของผลิตภัณฑ์ นำผลของการวัดค่าความส่องสว่างมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการส่องสว่างภายใน

- สูงกว่า 70 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างแสงสูงกว่าค่ามาตรฐาน
- ต่ำกว่า 50 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างของแสงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน
- ระหว่าง 50-70 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างของแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ข้อมูลจากการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนได้
2. สามารถนำวัสดุจากกระบวนการแปรรูปวัสดุจากขวดพลาสติกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์
3. ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือใช้และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

การแปรรูป หมายถึง การเปลี่ยนรูปแบบจากโครงสร้างเดิมให้เป็นรูปแบบที่มีโครงสร้างใหม่โดยการนำมาทำเป็นเส้น นำมาทำเป็นแผ่น และการนำมาฉลุ

เศษวัสดุ หมายถึง วัสดุที่หมดประโยชน์จากการใช้สอยเดิมโดยการนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ด้วยวิธีการ Recycle Reuse

ขวดน้ำพลาสติก หมายถึง ขวดพลาสติกขุน ขวดพลาสติกใส หรือ ขวดพลาสติกสี ที่ใช้บรรจุของเหลวไม่เฉพาะน้ำเปล่า อาจรวมไปถึงน้ำอัดลม น้ำผลไม้ หรือน้ำสีต่าง ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายในการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ใช้สอยใหม่ขึ้นมา

ค่ามาตรฐานการส่องสว่าง หมายถึง ค่าของแสงที่ได้จากการใช้เครื่องมือในการวัดค่าความส่องสว่างจากการแปรรูปขวดน้ำพลาสติกที่เหมาะสมแก่การใช้งาน

ผลการวิจัย

การศึกษาระบบการแปรรูปวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่างผู้วิจัยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนของแผนงานที่วางไว้ ดังนี้

