

การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ กรณีศึกษาเก้าอี้จากขวดพลาสติก ECOLOGICAL DESIGN IN THE CASE STUDY OF CHAIR FROM PLASTIC BOTTLES

เสนอห์ สำเภาเงิน* สมชาย ดิษฐาภรณ์ และอุดมศักดิ์ สถาวร

Saneh Sompoangeon*, Somchye Distaporn, and Udomsak Sthawon

E-mail: saneh.s@mail.rmutk.ac.th, somchye.d@mail.rmutk.ac.th, and udomsak161140@gmail.com

ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพมหานคร 10120

Department of Communication Technology and Industry, Faculty of Science and Technology,

Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok 10120 Thailand

*Corresponding author E-mail: saneh.s@mail.rmutk.ac.th

(Received: May 12, 2021; Revised: May 22, 2021; Accepted: June 11, 2021)

ABSTRACT

This are three objectives in this research. The first objective is to study the transformation procedure of plastic bottles into the versatile sheets and test for their mechanical properties. The second objective is to design chairs and test bearing capacity of the chair models made from the plastic bottles. The third objective is to assess satisfaction from the chair models made by the plastic bottles. The samples for this study are three injection technicians, three material technology scientists, five design experts, 15 testers of body weight, and 30 residents of Bang Kho Laem District in Bangkok. All samples were chosen by purposive sampling. Materials in this study included questionnaire about the appropriateness of chair models, mechanical properties test of versatile sheets, data record, and satisfaction questionnaire. Analyzed tools were percentage, arithmetic means, and standard deviation. According to the result of the study, 1) recycled high-density polyethylene (HDPE) plastic bottles and plastic bottle caps were ground into small pieces. The pieces were 200 grams, which were melted and pressed into 20.0 x 20.0 x 0.5 cm versatile sheets. Mechanical properties test as American Society for Testing and Materials (ASTM) international standard revealed that the versatile sheets were strong, resistant to breaking and bending, and impact-absorbent. 2) According to the assessment from experts, model was the most satisfying to the experts ($\bar{x}$ = 3.91, S.D. = 0.53). The chair was made of 21 versatile sheets. Versatile sheets were attached to the structure with screws. The overall dimension was 72.0 (width) x 80.0 (length) x 85.5 (height) cm, the seat was 43.0 cm from the ground. The modelled chair was tested for bearing weight and it was able to 115-120 kg. 3) From the assessment questionnaire of the model chair, it found that overall satisfaction was at a high level ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.67).

Keywords: Ecological design; Chair; Plastic bottles; Recycle; Versatile sheets

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่น
อเนกประสงค์ 2) เพื่อออกแบบแก้วและทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบแก้วจากขวดพลาสติก 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจ
ต้นแบบแก้วจากขวดพลาสติก กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ช่างฉีดยาพลาสติก 3 คน นักวิทยาศาสตร์ด้านเทคโนโลยีวัสดุ 3 คน ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการออกแบบ 5 คน ผู้ที่มีน้ำหนักตามระดับช่วง 15 คน และผู้พักอาศัยในเขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร 30 คน โดยการ
สุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามความเหมาะสมรูปแบบ แบบทดสอบสมบัติเชิงกล แบบบันทึกข้อมูลการรับ
น้ำหนัก และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผลการวิจัย พบว่า 1) การแปลงสภาพขวดพลาสติกจากการนำกลับมาใช้ใหม่ ใช้ขวดประเภทพอลิเอธิลีนความหนาแน่นสูง
ชนิดเป็นเศษน้ำหนักประมาณ 200 กรัม หลอมแล้วอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นอเนกประสงค์ขนาด 20.0 x 20.0 x 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไป
ทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานสากล American Society for Testing and Materials (ASTM) พบว่า แผ่นอเนกประสงค์
มีความแข็งแรง ทนทานต่อการแตกหรือการหักงอ และรับแรงกระแทกได้ดี 2) ผลการออกแบบแก้ว พบว่า มีความเหมาะสม
ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.91$, S.D. = 0.53) โดยใช้แผ่นอเนกประสงค์ 21 แผ่น ยึดเข้ากับโครงสร้างเหล็กด้วยสกรู มีขนาดกว้าง
72.0 x ยาว 80.0 x สูง 85.5 เซนติเมตร ความสูงที่นั่ง 43.0 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทดสอบการรองรับน้ำหนัก พบว่า
สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด 115-120 กิโลกรัม และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบแก้ว พบว่า ผลรวมทุกด้าน
มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 4.36$, S.D. = 0.67)

คำสำคัญ: การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ; แก้ว; ขวดพลาสติก; การนำกลับมาใช้ใหม่; แผ่นอเนกประสงค์

1. บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน และมีแนวโน้มการใช้งานมากขึ้น เนื่องจากพลาสติก
มีคุณสมบัติเบา แข็งแรง ทนทาน และราคาถูก สามารถผลิตให้มีรูปแบบต่าง ๆ ตามต้องการด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ก้าวหน้าและ
ทันสมัย ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นทำให้พลาสติกได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว มีคุณสมบัติตามความต้องการได้อย่างหลากหลาย
เช่น ขวดพลาสติก ขวดพลาสติก ภาชนะบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ ส่งผลให้เกิดขยะพลาสติกในปริมาณมากขึ้น
[1] ซึ่งพลาสติกมีคุณสมบัติยากต่อการสลายตัวและเสื่อมสภาพ ทำให้ขยะมูลฝอยประเภทพลาสติกคงอยู่ในสภาพแวดล้อมได้เป็น
เวลานานก่อให้เกิดเป็นภาระในการจัดการและกำจัดเป็นอย่างมาก ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้
อีกทั้งพลาสติกยังอาจปนเปื้อนสู่ห่วงโซ่อาหารและเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ได้ เช่น พลาสติกบางชนิดเมื่อหมดอายุการใช้งาน
จะถูกย่อยสลายกลายเป็นขยะชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งสามารถแทรกในชั้นดินหรือปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำ พลาสติกบางชนิดหากเกิดการเผาไหม้
จะทำให้เกิดควันพิษในอากาศ หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุภาวะโลกร้อน [2]

จากข้อมูลการรายงานอันดับการรั่วไหลของขยะพลาสติกแต่ละประเภทในประเทศไทยปี พ.ศ. 2561 โดยองค์การระหว่าง
ประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (International Union for Conservation of Nature) หรือ ไอยูซีเอ็น (IUCN) ระบุว่า
ขยะพลาสติกประเภทพอลิเอธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) พบการรั่วไหลสู่ธรรมชาติมากถึง
54,000 ตัน เป็นอันดับสองรองจากขยะพลาสติกประเภทพอลิเอธิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE)
ที่นำมาใช้ผลิตถุงพลาสติก เนื่องจากพลาสติกประเภท HDPE มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ที่นิยมนำไป
ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แบบพูน [3] สอดคล้องกับข้อมูลการรายงานเกี่ยวกับห่วงโซ่คุณค่าของขวดพลาสติกในประเทศไทย
ปี พ.ศ. 2560 โดยกอง แอดเวนเจอร์ (Gone Adventurin) พบว่า มีการผลิตขวดพลาสติกออกสู่ตลาดในประเทศมากกว่า
185,000 ตัน แต่มีเพียงไม่ถึงครึ่งที่ถูกจัดเก็บ และนำเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างเหมาะสม ส่วนขวดพลาสติกที่เหลือ
เกือบ 100,000 ตัน ต้องถูกนำไปฝังกลบ และบางส่วนก็เล็ดรอดออกสู่ทะเลกลายเป็นขยะทางทะเล ที่สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็น
วงกว้าง ซึ่งขวดพลาสติกสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่สิ้นสุดในหลายรูปแบบ หากนำมาผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่
ที่มีประสิทธิภาพ ยังมีการนำขวดพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ได้มากเพียงใด ก็จะทำให้ความต้องการขวดพลาสติกผลิตใหม่ลดลงมาก
ตามไปด้วย [4]

การจัดการขยะพลาสติกมีหลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการใช้หลักการ 3Rs ซึ่งเป็นหลักการที่เน้นการลดการใช้ทรัพยากร (Reduce)
ด้วยการยืดอายุการใช้งานของสิ่งที่มีอยู่แล้ว (Reuse) หรือการหมุนเวียนของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อเป็นการลดของเสีย
ทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในหลักการดังกล่าวจะมีการนำวัสดุที่ถูกสกัดออกมาใช้แล้วไปใช้ใหม่ใน
กระบวนการผลิต ด้วยการปรับแต่งวัสดุเดิมให้กลายเป็นวัตถุดิบหรือเป็นพลังงานสำหรับกระบวนการผลิตอื่น ๆ ต่อไป

จนเรียกได้ว่าเป็นแนวคิดที่นำวัสดุหมุนเวียนกลับมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพเกิดเป็นแนวคิดอัพไซคลิง (Upcycling) [5] ซึ่งเป็นกระบวนการแปลงสภาพเศษวัสดุเหลือใช้ หรือการทำให้วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามหน้าที่เดิม ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณภาพและมีมูลค่าสูงขึ้นอีกทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีความสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ (Ecological design) หรือการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for environment) ที่จะป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ต่อไป [6]

