

การพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมแบบขึ้นรูปอิสระจากหญ้าแฟก
ร่วมกับขยะพลาสติก เพื่อประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์
Development process to produce wood substitute materials free working
From vetiver grass with plastic litter applying in design products

ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศ์
Songwut Egwutvongsa
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Momojojo108@Gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมจากหญ้าแฟกร่วมกับขยะพลาสติกแบบขึ้นรูปอิสระโดยเน้นการประยุกต์เทคโนโลยีพื้นบ้านร่วมในกระบวนการผลิต กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ปลูกหญ้าแฟก ม.หัวยน้ำใส อ.สนมชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา ในปี พ.ศ. 2554 – 2556

วัตถุประสงค์การวิจัย 1) ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณของหญ้าแฟก 2) พัฒนากระบวนการผลิตและขั้นตอนการแปรรูปหญ้าแฟกร่วมกับขยะพลาสติก 3) ออกแบบผลิตภัณฑ์ตอกแต่งด้วยไม้เทียมหญ้าแฟกที่พัฒนาใหม่ 4) ประเมินความพึงพอใจกลุ่มเกษตรกรต่อกระบวนการผลิตใหม่ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เน้นการพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมจากหญ้าแฟกร่วมกับขยะ ใช้เครื่องมือวิจัย 1) ชุดอุปกรณ์ต้มลอกเยื่อหญ้าแฟกเพื่อทดสอบระยะเวลาสำหรับเยื่อหญ้าแฟกที่เหมาะสม 2) อุปกรณ์ขึ้นรูปแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับการขึ้นรูปทรงอิสระ 3) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจกระบวนการผลิตที่พัฒนาจากกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มนักวิชาการทางการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลทดลอง พบว่า กระบวนการต้มลอกเยื่อส่วนโคนและใบหญ้าแฟกใช้การต้มโซดาไฟ ร่วมกับเกลือ เป็นระยะเวลา 50 นาที ตากให้แห้งจากน้ำปั่นละเอียดคล้ายปุยนุ่น นำมาทดสอบการประสานที่ได้จาก เศษขยะพลาสติกประเภท PS ทำละลายในน้ำมันเบนซิน ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ผลการประเมินงานการออกแบบผลิตภัณฑ์จากการผลิตพัฒนาใหม่ด้านระดับของความพึงพอใจผู้บริโภค มีความพึงพอใจในกระบวนการผลิตที่ระดับมาก ($\bar{X}=4.20, S.D.=0.45$) ในส่วนผลการศึกษาด้านระดับของความพึงพอใจผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ของตอกแต่งบ้าน มีค่าระดับความพึงพอใจเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}=4.60, S.D.=0.55$) ซึ่งจะมีความพึงพอใจในด้านความงามและความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากการใช้งานเนื้อหญ้าแฟกที่พัฒนาใหม่ร่วมกับกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.80, S.D.=0.45$)

คำสำคัญ: หญ้าแฟก ลอกเยื่อ ไม้เทียม พลาสติก กระบวนการ

Abstract

The research and the development focus on process to produce wood substitute materials free working from Vetiver grass emphasizing on applying local technology with production process. Moreover, the group sampling was the agriculturists who cultivate Vetiver grass in Huainamsai village, Sanam Chaikate District, Chachoengsao province in A.D. 2011-2013.

This research has objectives to study as follow: 1) Studying properties and quantities of Vetiver grass 2) Developing production process and Vetiver transforming steps with plastic litter 3) Designing decorating house products with wood substitute from new developed Vetiver grass 4) Taking assessment satisfaction from Vetiver grass agriculturist group about new developed production process.

Besides, this research is the experimental one emphasizing on development process to produce wood substitute materials from Vetiver grass with litter by applying research tools as follow: 1) The Boil and Peel Vetiver Velum Kit by testing with suitable time 2) The Module Plaster Working by using Free Working 3) The Satisfaction Assessment Questionnaire developed from agriculturist group and academic group to design products.