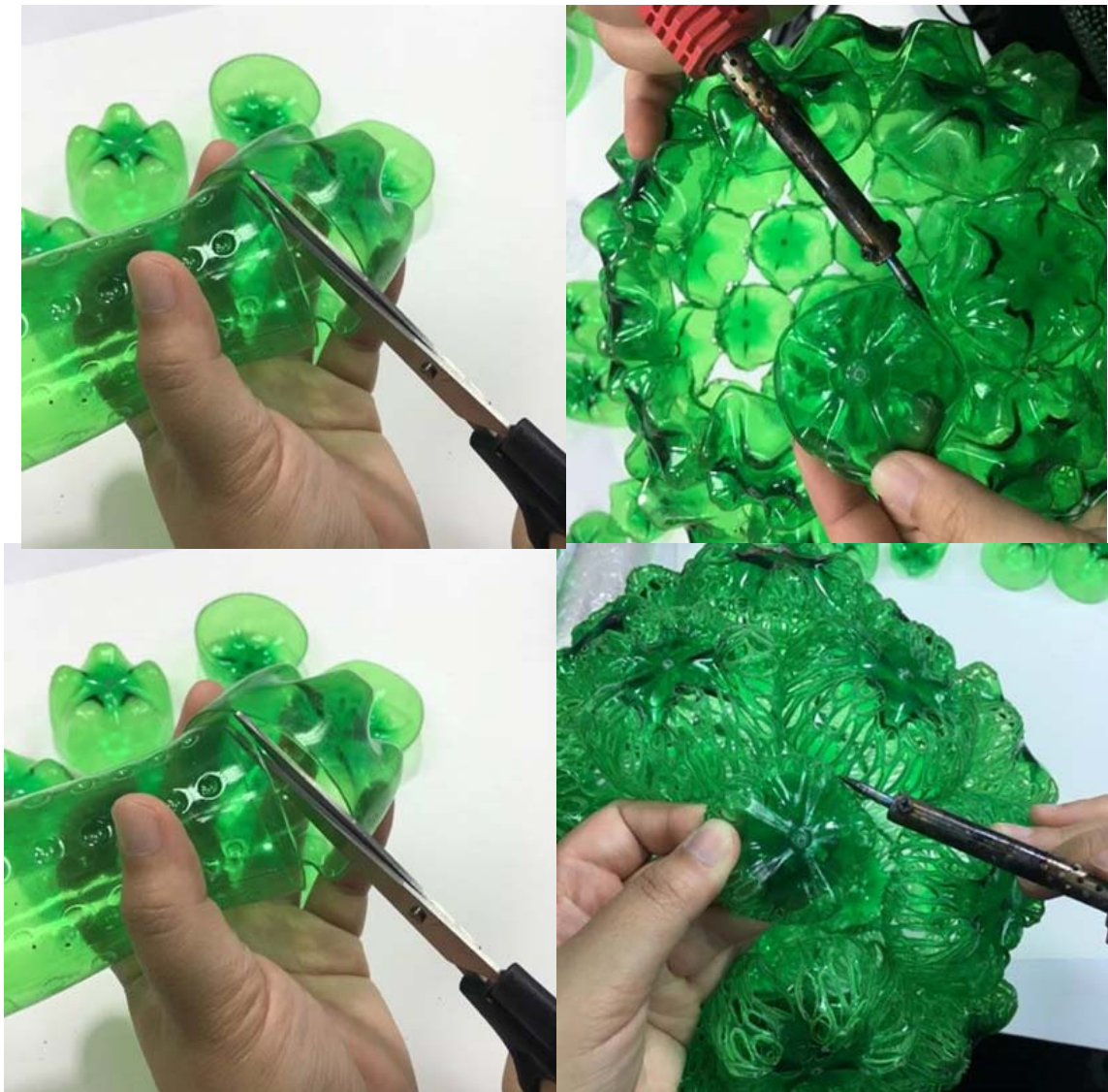
1. ขั้นตอน การเตรียมวัตถุดิบ โดยการนำขวดพลาสติกประเภทขวดน้ำ ขวดน้ำอัดลม โดยแบ่งประเภทของขวดคือ ขวดใส ขวดขุน และขวดสี

2. ขั้นตอน นำมาแปรรูปโดยนำขวดพลาสติกใส ขวดพลาสติกขุน และขวดพลาสติกสี มาแปรรูปให้เป็นเส้นเป็นแผ่น และฉลุให้เกิดลวดลาย

3. ขั้นตอน เมื่อตัดขวดตามแบบที่กำหนดแล้ว จึงนำมาผลิตเป็นรูปทรงจริง จากนั้นนำมาทดสอบเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากการแปรรูปวัสดุ 3 ชนิด 9 รูปแบบ ในห้องมืด โดยนำ lux meter มาวัดค่าของแสงที่ส่องออกมา



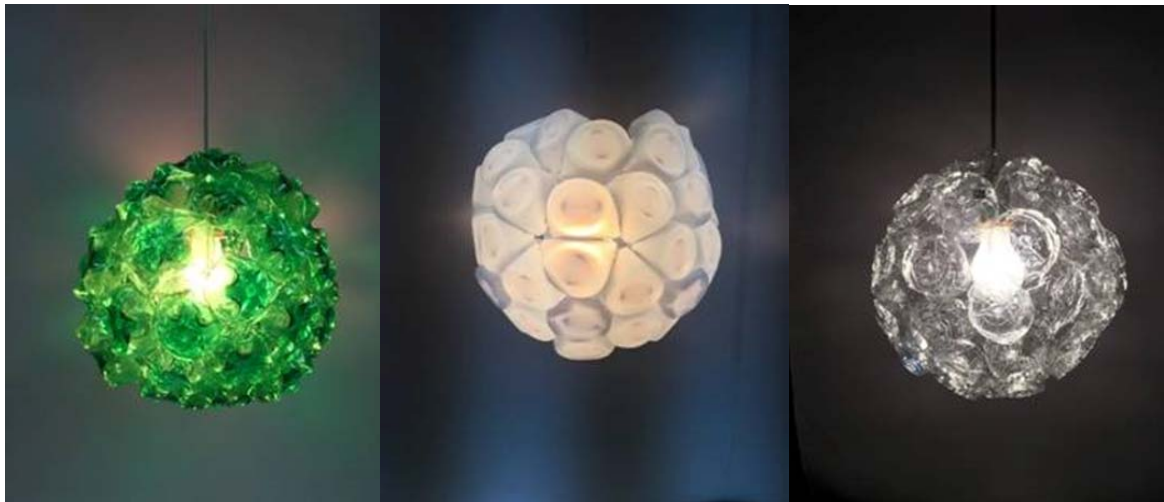
ภาพ 1-2 ขั้นตอนการแปรรูปพลาสติกแบบเป็นเส้น