จากความเป็นมาและปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลกระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติก และมีความสนใจที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ กรณีศึกษาเก่าจากขวดพลาสติก โดยการนำขยะขวดพลาสติกประเภทพอลิเอธิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มาแปลงสภาพ ผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยการบดเป็นเศษ หลอมด้วยความร้อน แล้วอัดขึ้นรูปให้เป็นแผ่นอเนกประสงค์ เพื่อนำมาเป็นวัสดุภายนอกของเก้าอี้ และใช้โครงสร้างเหล็กในการรับน้ำหนักเพื่อเพิ่มความแข็งแรง มั่นคง และปลอดภัย โดยนำแผ่นอเนกประสงค์ที่ได้ยัดบนเป็นเหล็กเจาะรูที่เชื่อมติดบนโครงสร้างด้วยสกรู รวมทั้งการออกแบบเก้าอี้ให้มีความเหมาะสมกลมกลืนในด้านความคิดสร้างสรรค์ ความงาม และประโยชน์ใช้สอย เพื่อให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน อีกทั้งยังเป็นการสร้างทางเลือกที่สร้างสรรค์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์
- 2.2 เพื่อออกแบบเก้าอี้และทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน ซึ่งรวมระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในการศึกษาและเก็บข้อมูลจากหนังสือ เอกสารทางวิชาการ และใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณในการเก็บข้อมูลและวัดตัวแปรเป็นค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นพื้นที่ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ คือ กองวัสดุวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมบริการ แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ส่วนที่สองเป็นพื้นที่ในการประเมินระดับความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก คือ หมู่บ้านเพชรไผ่เงิน เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร

3.3 ขอบเขตด้านการออกแบบ ออกแบบเก้าอี้แบบมีพนักพิง จำนวน 1 ตัว โดยใช้วัสดุหลักคือแผ่นอเนกประสงค์ที่ได้จากการนำขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว มาผ่านกระบวนการแปลงสภาพโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ และโครงสร้างเป็นเหล็ก

3.4 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

3.4.1 กลุ่มที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ 1) ประชากร คือ ช่างฉีดยาพลาสติก ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 5 ปี ขึ้นไป และนักวิทยาศาสตร์ด้านเทคโนโลยีวัสดุ กองวัสดุวิศวกรรม 2) กลุ่มตัวอย่าง คือ ช่างฉีดยาพลาสติก จำนวน 3 คน และนักวิทยาศาสตร์ด้านเทคโนโลยีวัสดุ กองวัสดุวิศวกรรม กลุ่มพลาสติกและผลิตภัณฑ์พลาสติก จำนวน 3 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง

3.4.2 กลุ่มที่ 2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อออกแบบเก้าอี้และทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 1) ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป และผู้ที่มีน้ำหนักตามระดับช่วง 5 ระดับ 2) กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 5 คน และผู้ที่มีน้ำหนักตามระดับช่วง 5 ระดับ จำนวน 15 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง

3.4.3 กลุ่มที่ 3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 1) ประชากร คือ ผู้พักอาศัยในเขตบางคอแหลม จังหวัดกรุงเทพมหานคร 2) กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้พักอาศัยในหมู่บ้านเพชรไผ่เงิน เขตบางคอแหลม จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง

3.5 ตัวแปรที่ศึกษา

3.5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ 1) สมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ 2) ต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 3) น้ำหนักของผู้ทดสอบ

3.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก และ 3) ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

3.6 นิยามศัพท์เฉพาะของการวิจัย

3.6.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ หมายถึง การนำขวดพลาสติกที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการแปลงสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ในลักษณะที่เป็นแผ่น แล้วนำมาเป็นวัสดุหลักในการออกแบบเก้าอี้

3.6.2 ขวดพลาสติก หมายถึง ขวดพลาสติกรวมถึงฝาปิดขวดประเภทพอลิเอธิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) ที่เป็นขยะเหลือทิ้ง นำมาผ่านกระบวนการบดให้เป็นเศษ จากนั้นหลอมเศษพลาสติกด้วยความร้อนแล้วอัดขึ้นรูปให้เป็นแผ่นอเนกประสงค์

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.1 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนของ Thailand Institute of Scientific and Technological Research [6] คือการนำทรัพยากรที่ถูกใช้แล้วกลับมาแปรรูปและนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) รวมทั้งกรอบแนวคิดการศึกษากระบวนการแปลงสภาพเศษวัสดุเหลือใช้ของ Intharachuto [5] เพื่อเป็นข้อมูลในการแปลงสภาพขวดพลาสติก และใช้กรอบแนวคิดการทดสอบสมบัติเชิงกลใน 3 ลักษณะ ตามมาตรฐานสากล American Society for Testing and Materials (ASTM) ได้แก่ 1) การทดสอบแรงดึง ASTM D638 2) การทดสอบแรงดัดโค้ง ASTM D790 และ 3) การทดสอบแรงกระแทก ASTM D256

4.2 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อออกแบบเก้าอี้และทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดหลักการออกแบบเก้าอี้ของ Sahasomchok [7] เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสะดวกสบาย 2) ด้านการออกแบบ 3) ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก 4) ด้านโครงสร้างเก้าอี้ 5) ด้านกระบวนการผลิต และใช้กรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ด้วยการกำหนดช่วงระดับน้ำหนักของผู้ทดสอบทั้งหมด 5 ระดับเพื่อหาช่วงน้ำหนักที่เก้าอี้สามารถรับได้มากที่สุด โดยที่เก้าอี้ยังไม่เสียหายหรือชำรุด

4.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดการพิจารณาสร้างสรรค์ผลงานเชิงอุตสาหกรรมของ Charungchitsunthon [8] เป็นเกณฑ์ในการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านหน้าที่ใช้สอย 2) ด้านความสวยงามน่าใช้ และ 3) ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.1 แบบทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ ทดสอบโดยกองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทั้งหมด 3 ลักษณะ ตามมาตรฐานสากล ASTM ได้แก่ 1) การทดสอบแรงดึง 2) การทดสอบแรงดัดโค้ง และ 3) การทดสอบแรงกระแทก

5.1.2 แบบสอบถามความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 5 คน ใช้เกณฑ์ในการประเมินคัดเลือกรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสะดวกสบาย 2) ด้านการออกแบบ 3) ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก 4) ด้านโครงสร้างเก้าอี้ และ 5) ด้านกระบวนการผลิต

5.1.3 แบบบันทึกผลการทดสอบการรองรับน้ำหนักของเก้าอี้จากขวดพลาสติก ทดสอบโดยผู้ที่มีน้ำหนักตามระดับช่วง 5 ระดับ จำนวน 15 คน จากการสังเกตระยะการกางออกของขาเก้าอี้

5.1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ประเมินโดยกลุ่มตัวอย่างผู้พักอาศัยในหมู่บ้านเพชรไผ่เงิน เขตบางคอแหลม จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ใช้เกณฑ์ในการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านหน้าที่ใช้สอย 2) ด้านความสวยงามน่าใช้ และ 3) ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากหนังสือและเอกสารทางวิชาการ ได้แก่ 1) ขวดพลาสติก 2) กระบวนการแปลงสภาพเศษขวดพลาสติก 3) หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศ 4) การออกแบบเก้าอี้ 5) การยศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และ 6) กระบวนการผลิต รวมทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบสมบัติเชิงกลขึ้นทดสอบตัวอย่างของแผ่นเอกประสงค์ตามมาตรฐานสากล ASTM ได้แก่ 1) การทดสอบแรงดึง ASTM D638 2) การทดสอบแรงดัดโค้ง ASTM D790 และ 3) การทดสอบแรงกระแทก ASTM D256 ในอุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศ/ห้องทดสอบ: $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}/(50 \pm 10)\% \text{RH}$ ซึ่งใช้วิธีการทดสอบ ได้แก่ 1) Tensile strength and elongation (ASTM D638) มีระยะห่างระหว่างปากจับ 65 มิลลิเมตร ระยะพิคก 25 มิลลิเมตร อัตราเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อนาที จำนวนขึ้นทดสอบ 10 ชิ้น 2) Flexural strength and flexural modulus (ASTM D790) มีระยะห่างระหว่างจุดรองรับ 82 มิลลิเมตร อัตราเร็วในการทดสอบ 2.18 มิลลิเมตรต่อนาที จำนวนขึ้นทดสอบ 10 ชิ้น และ 3) Izod impact strength (ASTM D256) ใช้ค้อนในการกระแทก 1 จูล จำนวนขึ้นทดสอบ 10 ชิ้น

5.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 5 คน ใช้แบบสอบถามความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) ความเหมาะสม 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) [9] และเก็บรวบรวมข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ใช้แบบบันทึกข้อมูลการรับน้ำหนักของเก้าอี้จากขวดพลาสติก ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดช่วงระดับน้ำหนักของผู้ทดสอบ โดยแต่ละระดับให้ผู้ทดสอบ 3 คน ทดสอบการนั่งคนละ 3 ครั้ง แล้วสังเกตระยะการกางออกของขาเก้าอี้ 5 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับที่ 1 ช่วงน้ำหนัก 55-60 กิโลกรัม 2) ระดับที่ 2 ช่วงน้ำหนัก 75-80 กิโลกรัม 3) ระดับที่ 3 ช่วงน้ำหนัก 95-100 กิโลกรัม 4) ระดับที่ 4 ช่วงน้ำหนัก 115-120 กิโลกรัม และ 5) ระดับที่ 5 ช่วงน้ำหนัก 135 กิโลกรัม ขึ้นไป

5.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่าความพึงพอใจ 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากหนังสือและเอกสารทางวิชาการ โดยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์และสรุปผลในรูปแบบความเรียง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในกระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและเป็นแนวทางในการออกแบบเก้าอี้ จากนั้นจึงนำขึ้นทดสอบตัวอย่างที่ได้จากแผ่นเอกประสงค์ไปทดสอบสมบัติเชิงกลใน 3 ลักษณะ ผลจากการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลจะทำให้ทราบว่าแผ่นเอกประสงค์มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ก่อนนำไปใช้เป็นวัสดุหลักในการผลิตเป็นต้นแบบเก้าอี้