According to result, it was found that the boil and peel velum root with leaves of Vetiver grass process can apply with boiling of Sodium Hydroxide and salt for totally 50 minutes. Then, it should wash and rub the Vetiver velum grass for being ready to dry. Later, it might be spun the velum to have characteristic as white silk cotton tree and then mixed with adhesive glue from PS plastic litter to dissolve in Benzine oil for totally 1 day. According to product's assessment result from new production development, there was the level of consumer satisfaction in $\bar{X}=4.20, S.D.=0.45$ or in the excellent level. Moreover, there was the level of experts and producers' satisfaction in Huainamsai District, Chachoengsao Province with $\bar{X}=4.60, S.D.=0.55$ or in the most level consisting of beauty satisfaction and specific uniqueness of Vetiver grass products' process with new development and designing of work products with $\bar{X}=4.80, S.D.=0.45$

Keywords : vetiver grass, boil and peel velum root, wood substitute, plastic, process

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีจำเป็นที่จะต้องแลกมาด้วย “ทรัพยากรธรรมชาติ” ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าทรัพยากรธรรมชาติ นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อมนุษย์ จึงทำให้ทรัพยากรจากแหล่งธรรมชาติกับมีปริมาณลดลงและมีแนวโน้มว่ากำลังจะหมดไป [1]

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในปี พ.ศ. 2543 ให้มีการใช้หญ้าแฝกเพื่อฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อการสนองพระราชดำริดังกล่าว คณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร) ได้จัดทำแผนแม่บทการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกมาแล้ว 2 ฉบับ และในฉบับที่ 3 พ.ศ. 2545 – 2549 ซึ่งกรมส่งเสริมการเกษตรมีบทบาทในการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับเกษตรกรเพื่อตระหนักรถึงความสำคัญของการปลูกหญ้าแฝกในการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและมูลนิธิชั้นพื้นฐาน [2] ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรทำการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาหน้าดินและสร้างความสมบูรณ์ให้กับพื้นดินโดยถือเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำ เน้นปลูกหญ้าแฝกเพื่อคลุมดินจึงมีแนวคิดในการที่จะนำใบหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มมูลค่าในการที่จะนำใบหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มมูลค่า

ให้กับใบหญ้าแฝกและสามารถสร้างความแตกต่างให้ตัวผลิตภัณฑ์ใบหญ้าแฝกที่พับในห้องติดต่อในห้องถีนที่เกษตรกรอาศัยมาร่วมในการพัฒนารูปแบบกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์จากใบหญ้าแฝก และจากแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้นนั้นสามารถที่จะนำแนวทางการอนุรักษ์ทรัพยากรทางด้านอื่นๆเข้ามาร่วมในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใบหญ้าแฝกเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์สีเขียวที่มีทั้งการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าของการใช้ใบหญ้าแฝกและยังช่วยลดสภาวะโลกร้อนได้อีกทางโดยการนำขยะพลาสติกที่พับในห้องถีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในเวลาอันรวดเร็วมาใช้เพื่อที่ลดปริมาณการนำขยะพลาสติกไปเผาทำลายอันจะทำให้เกิด “สภาวะเรือนกระจก” ถือว่าเป็นการลดการใช้ทรัพยากรน้อยลงและยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกอีกทางหนึ่ง

ในส่วนของแนวทางการนำใบหญ้าแฝกมาใช้ร่วมกับเศษขยะพลาสติกเพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุไม้เทียมชนิดใหม่ที่สามารถขึ้นเป็นรูปทรงต่างๆได้อย่างไม่จำกัดรูปแบบโดยใช้แม่พิมพ์เป็นตัวกำหนดรูปแบบนั้นจะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับตัวใบหญ้าแฝกมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของหญ้าแฝก ที่นำมาผ่านกระบวนการผลิตเป็นวัสดุไม้เทียม

2.2 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและรูปแบบของหญ้าแฝกร่วมกับขยะพลาสติก

2.3 เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านพักอาศัยโดยอาศัยวัตถุจากหญ้าแฝกและขยะพลาสติกที่พัฒนาใหม่

2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มชาวบ้านผู้ผลิตที่มีต่อกระบวนการผลิตที่พัฒนาใหม่

3. วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองและพัฒนาระบวนการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก โดยการใช้ตัวประสานเป็นเศษขยายพลาสติกประเภทแก้วน้ำ และพลาสติกประเภท PS ฯลฯ ที่มีในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้เป็นกาวประสานเนื้อเยื่อของหญ้าแฝกที่ผ่านกระบวนการลอกเยื่อหญ้าแฝกมาแล้ว จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

- 1) ระยะการเก็บข้อมูลและทดลองกระบวนการลอกเยื่อหญ้าแฝก
- 2) ระยะการทดลองการใช้มะพร้าวเป็นกาวที่ได้จากเศษขยายพลาสติกและกระบวนการรีซีรูป
- 3) ระยะการสร้างผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านโดยใช้วัสดุไม้เทียมที่ได้และประเมินความพึงพอใจของกลุ่มชาวบ้านในชุมชนส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝก

3.1 ตัวแปรที่ศึกษา

- ตัวแปรที่ศึกษา คือ ชิ้นไม้เทียมขึ้นรูปอิสระและชุดผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านที่ใช้วัสดุไม้เทียมขึ้นรูปแบบอิสระจากเศษใบหญ้าแฝกร่วมกับขยายพลาสติกที่พัฒนากระบวนการผลิตใหม่