ภาพ 3 - 6 ขั้นตอนการแปรรูปพลาสติกแบบฉลุ



ภาพ 7-9 ผลิตภัณฑ์โคมไฟแบบเส้นที่เสร็จสมบูรณ์



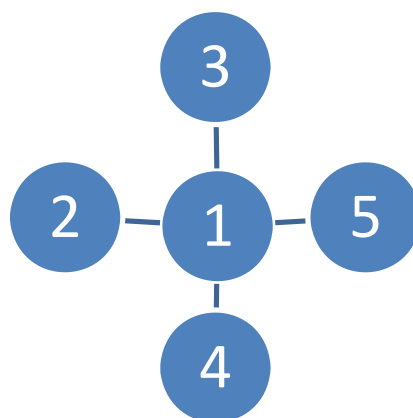
ภาพ 10-12 ผลิตภัณฑ์โคมไฟแบบแผ่นที่เสร็จสมบูรณ์



ภาพ 13-15 ผลิตภัณฑ์โคมไฟแบบฉลุที่เสร็จสมบูรณ์

4. ขั้นตอน สรุปผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์ค่าของแสงที่ส่องสว่างออกมาจากโคมไฟที่เกิดจากการแปรสภาพเศษวัสดุจากขวดพลาสติก ใน 9 รูปแบบ

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรสภาพพลาสติกทั้ง 9 รูปแบบ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความส่องสว่างที่เป็นมาตรฐานในการใช้งาน ในการทดสอบได้นำหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบคือ หลอด Daylight (แสงนวล) และหลอด Warm white (แสงขาว) เป็นหลอด LED ขนาด 16 วัตต์ โดยทำการวิเคราะห์ค่าของแสงที่ส่องสว่างออกมาจากโคมไฟที่เกิดจากการแปรสภาพเศษวัสดุจากขวดพลาสติก ใน 9 รูปแบบ โดยกำหนดจุดสำหรับวัดค่าความส่องสว่างออกเป็น 5 จุดซึ่งจุดที่ 1 จะอยู่ในแนวตั้งของโคมไฟ



ภาพ 16 แสดงตำแหน่งของการวัดค่าความส่องสว่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวัดค่าความส่องสว่าง จะทำการทดสอบโดยนำหลอดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการแปรสภาพจากพลาสติก 3 ประเภทคือแบบสี แบบใส แบบขุ่น นำมาแปรสภาพใน 9 รูปแบบ โดยนำหลอดไฟ Daylight และไฟ Warm white ขนาด 16 วัตต์มาทดสอบซึ่งได้ผลดังนี้

ตาราง 1 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากพลาสติก 3 ประเภท 9 รูปแบบ หลอดไฟ Daylight