5.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก เป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมของรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกในแต่ละด้าน โดยการหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายที่ได้จากการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด 2) ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก 3) ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง 4) ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย และ 5) ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะได้รูปแบบของเก้าอี้จากขวดพลาสติกที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพื่อนำไปผลิตเป็นต้นแบบเก้าอี้และนำไปทดสอบการรับน้ำหนักเบื้องต้นของต้นแบบเก้าอี้ โดยการสังเกตระยะการกางออกของขาเก้าอี้ แล้วทำการวัดระยะเพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายที่ได้จากการวิเคราะห์ระยะที่วัดได้ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ย 4.50 ซม. ขึ้นไป หมายถึง ระยะการกางออกมากที่สุด 2) ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 ซม. หมายถึง ระยะการกางออกมาก 3) ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 ซม. หมายถึง ระยะการกางออกปานกลาง 4) ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 ซม. หมายถึง ระยะการกางออกน้อย และ 5) ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 ซม. หมายถึง ระยะการกางออกน้อยที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจะได้ช่วงน้ำหนักที่ต้นแบบเก้าอี้สามารถรับได้มากที่สุด โดยที่เก้าอี้ยังไม่เสียหายหรือชำรุด

5.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก เป็นการวิเคราะห์ความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกในแต่ละด้าน โดยการหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด 2) ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก 3) ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง 4) ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย และ 5) ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

6. ผลการวิจัย

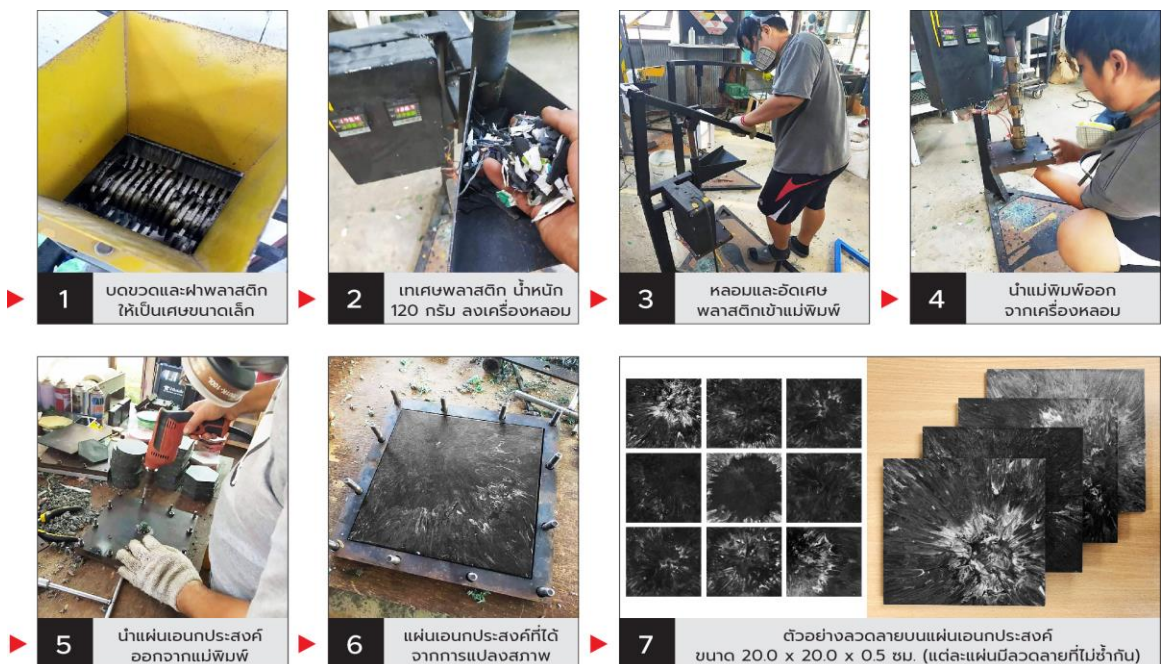
6.1 ผลการศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์

6.1.1 ผลการศึกษากระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่น จากการศึกษาข้อมูลจากหนังสือและเอกสารทางวิชาการ พบว่า ขวดพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มีหลายประเภท เช่น ขวดพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลท (Polyethylene Terephthalate, PET หรือ PETE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) [2] แต่ผู้วิจัยเลือกใช้ขวดพลาสติกและฝาขวดที่ผลิตจากพลาสติกกรีโซเคิลหมายเลข 2 ประเภท HDPE เนื่องจากเป็นขยะพลาสติกที่พบมากโดยทั่วไปและมีปริมาณการใช้สูง [3] อีกทั้งคุณสมบัติเบื้องต้นมีความแข็งแรง เหนียว ทนต่อสารเคมี มีสีหลากหลายมากกว่าขวดน้ำดื่มพลาสติกใสประเภท PET ซึ่งสามารถนำมาสร้างสรรค์เป็นงานออกแบบที่มีเอกลักษณ์ได้ โดยขวดพลาสติกและฝาขวดที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นขยะเหลือทิ้งทั่วไป ส่วนใหญ่ที่พบมีสีดำและสีขาว เช่น ขวดแชมพู ขวดสบู่เหลว ขวดยา ขวดน้ำยาปรับผ้านุ่ม ขวดน้ำมันเครื่อง ขวดเครื่องสำอาง ขวดน้ำยาทำความสะอาด เป็นต้น ในส่วนของการผลิตแผ่นอเนกประสงค์ใช้เทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษวัสดุ ได้แก่ การบด (Grind) การหลอม (Melt) และการอัดขึ้นรูป (Compression) ซึ่งกระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติก สามารถสรุปได้ 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 นำขวดและฝาพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่เป็นขยะเหลือทิ้งหรือผ่านการใช้งานแล้วมาลอกป้ายฉลากหรือสติ๊กเกอร์ออกแล้วนำมาคัดแยกสี จากนั้นนำพลาสติกที่คัดแยกไว้ใส่ในเครื่องบดเพื่อบดให้เป็นเศษขนาดเล็ก ล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งแดดให้แห้งสนิท ซึ่งในขั้นตอนนี้พยายามอย่าให้มีเศษพลาสติกประเภทอื่นปะปน เพื่อให้สามารถนำไปรีไซเคิล (Recycle) กลับมาใช้ใหม่ได้ซ้ำอีก

2) ขั้นตอนที่ 2 นำเศษพลาสติกที่ผึ่งแดดแห้งสนิทแล้ว อัตราส่วนเศษพลาสติกสีดำต่อเศษสีขาวคือ 80:20 โดยประมาณ มาผสมกับน้ำหนักประมาณ 200 กรัม เทเข้าเครื่องหลอมด้วยความร้อนและอัดขึ้นรูปแผ่นอเนกประสงค์ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 185-195 องศาเซลเซียส รอประมาณ 10 นาที เพื่อให้พลาสติกเกิดการหลอมเหลว จากนั้นอัดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์แผ่นอเนกประสงค์

3) ขั้นตอนที่ 3 นำแม่พิมพ์แผ่นอเนกประสงค์จากขั้นตอนที่ 2 แช่ในน้ำหล่อเย็นเพื่อให้พลาสติกเย็นตัวและคงรูปเร็วขึ้น เมื่อพลาสติกคงรูปแล้วก็ทำการถอดแม่พิมพ์ออก และตัดเศษจากรูทางไหลของแม่พิมพ์ทิ้ง (เศษรูทางไหลและเศษอื่น ๆ สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้) แผ่นอเนกประสงค์ที่ได้จะเป็นสีสลับลายจตุรัส มีขนาดกว้าง 20.00 x ยาว 20.00 x หนา 0.50 เซนติเมตร (ตามแบบแม่พิมพ์ที่ผลิตขึ้น) โดยแต่ละแผ่นจะมีลวดลาย (Pattern) ที่ไม่ซ้ำกัน เกิดจากการหลอมละลายรวมกันของเศษพลาสติกสีดำและขาว



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นอเนกประสงค์

6.1.2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ ผู้วิจัยนำชิ้นทดสอบตัวอย่างจากแผ่นอเนกประสงค์ที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานสากล ASTM ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังในตารางที่ 1 ดังนี้

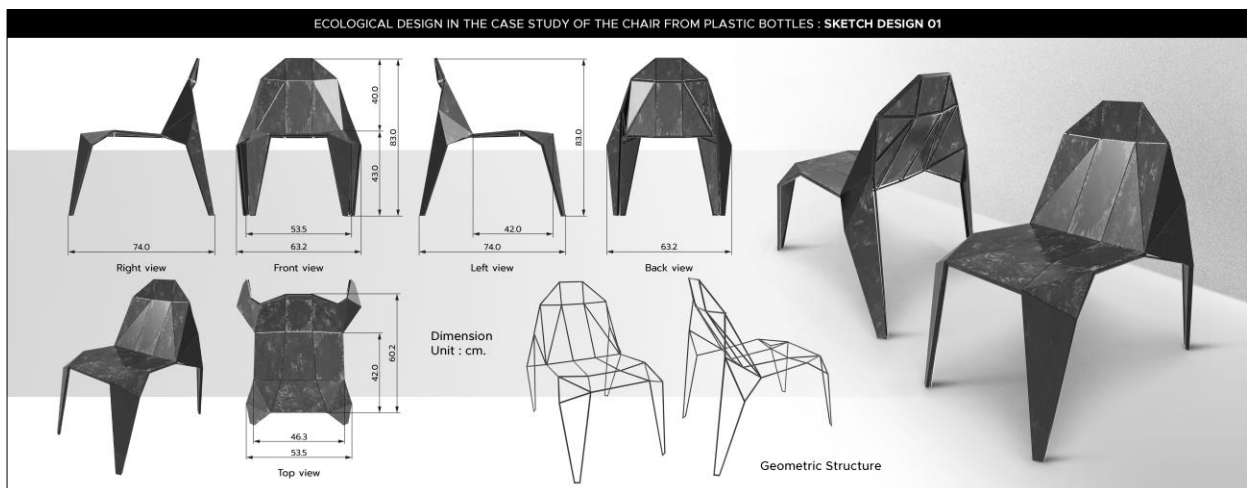
ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ตามมาตรฐานสากล ASTM

ลักษณะสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์	ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของพลาสติก HDPE	
	ค่าเฉลี่ยชิ้นทดสอบจากงานวิจัย	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ชิ้นทดสอบจากงานวิจัยเทียบเคียง [10]
1. การทดสอบแรงดึง (Tensile test) ASTM D638		
1.1 ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength), MPa	16.45	21.80 $\pm$ 2.57
1.2 ค่ามอดูลัสแรงดึง (Tensile modulus), MPa	0.57	-
1.3 ค่าการยืดตัว (Elongation at break), %	4.03	-
2. การทดสอบแรงดัดโค้ง (Flexural test) ASTM D790		
2.1 ค่าความต้านทานแรงดัด (Flexural strength), MPa	35.65	23.63 $\pm$ 1.06
2.2 ค่ามอดูลัสแรงดัด (Flexural modulus), MPa	1370.00	856.80 $\pm$ 47.99
3. การทดสอบแรงกระแทก (Impact test) ASTM D256		
ค่าความต้านทานแรงกระแทก (Impact strength), J/m	47.89	49.70 $\pm$ 0.29

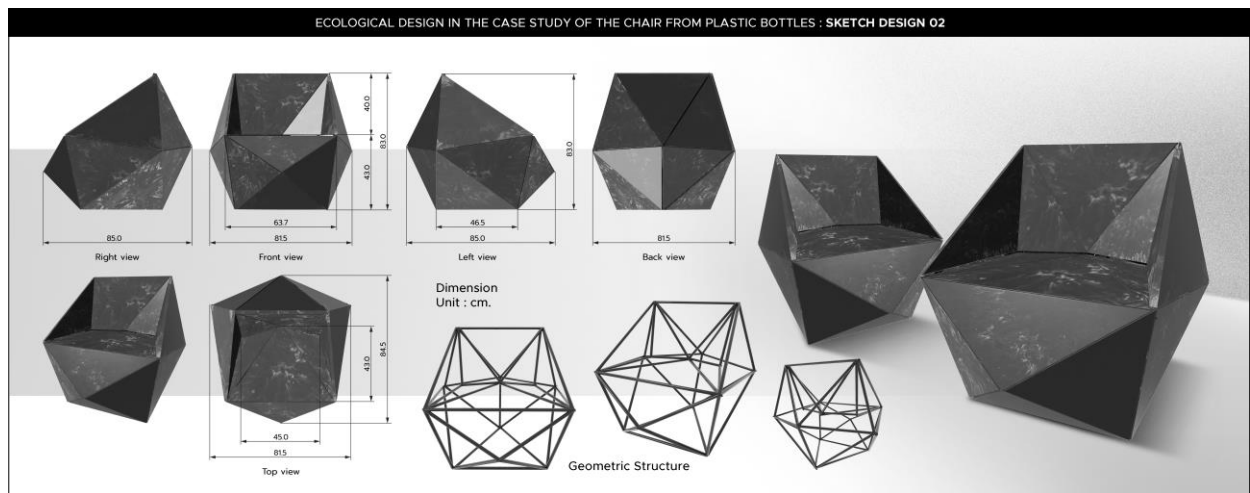
จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ตามมาตรฐานสากล ASTM พบว่า 1) การทดสอบแรงดึง มีค่าความต้านทานแรงดึง 16.45 MPa ค่ามอดูลัสแรงดึง 0.57 MPa ค่าการยืดตัว ร้อยละ 4.03 2) การทดสอบแรงดัดโค้ง มีค่าความต้านทานแรงดัด 35.65 MPa ค่ามอดูลัสแรงดัด 1370.00 MPa และ 3) การทดสอบแรงกระแทก มีค่าความต้านทานแรงกระแทก 47.89 J/m

6.2 ผลการออกแบบเก้าอี้และทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

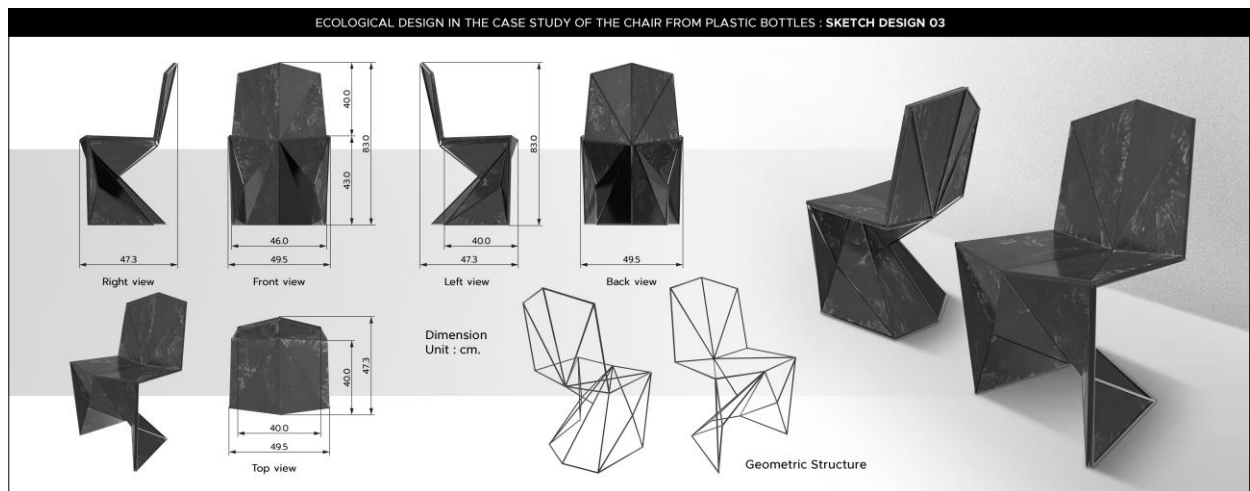
6.2.1 ผลจากแรงบันดาลใจและแนวคิดในการออกแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ผู้วิจัยร่างภาพแนวคิดในการออกแบบ (Idea sketch) จำนวน 15 รูปแบบ จากนั้นคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสม 3 รูปแบบ ใช้เกณฑ์การคัดเลือกตามกรอบแนวคิด 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสะดวกสบาย 2) ด้านการออกแบบ 3) ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก 4) ด้านโครงสร้างเก้าอี้ และ 5) ด้านกระบวนการผลิต เพื่อทำภาพนำเสนอผลงานออกแบบ (Sketch design) โดยใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติ (3D Computer graphic) เข้ามาช่วยในการออกแบบและคำนวณจำนวนแผ่นอเนกประสงค์ที่นำมาใช้ ซึ่งเก้าอี้ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แรงบันดาลใจมาจากรูปแบบเรขาคณิต (Geometric form) เป็นแนวคิดในการออกแบบ โดยนำแผ่นอเนกประสงค์มาตัดและเรียงต่อกันจนเกิดเป็นรูปทรงใหม่ โครงสร้างภายในของเก้าอี้เป็นเหล็ก แสดงดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2 แสดงเก้าอี้จากขวดพลาสติก รูปแบบที่ 1



รูปที่ 3 แสดงเก้าอี้จากขวดพลาสติก รูปแบบที่ 2



รูปที่ 4 แสดงเก้าอี้จากขวดพลาสติก รูปแบบที่ 3

6.2.2 ผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป จำนวน 5 คน พบว่า เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 40.00 เพศชาย คิดเป็นร้อยละ 60.00 มีตำแหน่งทางวิชาการอาจารย์ คิดเป็นร้อยละ 100.00 ระดับการศึกษาปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 60.00 ระดับปริญญาเอก คิดเป็นร้อยละ 40.00 ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกแสดงดังในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

เกณฑ์ในการประเมิน	ระดับความเหมาะสม (n=5)					
	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
1. ด้านความสะดวกสบาย						
1.1 รูปแบบเก้าอี้มีขนาดสัดส่วนและการใช้งานเหมาะสมกับสรีระร่างกายมนุษย์	3.60	0.54	3.20	0.44	3.00	0.00
1.2 รูปแบบเก้าอี้มีลักษณะและท่าทางเหมาะสมกับการนั่งพักผ่อนได้	4.80	0.44	3.40	0.55	3.80	0.83
1.3 รูปแบบเก้าอี้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	3.60	0.54	3.00	0.00	3.00	0.00
1.4 รูปแบบเก้าอี้ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมแซม	3.80	0.63	3.60	0.89	3.40	0.54
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	3.95	0.54	3.30	0.47	3.30	0.34

ตารางที่ 2 (ต่อ)