หลอดไฟ Daylight	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	Max	Min	AVG	SD
การแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ	40	36	36	38	36	40	36	37.20	1.789
การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่น	49	41	45	45	45	49	41	45.00	2.828
การแปรสภาพขวดสีแบบเส้น	52	42	44	42	42	52	42	44.40	4.336
การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ	69	62	62	65	63	69	62	64.20	2.950
การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น	69	65	65	66	66	69	65	66.20	1.643
การแปรสภาพขวดใสแบบเส้น	70	65	65	67	67	70	65	66.80	2.049
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบฉลุ	56	46	48	48	48	56	46	49.20	3.899
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบแผ่น	54	47	47	47	49	54	47	48.80	3.033
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบเส้น	58	46	45	45	46	58	45	48.00	5.612

จากตารางที่ 1 ในการวัดค่าความส่องสว่างพบว่า การแปรสภาพขวดใสแบบเส้นในจุดวัดตำแหน่งที่ 1 มีค่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด (66.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (66.20 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ (64.20 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดขุ่นพบว่า การแปรสภาพขวดขุ่นแบบฉลุมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (49.20 ลักซ์) การแปรสภาพขวดขุ่นแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (48.80 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพแบบเส้น (48.00 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดสีพบว่า การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (45.00 ลักซ์) การแปรสภาพขวดสีแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (44.40 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ (37.20 ลักซ์)

ตาราง 2 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างจากพลาสติก 3 ประเภท 9 รูปแบบหลอดไฟ Warm white

หลอดไฟ Warm white	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	Max	Min	AVG	SD
การแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ	36	32	31	30	32	36	30	32.20	2.280
การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่น	41	39	38	38	38	41	38	38.80	1.304
การแปรสภาพขวดสีแบบเส้น	44	32	31	31	32	44	31	34.00	5.612
การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ	63	61	62	61	61	63	61	61.60	0.894
การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น	64	62	61	61	61	64	61	61.80	1.304
การแปรสภาพขวดใสแบบเส้น	67	58	57	57	56	67	56	59.00	4.528
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบฉลุ	50	42	44	44	43	50	42	44.60	3.130
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบแผ่น	53	42	44	42	40	53	40	44.20	5.119
การแปรสภาพขวดขุ่นแบบเส้น	56	42	43	43	43	56	42	45.40	5.941

จากตารางที่ 2 ในการวัดค่าความส่องสว่างพบว่าการแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น ในจุดวัดตำแหน่งที่ 1 มีค่า ค่าเฉลี่ยสูงสุด (61.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ มีค่าเฉลี่ยรองลงมา (61.60 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดใสแบบเส้น (59.00 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดซึ้นพบว่า การแปรสภาพขวดซึ้นแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (45.40 ลักซ์) การแปรสภาพขวดซึ้นแบบฉลุมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (44.60 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดซึ้นแบบแผ่น (44.20 ลักซ์) รูปแบบการแปรสภาพขวดสีพบว่า การแปรสภาพขวดสีแบบแผ่นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (38.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดสีแบบเส้นมีค่าเฉลี่ยรองลงมา (34.00 ลักซ์) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดจากการแปรสภาพขวดสีแบบฉลุ (32.20 ลักซ์) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหลอดไฟ 2 ชนิด คือไฟ Daylight และ ไฟ Warm white พบว่า การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุ การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น และการแปรสภาพขวดใสแบบเส้น มีค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ การแปรสภาพขวดใสแบบฉลุไฟ Daylight (64.20 ลักซ์) ไฟ Warm white (61.60 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบแผ่น ไฟ Daylight (66.20 ลักซ์) ไฟ Warm white (61.80 ลักซ์) การแปรสภาพขวดใสแบบเส้น ไฟ Daylight (66.80 ลักซ์) ไฟ Warm white (59.00 ลักซ์) จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคม และค่ามาตรฐานการส่องสว่างพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่าง จากการแปรสภาพพลาสติก 3 ประเภท แบบสี แบบใส แบบซึ้น นำมาแปรสภาพใน 9 รูปแบบ คือ แบบเส้น แบบแผ่น และแบบฉลุ โดยนำหลอดไฟขนาด 16 วัตต์ นำมาใช้ในการวัดค่าความส่องสว่าง

จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขวดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่างซึ่งตรงกับกรอบแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของ สารคร คันธโชติ (2548:34) สรุปผลได้ว่าโคมไฟที่ผ่านการแปรสภาพแบบเส้น แบบแผ่น แบบฉลุ มีคุณลักษณะเหมาะสมในการนำมาใช้งานได้ตรงกับมาตรฐานการส่องสว่าง ในส่วนของบริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได การติดตั้งเพื่อการใช้งานไม่ยุ่งยากเป็นไปตามมาตรฐานงานติดตั้งไฟฟ้าทั่วไปของอาคารขนาดเล็กหรือบ้านพักอาศัย สรุปผลได้ดังนี้

1. จากการแปรสภาพขวดน้ำพลาสติกแบบขวดใสจะมีค่าเฉลี่ยในการส่องสว่างสูงที่สุด การแปรสภาพพลาสติกแบบขวดซึ้นมีค่าเฉลี่ยในการส่องสว่างรองลงมา และการแปรสภาพพลาสติกแบบขวดสีจะมีค่าเฉลี่ยในการส่องสว่างน้อยที่สุด

2. ค่าความส่องสว่างของแสงที่ได้จากการวัดแสง

1) การวัดค่าความส่องสว่างขวดใสแบบเส้น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานเหมาะสมที่ใช้ในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดก็ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน

2) การวัดค่าความส่องสว่างขวดใสแบบแผ่น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดก็ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน

3) การวัดค่าความส่องสว่างขวดใสแบบฉลุ พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดก็ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน

4) การวัดค่าความส่องสว่างขวดซึ้นแบบเส้น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

5) การวัดค่าความส่องสว่างขวดซึ้นแบบฉลุ พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

6) การวัดค่าความส่องสว่างขดขุ่นแบบแผ่น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

7) การวัดค่าความส่องสว่างขดขุ่นแบบเส้น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการติดตั้งดวงโคมคือ บริเวณทางเข้าบ้าน ห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

8) การวัดค่าความส่องสว่างขดขุ่นแบบแผ่น พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดแต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน

9) การวัดค่าความส่องสว่างขดขุ่นแบบฉลุ พบว่าค่าที่วัดได้ในการส่องสว่างจุดที่ 1 มีค่าความส่องสว่างสูงสุดแต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และอีกจำนวน 4 จุดวัดค่าได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน

- สูงกว่า 70 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างแสงสูงกว่าค่ามาตรฐาน
- ต่ำกว่า 50 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างของแสงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน
- ระหว่าง 50-70 Lux หมายความว่า แสงที่ได้มีค่าความส่องสว่างของแสงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่างผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลทั้งตัววัสดุและรูปแบบที่ใช้ในการแปรสภาพ เพื่อนำมาวัดค่าความส่องสว่าง

ผลจากการศึกษาพบว่าสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบคือ ตัวผลิตภัณฑ์เกิดจากการขึ้นต้นแบบด้วยกรรมวิธีการขึ้นรูปด้วยมือฉะนั้นในแต่ละองศาของดวงโคมแต่ละประเภทที่ได้เมื่อวัดค่าความส่องสว่างจึงมีความแตกต่างกัน และวัสดุที่นำมาประดิษฐ์เป็นดวงโคมด้วยวัสดุชนิดเดียวกันแต่ต่างกันด้วยสีและกรรมวิธีการแปรรูปค่าในการส่องสว่างที่ได้จึงมีทั้งค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่างจึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยา ตันติยาสวัสดิกุล (255 : 170 -171) ได้สรุปผลการวิจัยไว้ว่า วัสดุต้นแบบสามารถลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านพื้นผิวหลังคาได้ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับตาข่ายกรองแสงที่ใช้กับที่จอดรถกลางแจ้งซึ่งสามารถกรองแสงได้ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ เรื่องวัสดุที่ใช้ในการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุต้นแบบ ผลิตจากพลาสติกชนิด PET หรือ โพลีเอททิลีน เทเรฟทาเลท (Polyethylene Terephthalate : PET/PETE) ซึ่งมีคุณสมบัติโปร่งแสงคล้ายแก้วเหนียว มีน้ำหนักเบา ทนต่ออุณหภูมิได้ถึงประมาณ 70 -100 องศาเซลเซียส ส่วนตาข่ายกรองแสงผลิตจากพลาสติกชนิด HDPE หรือโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) ดังนั้นพลาสติกที่มีแสงส่องผ่านพื้นผิวในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมกับตำแหน่งที่นำดวงโคมไปติดตั้ง อีกทั้งลักษณะที่โปร่งแสงและมีน้ำหนักเบาจึงมีคุณสมบัติที่ดีสามารถนำไปใช้ในการออกแบบดวงโคมได้