เกณฑ์ในการประเมิน	ระดับความเหมาะสม (n=5)					
	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
2. ด้านการออกแบบ						
2.1 รูปแบบเก้าอี้มีความงามในด้านสัดส่วน รูปทรง สี สัน และลวดลาย	4.00	0.70	2.80	0.83	3.00	0.70
2.2 รูปแบบเก้าอี้ออกแบบสอดคล้องกับแรงบันดาลใจและแนวความคิด	4.00	0.00	3.40	0.55	3.80	0.44
2.3 รูปแบบเก้าอี้มีความกลมกลืนกันระหว่างความงามของรูปทรงและประโยชน์ใช้สอย	4.20	0.44	3.80	0.83	3.40	0.89
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.07	0.38	3.33	0.74	3.40	0.68
3. ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก						
3.1 คุณสมบัติของแผ่นอเนกประสงค์มีความเหมาะสมกับรูปแบบเก้าอี้	3.80	0.64	3.40	0.41	3.70	0.89
3.2 พื้นผิวของแผ่นอเนกประสงค์มีความงามเหมาะสมกับรูปแบบเก้าอี้	3.90	0.77	3.80	0.95	3.60	0.84
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	3.85	0.71	3.60	0.68	3.65	0.87
4. ด้านโครงสร้างเก้าอี้						
4.1 รูปแบบเก้าอี้มีโครงสร้างภายในแข็งแรง ทนทาน และปลอดภัย	4.20	0.44	3.40	0.54	4.00	0.00
4.2 ลักษณะโครงสร้างภายในของรูปแบบเก้าอี้สามารถรับน้ำหนักได้ดี	3.80	0.44	3.00	0.70	2.80	0.83
4.3 วัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างภายในมีความเหมาะสมกับรูปแบบเก้าอี้	3.60	0.54	3.00	0.70	2.80	0.83
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	3.86	0.47	3.13	0.65	3.20	0.55
5. ด้านกระบวนการผลิต						
5.1 รูปแบบเก้าอี้ใช้เทคนิคการผลิตที่สอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ (แผ่นอเนกประสงค์+โครงเหล็ก)	3.20	0.83	2.80	0.83	2.80	0.44
5.2 รูปแบบเก้าอี้มีขั้นตอนในการผลิตไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.00	0.00	3.40	0.89	3.20	0.83
5.3 รูปแบบเก้าอี้ใช้เครื่องจักรในการผลิตอย่างเหมาะสมและสะดวกในการควบคุมการผลิต	4.20	0.83	3.40	0.54	3.40	0.89
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	3.80	0.55	3.20	0.75	3.13	0.72
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	3.91	0.53	3.31	0.66	3.34	0.63
การแปลความหมาย	มาก		ปานกลาง		ปานกลาง	
อันดับความเหมาะสมของรูปแบบเก้าอี้	1		3		2	

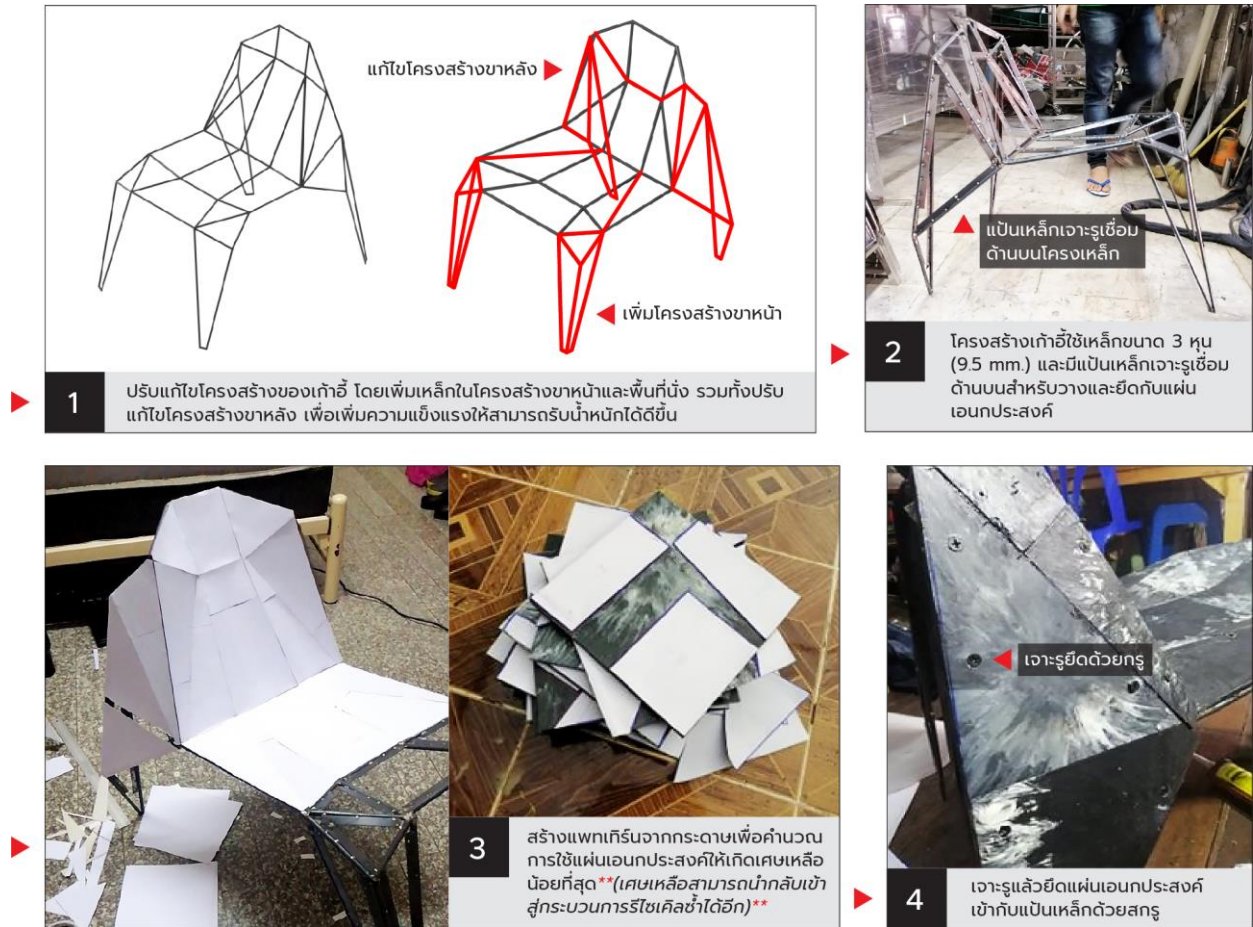
จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมรูปแบบเก้าอี้จากขดพลาสติกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ พบว่า รูปแบบเก้าอี้จากขดพลาสติกที่มีผลรวมทุกด้านมากที่สุด คือ รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 3.91$, S.D. = 0.53) รองลงมา คือ รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.34$, S.D. = 0.63) และอันดับสุดท้าย คือ รูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.31$, S.D. = 0.66) ซึ่งผลรวมด้านที่มีความเหมาะสมมากที่สุดของเก้าอี้รูปแบบที่ 1 คือ ด้านการออกแบบ มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.38) รองลงมา คือ ด้านความสะดวกสบาย มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 3.95$, S.D. = 0.54) ถัดมา คือ ด้านโครงสร้างเก้าอี้ มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 3.86$, S.D. = 0.47) ต่อมา คือ ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 3.85$, S.D. = 0.71) และอันดับสุดท้าย คือ ด้านกระบวนการผลิต มีความเหมาะสมในระดับมาก ($\bar{X} = 3.80$, S.D. = 0.55) ตามลำดับ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้เพิ่มเติมข้อเสนอแนะของเก้าอี้รูปแบบที่ 1 คือ ให้เพิ่มความแข็งแรงของโครงเหล็กในบางจุด เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้ดีขึ้น และต้องเชื่อมแป้นเหล็กติดบนโครงสร้างเหล็ก เพื่อใช้เป็นฐานในการเจาะยึดกับแผ่นอเนกประสงค์ รวมถึงคำนึงถึงหลักการยศาสตร์ ขนาดสัดส่วนให้เหมาะสมกับการใช้งาน และอาจต้องมีการปรับรูปแบบรวมถึงเทคนิคในการผลิต เพื่อให้สามารถผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป จากผลการประเมินความเหมาะสมและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงนำเก้าอี้รูปแบบที่ 1 มาปรับปรุง แก้ไข และผลิตเป็นต้นแบบเก้าอี้

6.2.3 ผลสรุปการออกแบบและผลิตต้นแบบเก้าอี้จากขดพลาสติก สามารถสรุปได้ 2 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5 ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 ปรับแก้ไขโครงสร้างของเก้าอี้ โดยเพิ่มเหล็กในโครงสร้างขาหน้าและพื้นที่นั่ง รวมทั้งปรับแก้ไขโครงสร้างขาหลัง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเก้าอี้ให้สามารถรับน้ำหนักได้ดีขึ้น จากนั้นเชื่อมโครงสร้างเหล็กตามแบบที่แก้ไข ซึ่งใช้เหล็กขนาดความหนา 3 มม. (9.5 มม.) โดยด้านบนโครงเหล็กเชื่อมแป้นเหล็กเจาะรูสำหรับวางและยึดกับแผ่นอเนกประสงค์

2) ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบแพทเทิร์น (Pattern) จากกระดาษ เพื่อคำนวณการใช้แผ่นอเนกประสงค์ให้คุ้มค่า และเกิดเศษเหลือน้อยที่สุด (เศษเหลือสามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลซ้ำได้อีก) จากนั้นนำแผ่นอเนกประสงค์ที่ตัดตามรูปแบบ ยึดบนแป้นเหล็กเจาะรูที่เชื่อมติดบนโครงสร้างด้วยสกรู

ซึ่งต้นแบบเก้าอี้ที่ผลิตขึ้นใช้แผ่นเอนกประสงค์ จำนวน 21 แผ่น มีขนาดโดยรวมประมาณกว้าง 72.0 x ยาว 80.0 x สูง 85.5 ซม. (ความสูงที่นั่ง 43.0 ซม.) แสดงดังรูปที่ 6 จากนั้นผู้วิจัยจึงนำต้นแบบเก้าอี้ไปทดสอบการรับน้ำหนักเบื้องต้น



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการผลิตต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก



รูปที่ 6 แสดงต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

6.2.4 ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ผู้วิจัยนำต้นแบบเก้าอี้ไปทดสอบการรับน้ำหนักเบื้องต้น โดยการสังเกตระยะการกางออกของขาเก้าอี้แล้วทำการวัดระยะ ซึ่งผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกแสดงดังในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

ช่วงระดับน้ำหนัก ของผู้ทดสอบ	น้ำหนักเฉลี่ย ของผู้ทดสอบ (กก.)	ระยะการกางออก ของขาเก้าอี้ (ซ.ม.)		ความหมาย	การเปลี่ยนแปลง ของโครงสร้างเก้าอี้
		$\bar{X}$	S.D.		
ระดับที่ 1 ช่วงน้ำหนัก 55-60 กก. (n=3)	57.67	1.35	0.04	น้อยที่สุด	ไม่เสียหายหรือชำรุด
ระดับที่ 2 ช่วงน้ำหนัก 75-80 กก. (n=3)	77.33	2.46	0.02	น้อย	ไม่เสียหายหรือชำรุด
ระดับที่ 3 ช่วงน้ำหนัก 95-100 กก. (n=3)	97.34	3.55	0.04	มาก	ไม่เสียหายหรือชำรุด
ระดับที่ 4 ช่วงน้ำหนัก 115-120 กก. (n=3)	119.00	4.07	0.04	มาก	ไม่เสียหายหรือชำรุด
ระดับที่ 5 ช่วงน้ำหนัก ≥135 กก. (n=3)	137.00	4.79	0.18	มากที่สุด	โครงสร้างของขาเก้าอี้ เริ่มมีการเสียรูปทรงอย่างชัดเจน

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก พบว่า ระดับที่ 1 ช่วงน้ำหนัก 55-60 กิโลกรัม มีระยะการกางออกของขาเก้าอี้ น้อยที่สุด ($\bar{X} = 1.35$, S.D. = 0.04) โครงสร้างของเก้าอี้ไม่เสียหายหรือชำรุด ระดับที่ 2 ช่วงน้ำหนัก 75-80 กิโลกรัม มีระยะการกางออกของขาเก้าอี้ น้อย ($\bar{X} = 2.46$, S.D. = 0.02) โครงสร้างของเก้าอี้ไม่เสียหายหรือชำรุด ระดับที่ 3 ช่วงน้ำหนัก 95-100 กิโลกรัม มีระยะการกางออกของขาเก้าอี้ มาก ($\bar{X} = 3.55$, S.D. = 0.04) โครงสร้างของเก้าอี้ไม่เสียหายหรือชำรุด ระดับที่ 4 ช่วงน้ำหนัก 115-120 กิโลกรัม มีระยะการกางออกของขาเก้าอี้ มาก ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.04) โครงสร้างของเก้าอี้ไม่เสียหายหรือชำรุด และระดับที่ 5 ช่วงน้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 135 กิโลกรัม มีระยะการกางออกของขาเก้าอี้มากที่สุด ($\bar{X} = 4.79$, S.D. = 0.18) โครงสร้างของขาเก้าอี้เริ่มมีการเสียรูปทรงอย่างชัดเจน



รูปที่ 7 แสดงการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้ โดยวัดระยะการกางออกของขาเก้าอี้

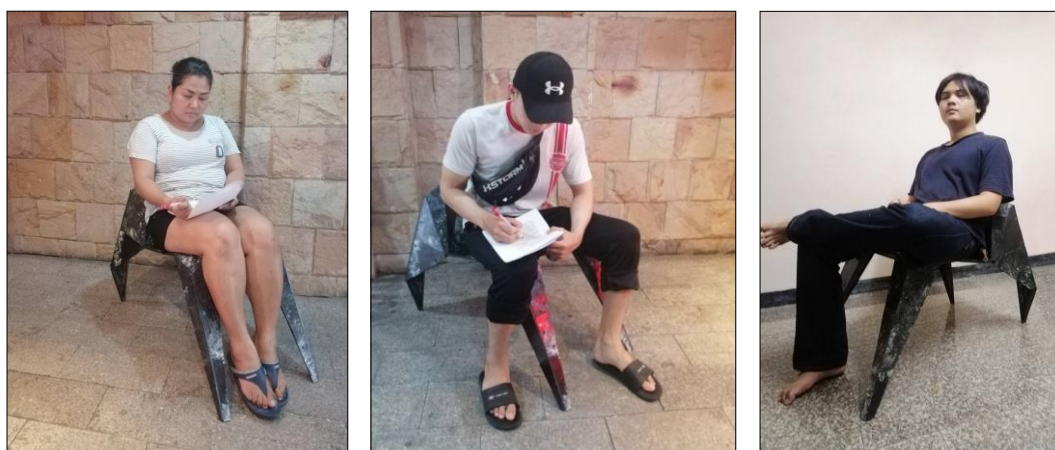
6.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

ผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน พบว่า เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 20.00 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 80.00 อายุ 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 60.00 อายุ 30-39 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.60 อายุ 40-49 ปี คิดเป็นร้อยละ 13.30 ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 30.00 ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 70.00 อาชีพหลักรับราชการ คิดเป็นร้อยละ 23.30 พนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 36.70 ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 16.70 นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 16.70 และว่างงาน คิดเป็นร้อยละ 6.60 ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกแสดงดังในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

เกณฑ์ในการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ (n=30)		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย			
1.1 เก้าอี้สามารถนั่งพักผ่อนได้	4.46	0.68	มาก
1.2 ขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เหมาะสมกับร่างกาย นั่งแล้วรู้สึกสบาย	4.23	0.81	มาก
1.3 เก้าอี้สะดวกต่อการทำความสะอาด และสามารถแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย	4.30	0.91	มาก
1.4 เก้าอี้มีน้ำหนักในระดับที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.10	0.65	มาก
1.5 เก้าอี้มีความแข็งแรงและทนทาน	4.33	0.70	มาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.28	0.75	มาก
2. ด้านความสวยงามน่าใช้			
2.1 สัดส่วนและรูปทรงของเก้าอี้มีความงาม น่าสนใจ	4.70	0.46	มากที่สุด
2.2 สีสนและลวดลายของเก้าอี้มีความสวยงาม	4.77	0.42	มากที่สุด
2.3 เก้าอี้แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ	4.43	0.72	มาก
2.4 เก้าอี้มีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานที่มีอยู่ทั่วไป	4.33	0.65	มาก
2.5 การปิดรอยต่อแผ่นอเนกประสงค์ของเก้าอี้มีความเรียบร้อย สวยงาม	4.00	0.44	มาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.45	0.54	มาก
3. ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต			
3.1 การใช้แผ่นอเนกประสงค์เป็นวัสดุภายนอกของเก้าอี้มีความเหมาะสม	4.30	0.83	มาก
3.2 การใช้เหล็กเป็นโครงสร้างภายในของเก้าอี้มีความเหมาะสม	4.53	0.77	มากที่สุด
3.3 เทคนิคในการผลิตเก้าอี้มีความสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ (แผ่นอเนกประสงค์+โครงเหล็ก)	4.10	0.65	มาก
3.4 การผลิตเก้าอี้มีความสอดคล้องกับเครื่องจักรที่มีในปัจจุบัน	4.26	0.76	มาก
3.5 การนำวัสดุเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่าและเพิ่มคุณค่าด้วยการออกแบบ	4.50	0.62	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.34	0.73	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.36	0.67	มาก

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน พบว่า ผลรวมทุกด้านมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$, S.D. = 0.67) ซึ่งผลรวมด้านที่กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านความสวยงามน่าใช้ มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.54) รองลงมา คือ ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.34$, S.D. = 0.73) และอันดับสุดท้าย คือ ด้านหน้าที่ใช้สอย มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.75) ตามลำดับ



รูปที่ 8 แสดงการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกของกลุ่มตัวอย่างบางส่วน

7. สรุปและอภิปรายผล

7.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษาระบบการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นและทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์

กระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกจากการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) จากการนำขวดและฝาพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ใช้มาแล้วเป็นขยะเหลือทิ้ง ผ่านเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษวัสดุด้วยการบดให้เป็นเศษขนาดเล็ก อัตราส่วนเศษพลาสติกสีดำต่อเศษสีขาวคือ 80:20 โดยประมาณ นำมาผสมกันน้ำหนักประมาณ 200 กรัม หลอมด้วยความร้อนแล้วอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นอเนกประสงค์ขนาดกว้าง 20.0 x ยาว 20.0 x หนา 0.5 เซนติเมตร (ตามแบบแม่พิมพ์ที่ผลิตขึ้น) แต่ละแผ่นจะมีรอยแตกที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งเศษที่เหลือจากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น เช่น เศษจากฐานไหลของแม่พิมพ์และเศษอื่น ๆ สามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการแปลงสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ซ้ำได้อีกเรื่อย ๆ ซึ่งทำให้เกิดเศษเหลือน้อยมาก นอกจากจะเป็นการลดปริมาณขยะประเภทขวดพลาสติกแล้ว ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่า (Value creation) และเพิ่มคุณค่า (Value added) ด้วยการออกแบบ ทั้งยังเป็นการใช้วัสดุอย่างยั่งยืน (Sustainable materials) สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนของ Thailand Institute of Scientific and Technological Research [6] ที่สรุปว่า เศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นระบบเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด และสร้างมูลค่าเพิ่มจากการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนกระบวนการที่ทำให้ขยะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Intharachuto [5] ที่สรุปว่าการออกแบบเป็นเครื่องมืออันทรงพลัง ในการใช้แก้ปัญหาเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตของผู้ประกอบการ เพราะเป็นการสร้างมูลค่าจากทรัพยากรที่มีอยู่ รวมถึงสอดคล้องกับแนวคิดของ Patcharametha [11] ที่สรุปว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่ความยั่งยืน ด้วยการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งสอดคล้องกับแนวคิดของ Boonkanit และ Aphikhachonsil [12] ที่สรุปว่า การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม นอกจากจะเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร ช่วยในการลดต้นทุนแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถนำไปช่วยสนับสนุนด้านการค้าและการตลาดได้อีกด้วย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tantiyaswasdikul [13] เรื่อง การเปลี่ยนรูปวัสดุขยะขวดน้ำดื่มพลาสติกเพื่อใช้งานออกแบบที่ทรงแสงลานจอตระกลางแจ้ง พบว่า วัสดุต้นแบบสามารถลดปริมาณแสงที่ส่องผ่านได้ใกล้เคียงกับตาข่ายกรองแสง ผลจากการวิจัยเป็นตัวอย่างของแนวคิดการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อสร้างทางเลือกที่สร้างสรรค์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปได้ จากนั้นผู้วิจัยนำชิ้นทดสอบตัวอย่างจากแผ่นอเนกประสงค์ที่ได้จากกระบวนการแปลงสภาพไปทดสอบสมบัติเชิงกล โดยทำการเปรียบเทียบกับชิ้นทดสอบจากงานวิจัยของ Aphirakmethawong [10] เรื่อง การศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิทระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงและเศษจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เมลามีน โดยนำเม็ดพลาสติกคุณภาพดีชนิดพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเกรด EL-LeneTM มาฉีดเป็นชิ้นงานตัวอย่างแล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล เมื่อนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับชิ้นงานตัวอย่างของแผ่นอเนกประสงค์ที่เป็นเกรดรีไซเคิล พบว่า มีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าขยะขวดพลาสติกที่นำมาใช้ยังมีคุณภาพดี ซึ่งผลที่ได้สามารถกำหนดเป็นสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของแผ่นอเนกประสงค์ คือ มีความแข็งแรง ทนทานต่อการแตกหรือการหักงอได้ และรับแรงกระแทกได้ดี สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุภายนอกในการผลิตเก้าอี้ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Apirat, Thungsuk, และ Leelawan [14] เรื่อง การศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นวัสดุเชิงประกอบรีไซเคิลเพื่อการใช้งานในชุมชน ที่สรุปว่า ความสามารถในการรับแรงของแผ่นวัสดุขึ้นขึ้นน้อยอยู่กับเมทริกซ์พอลิเมอร์ที่ใช้เป็นสำคัญ หากเมทริกซ์พอลิเมอร์ที่ใช้เป็นพอลิเมอร์รีไซเคิลเกรดคุณภาพดี มีการเชื่อมสภาพของพอลิเมอร์น้อย แผ่นวัสดุเชิงประกอบที่ได้ย่อมมีสมบัติที่ดีตามด้วย ซึ่งในงานวิจัยสามารถผลิตเป็นแผ่นวัสดุขึ้นได้โดยไม่เกิดการเปราะแตก

7.2 สรุปและอภิปรายผลการออกแบบเก้าอี้และทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

รูปแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกที่มีผลรวมในการประเมินความเหมาะสมทุกด้านมากที่สุดที่จะนำไปผลิตเป็นต้นแบบคือ รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมในระดับมาก ซึ่งผลรวมด้านที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ด้านการออกแบบ มีความเหมาะสมในระดับมาก ผู้วิจัยใช้แรงบันดาลใจจากรูปแบบเรขาคณิต นำมาเป็นแนวคิดในการออกแบบสัดส่วน รูปทรง รวมทั้งสีและลวดลายให้เกิดความงาม มีความกลมกลืนกันระหว่างความงามของรูปทรงและประโยชน์ใช้สอย รองลงมา คือ ด้านความสะดวกสบาย มีความเหมาะสมในระดับมาก โดยคำนึงถึงขนาดสัดส่วนและการใช้งานให้เหมาะสมกับสรีระร่างกายมนุษย์ รวมถึงลักษณะและท่าทางการนั่งพักผ่อน ทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมแซม ถัดมา คือ ด้านโครงสร้างเก้าอี้ มีความเหมาะสมในระดับมาก โดยการใช้โครงสร้างภายในคือเหล็กที่มีความแข็งแรง ทนทาน และปลอดภัยสามารถรับน้ำหนักได้ดี ต่อมา คือ ด้านวัสดุที่มองเห็นภายนอก มีความเหมาะสมในระดับมาก ใช้วัสดุภายนอกคือ

แผ่นอเนกประสงค์ที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อการแตกหรือการหักงอได้ และรับแรงกระแทกได้ดี พื้นผิวของแผ่นอเนกประสงค์มีความงามเหมาะสมกับรูปแบบเก้าอี้ และอันดับสุดท้าย คือ ด้านกระบวนการผลิต มีความเหมาะสมในระดับมาก ใช้เทคนิคการผลิตที่สอดคล้องกับวัสดุภายนอก (แผ่นอเนกประสงค์) และโครงสร้างภายใน (เหล็ก) ทั้งยังใช้เครื่องจักรในการผลิตอย่างเหมาะสมและสะดวกในการควบคุมการผลิต ผลการเรียงลำดับการประเมินเลือกรูปแบบเก้าอี้จากขวดน้ำพลาสติกที่เหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบทั้ง 5 ด้าน ที่กล่าวมานี้ สอดคล้องกับหลักการออกแบบเก้าอี้ของ Sahasomchok [7] ที่สรุปว่าหลักการสำคัญของการออกแบบเก้าอี้โดยทั่วไปประกอบด้วยหลักใหญ่ ๆ คือ 1) ความสะดวกสบาย เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการออกแบบที่ต้องใช้ความรู้ทางกลศาสตร์ คณิตศาสตร์ สรีระร่างกายมนุษย์ กายวิภาคศาสตร์ มาวิเคราะห์ลักษณะการนั่งในลักษณะต่าง ๆ เพื่อค้นหาวิธีที่จะออกแบบให้นั่งได้สบายที่สุด 2) การออกแบบ ที่ต้องคำนึงถึงรูปทรงโดยรวมทั้งหมดของเก้าอี้เกิดประโยชน์ในด้านความก้าวหน้าทั้งทางหลักการศิลปะในเรื่องของความงามและประโยชน์ใช้สอยไปพร้อม ๆ กัน 3) โครงสร้างเก้าอี้ ต้องเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสม คำนึงถึงความแข็งแรงทนทาน รับน้ำหนักได้ดี มีความปลอดภัยขณะใช้งาน 4) วัสดุที่มองเห็นภายนอก ต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งคุณภาพและความงามของพื้นผิววัสดุ และ 5) กระบวนการผลิต ใช้เทคนิคการผลิตที่สอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ ความเหมาะสมในการใช้เครื่องจักร และความสะดวกในการควบคุมการผลิต จากนั้นผู้วิจัยนำเก้าอี้รูปแบบที่ 1 มาผลิตเป็นต้นแบบเก้าอี้ โดยใช้แผ่นอเนกประสงค์ จำนวน 21 แผ่น ใช้โครงสร้างเหล็กในการรับน้ำหนักเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยนำแผ่นอเนกประสงค์ที่ได้ ยึดบนแป้นเหล็กเจาะรูที่เชื่อมติดบนโครงสร้างด้วยสกรู เก้าอี้มีขนาดโดยรวมประมาณกว้าง 72.0 x ยาว 80.0 x สูง 85.5 ซม. (ความสูงที่นั่ง 43.0 ซม.) จากนั้นนำต้นแบบเก้าอี้ไปทดสอบการรองรับน้ำหนักเบื้องต้น ผลการทดสอบสรุปได้ว่า เก้าอี้สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 115-120 กิโลกรัม โดยที่เก้าอี้ยังไม่เสียหายหรือชำรุด

7.3 สรุปและอภิปรายผลการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก

ผลรวมทุกด้านจากการประเมินความพึงพอใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติก มีความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละด้านของเกณฑ์การประเมินตามลำดับ ได้แก่

7.3.1 ด้านความสวยงามน่าใช้ มีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า สีสนและลวดลายของเก้าอี้มีความสวยงาม สดส่วนและรูปทรงของเก้าอี้มีความงาม น่าสนใจ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เก้าอี้แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เก้าอี้มีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานที่มีอยู่ทั่วไป และการปิดรอยต่อแผ่นอเนกประสงค์ของเก้าอี้มีความเรียบร้อย สวยงาม มีความพึงพอใจในระดับมาก ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิดของ Charungchitsunthon [8] ที่สรุปว่างานออกแบบผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานของรูปร่างและสีสน ระหว่างทฤษฎีทางศิลปะและความพึงพอใจของผู้บริโภคเข้าด้วยกัน ต้องมีรูปทรง ขนาด สีสนสวยงาม น่าใช้ ตรงตามรสนิยมของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและได้ผลดี และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Ekwutvongsa [15] ที่สรุปว่า การนำกระบวนการคิดสร้างสรรค์หรือแรงบันดาลใจมาใช้ในการออกแบบและพัฒนา เป็นการสร้างสุนทรีย์ภาพทางความงาม เพื่อหาทางตอบสนองทางด้านรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้บริโภค