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขดน้ำพลาสติกเพื่อใช้ในการออกแบบดวงโคมและหาค่ามาตรฐานการส่องสว่าง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้และเพื่อทำการวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้

1. จากการศึกษพบว่ากระบวนการแปรสภาพวัสดุจากขดน้ำพลาสติก แบบเส้น แบบแผ่น แบบฉลุ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการส่องสว่างทุกจุดสามารถนำไปติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม คือในบริเวณทางเข้าบ้าน ภายในห้องนั่งเล่น ส่วนของทางเดิน และบริเวณบันได การแปรสภาพวัสดุจากขดน้ำพลาสติก แบบเส้น แบบฉลุ แบบแผ่น ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการส่องสว่างเพียงหนึ่งจุด การแปรสภาพขดน้ำพลาสติก แบบเส้น ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพียงหนึ่งจุด ส่วนการแปรสภาพขดน้ำพลาสติกแบบแผ่น และขดน้ำพลาสติกแบบฉลุ ไม่มีชนิดใดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน หากเพิ่มกำลังวัตต์ของหลอดไฟที่สูงกว่าเดิม หรือเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟที่สามารถใช้กับวัสดุประเภทพลาสติกได้ อาจทำให้การวัดค่าความส่องสว่างเพิ่มขึ้นและสามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่หลากหลาย

2. ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เป็นไปตามกระบวนการทำให้การวัดค่าความส่องสว่างในแต่ละจุดที่มีแสงสว่างลอดผ่านออกมาไม่เท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงแรงงาน. (ม.ป.ป.). **มาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง**. สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน. กรุงเทพฯ : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.
- กัลยา ตันติยาสวัสดิกุล. (2550). **การแปรรูปวัสดุขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานออกแบบภายในอาคารประเภทฉากกั้นและผนังเบา**. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.
- นิภาวรรณ สุนทรโอวาท. (2555). **ปัจจัยการออกแบบสภาพแวดล้อมของร้านอาหารที่สื่อถึงประเภทอาหาร กรณีศึกษาร้านอาหารญี่ปุ่น**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- จรูญ แสงอาทิตย์ และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (ม.ป.ป.). **มาตรฐานระดับความสว่างในอาคารสำหรับประเทศไทย**. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วัชร มั่งวิจิตรกุล. (2554). **ไฟฟ้าแสงสว่างศูนย์อนุรักษ์พลังงานประเทศไทย สำนักงาน คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ**. ฝ่ายวิชาการศูนย์ความปลอดภัยในการทำงาน พื้นที่ 1 กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.
- สาคร คันทโชติ. (2528). **การออกแบบเครื่องเรือน**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สิงห์ อินทรชูโต. (2552). **Reuse, The art of reclaim**. กรุงเทพฯ : พาบุญมา.
- อมรสิทธิ์ เทียนชู. (2553). **การจัดการธนาคารขยะสำหรับชุมชน กรณีศึกษาชุมชนอยู่เจริญบุญมา เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.