7.3.2 ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต มีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การใช้เหล็กเป็นโครงสร้างภายในของเก้าอี้ การนำวัสดุเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่าและเพิ่มคุณค่าด้วยการออกแบบ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด การใช้แผ่นอเนกประสงค์เป็นวัสดุภายนอกของเก้าอี้ การผลิตเก้าอี้มีความสอดคล้องกับเครื่องจักรที่มีในปัจจุบัน และเทคนิคในการผลิตเก้าอี้มีความสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ มีความพึงพอใจในระดับมาก ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิดของ Charungchitsunthon [8] ที่สรุปว่า ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบจะต้องมีความแข็งแรงในตัว ทนทานต่อการใช้งานตามหน้าที่ และวัตถุประสงค์ที่กำหนด โครงสร้างมีความเหมาะสมตามคุณสมบัติวัสดุ ขนาด แรงที่กระทำ การเลือกใช้ประเภทของวัสดุที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นสิ่งที่ต้องตระหนักถึงในการออกแบบร่วมด้วย เพื่อช่วยกันลดปริมาณขยะของโลก อีกทั้งยังต้องออกแบบให้สอดคล้องกับกรรมวิธีของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม และต้องใช้เทคนิคการผลิตที่สอดคล้องกับวัสดุที่ใช้

7.3.3 ด้านหน้าที่ใช้สอย มีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า เก้าอี้สามารถนั่งพักผ่อนได้ เก้าอี้มีความแข็งแรงและทนทาน เก้าอี้สะดวกต่อการทำความสะอาด และสามารถแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เหมาะสมกับร่างกาย นั่งแล้วรู้สึกสบาย และเก้าอี้มีน้ำหนักในระดับที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีความพึงพอใจในระดับมาก ตามลำดับ สอดคล้องกับแนวคิดของ Charungchitsunthon [8] ที่สรุปว่า ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ สามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งต้องเข้าใจกายวิภาค

เชิงกลเกี่ยวกับขนาด สัดส่วน ความสามารถและขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของผู้ใช้ การเกิดความรู้สึกที่ดี และสะดวกสบายในการใช้งานผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านจิตวิทยา (Psychology) และสรีระวิทยา (Physiology) และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Egwutvongsa [15] ที่สรุปว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์ ตามความต้องการของผู้บริโภค รวมถึงมีความสอดคล้องกับขนาดสัดส่วนและพฤติกรรมในการใช้งาน

จากการประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างให้ความสันทัดใจต้นแบบเก้าอี้จากขวดพลาสติกที่ผลิตขึ้น รวมถึงมีการสอบถามถึงการใช้วัสดุและกรรมวิธีในการผลิต ผู้วิจัยจึงได้มีการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้กับกลุ่มตัวอย่างในเบื้องต้น โดยเฉพาะในเรื่องของการคัดแยกและการจัดการขยะประเภทพลาสติก ซึ่งถือเป็นกระบวนการต้นน้ำและเป็นหัวใจหลักที่มีความสำคัญ ต่อมาคือกระบวนการกลางน้ำคือการนำมาเข้ากระบวนการแปลงสภาพ และกระบวนการปลายน้ำคือการนำมาผลิตเป็นเก้าอี้ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม และเห็นคุณค่าการนำขยะกลับมาสร้างมูลค่าให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่อีกครั้ง ซึ่งเป็นการปลูกฝังความคิดรักษ์สิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน

8. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

8.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

8.1.1 ด้านกระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกเป็นแผ่นอเนกประสงค์ มีเศษที่เหลือจากการผลิตน้อยมากเพราะสามารถนำไปหลอมและอัดขึ้นรูปซ้ำใหม่ได้เรื่อย ๆ แต่ด้านการผลิตต้นแบบเก้าอี้จะต้องคำนึงถึงการตัดเศษเหลือ โดยการออกแบบรูปทรงของเก้าอี้ที่สามารถใช้แผ่นอเนกประสงค์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดสอดคล้องกับการออกแบบเชิงนิเวศ

8.1.2 ต้นแบบเก้าอี้จะต้องปรับแก้โดยการเพิ่มโครงสร้างหลักในการรับแรง บริเวณส่วนข้อต่อตรงช่วงข้อพับที่นั่งด้านในให้ต่อกับส่วนพนักพิงขึ้นไป ซึ่งสามารถซ่อนโครงสร้างไว้ภายในได้ เพื่อแก้ปัญหาการฉีกถ่างออกของขาเก้าอี้จากการรับน้ำหนักที่มากขึ้น

8.1.3 การผลิตต้นแบบเก้าอี้เป็นลักษณะของงานช่างฝีมือที่ต้องใช้ทักษะเฉพาะ ใช้ระยะเวลาในการผลิตพอสมควร จึงควรมีการปรับและพัฒนาเก้าอี้ในเชิงเทคนิคการผลิตรวมถึงการออกแบบ เพื่อให้สามารถผลิตเป็นสินค้าในระบบอุตสาหกรรม และสามารถจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในอนาคตได้

8.1.4 การทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเก้าอี้เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้น ควรทดสอบการรับน้ำหนักให้ถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้

8.1.5 แม้ว่าการวิจัยนี้จะผ่านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบที่อาศัยศาสตร์และศิลป์ นำความรู้ทางวัสดุศาสตร์ การออกแบบและประโยชน์ใช้สอยมาผนวกกับศิลปะ เพื่อสร้างสรรค์เก้าอี้จากเศษวัสดุที่ใช้จริง แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าตามหลักเศรษฐศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มผู้ใช้ ต้นทุนการผลิต การตลาด เพื่อเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุได้อย่างสมบูรณ์ และตรงกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคในยุคปัจจุบันมากที่สุด

8.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.2.1 การเพิ่มวัสดุเสริมแรงเข้าไปผสมกับเศษขวดพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง อาจทำให้สมบัติเชิงกลของแผ่นอเนกประสงค์ที่อัดขึ้นรูปมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น

8.2.2 แผ่นอเนกประสงค์ที่ได้จากกระบวนการแปลงสภาพ สามารถนำไปใช้สำหรับการสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบอื่น ๆ ได้ เช่น แผ่นปูพื้นทางเดิน แผ่นตกแต่งภายนอกและภายใน หรือเครื่องเรือนขนาดเล็กได้

8.2.3 การพัฒนาแม่พิมพ์แผ่นอเนกประสงค์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น รวมถึงพัฒนาแม่พิมพ์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อการต่อยอดเป็นผลงานเชิงสร้างสรรค์ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sarawan, S. (2019). **Plastic Waste has the Greatest Impact on the Environment**. [online]. Available: <https://www.scimath.org/article-chemistry/item/10624-2019-09-02-01-39-49> Retrieved September 6, 2019. (in Thai)
- [2] Sangrajang, S., Ploysawang, P., & Promhithatron, P. (2013). "Impact of plastics on human health and environment." **Thai Journal of Toxicology**. 28(1), 39-50. (in Thai)
- [3] International Union for Conservation of Nature. (2020). **National guidance for plastic pollution hotspotting and shaping action 2020**. [online]. Available: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/thailand_final-report_2020_compressed.pdf Retrieved May 26, 2021.
- [4] Food Focus Thailand Magazine. (Ed.). (2019). "Recycle PET (RPET) bottles to achieve sustainable plastic waste management." **Food Focus Thailand**. 14(155), 57-59. [online]. Available: <http://www.foodfocusthailand.com/eBook/155/mobile/index.html#p=57> Retrieved October 11, 2019. (in Thai)
- [5] Intharachuto, S. (2013). **Upcycling**. Pathum Thani: National Science and Technology Development Agency. 20-55. (in Thai)
- [6] Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (2020). **Circular economy**. [e-book]. Available: https://oer.learn.in.th/search_detail/result/124950 Retrieved May 26, 2021. (in Thai)
- [7] Sahasomchok, W. (2010). **Furniture design**. 5th ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan). 205-210. (in Thai)
- [8] Charungchitsunthon, W. (2005). **Theory and concept of design**. Bangkok: Appa. 25-35. (in Thai)
- [9] Sincharu, T. (2020). **Statistical research and analysis with SPSS and AMOS**. 18th ed. Bangkok: Business R&D. 74-75. (in Thai)
- [10] Aphirakmethawong, J. (2014). "Mechanical properties of polymer composites between HDPE and waste from melamine ware manufacturing processes." Master's thesis, Suranaree University of Technology, 53. (in Thai)
- [11] Patcharametha, T. (2014). "Product design for environment friendly." **Silpakorn University Journal**. 34(1), 119-135. (in Thai)
- [12] Boonkanit, P., & Aphikhachonsil, A. (2019). **Industrial product design**. Bangkok: Electrical and Electronics Institute. 103. (in Thai)
- [13] Tantiyaswasdikul, K. (2010). **Transformation of waste plastic bottles into covered parking. journal of architectural/planning research and studies**. [online]. Available: <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jars/article/view/168902/121528> Retrieved November 7, 2019. (in Thai)
- [14] Apirat, H., Thungsuk, N., & Leelawan, W. (2015). **Study on mechanical properties of recycle composite panels for local community use**. Bangkok: Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University. 117-118. (in Thai)
- [15] Egwutvongsa, S. (2016). **Thinking for industrial product development**. Bangkok: Mean Service Supply. 103-106. (in Thai)