- ผลของตัวแปรที่ศึกษา คือ ระดับความพึงพอใจของกลุ่มชุมชนเครือข่ายศูนย์ศึกษาการพัฒนาเข้าทินช้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่มีต่อกระบวนการผลิตใหม่

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับการประเมินความพึงพอใจของกระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมฯ นั้นจะทำการประเมินโดยกำหนดได้ดังนี้

- ประชากร คือ กลุ่มชาวบ้านเข้าร่วมโครงการผลิตผลิตภัณฑ์จากหญ้าแฝกหรือกลุ่มชุมชนในเครือข่ายศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จำนวน 31 คน (จำนวนสมาชิกเครือข่ายศูนย์ศึกษาฯ)

- กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มชาวบ้าน บ้านห้วยน้ำใส อำเภอสنانมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 28 คน (จำนวนผู้เข้าร่วมอบรมกับโครงการส่งเสริมการใช้หญ้าแฝก)

ศูนย์ศึกษาและพัฒนาเข้าทินช้อน อันเนื่องจากพระราชดำริ จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นแหล่งของการส่งเสริมการเพาะปลูกหญ้าแฝกร่วมกับพืชเศรษฐกิจหลัก เป็นพืชที่ใช้ในการปรับปรุงดินให้กับกลุ่มชุมชนที่ปลูก โดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน ผู้สนับสนุนทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากหญ้าแฝกและการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝก

4. ผลการวิจัย

พบว่าปริมาณสำรองของตัวหญ้าแฝกนั้นมีจำนวน 5 แปลง ปลูกภายในหมู่บ้านห้วยน้ำใส อ.สنانมชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา เป็นการเพาะปลูกตามริมห้วยและบ่อสาราระยะของหมู่บ้าน หรือบริเวณหลักเมืองที่เคารพหมู่บ้าน

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

เป็นขั้นตอนการลงพื้นที่เพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและสำรวจวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของกลุ่มชาวบ้านในตำบลห้วยน้ำใส อำเภอสنانมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 1 ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับตัวแทนชุมชนบ้านห้วยน้ำใส

การเพาะปลูกเป็นการแยกกอและเหง้าของหญ้าแฝกจากแปลงหลักที่ปลูกตามริมสาราระยะของหมู่บ้าน โดยนำไปปลูกตามรี่ผลไม้ซึ่งจะปลูกแซมตามร่องปลูก มีปริมาณ 3-4 ไร่ ใน การประชุมที่ศูนย์นิธิฉะเชิงเทราเพื่อการพัฒนามีกลุ่มชาวบ้านจำนวน 6 คน ร่วมประชุมและระดมความคิดเห็นกระบวนการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกและการเก็บเกี่ยวหญ้าแฝก ลักษณะการปลูกของชุมชนจะคัดเลือกกล้าที่มีคุณภาพ โดยทั่วไปเป็นกล้าที่มีอายุ 45 ถึง 60 วัน เมื่อนำกล้าที่แข็งแรงมาปลูกก็จะได้แนวรั้วหญ้าแฝกที่มีการเจริญเติบโตแข็งแรงอย่างสม่ำเสมอ การปลูกหญ้าแฝกในช่วงต้นฤดูฝนจะเหมาะสมที่สุด สภาพของดินที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนจะมีความชุ่มชื้นสูงติดต่อกันมากกว่า 15 วันขึ้นไป ในส่วนการตัดใบ จะตัดในช่วงต้นฤดูฝนโดยตัดใบหญ้าแฝกให้สั้นสูงจากพื้นผิว 5 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการแตกหน่อใหม่ และกำจัดหน่อแก่ที่แห้งตาย ในช่วงกลางฤดูฝนจะทำการเกี่ยวใบสูงไม่ต่ำกว่า 45 เซนติเมตร เพื่อให้มีแนวกอที่หนาแน่นในการรับแรงضغطของน้ำไหลบ่าและในช่วงปลายฤดูฝน เกี่ยวใบให้สั้น 5 เซนติเมตร อีกครั้งเพื่อให้หญ้าแฝกแตกใบเขียว

4.2 ผลการพัฒนากระบวนการผลิต

สามารถจัดแบ่งกระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมจากหญ้าแฝกร่วมกับขยายพลาสติก จำนวน 5 ขั้นตอน ดังนี้

ก. ขั้นตอนการลอกเยื่อหญ้าแฝกให้เป็นเยื่อวัสดุทดแทนไม้ เพื่อทดสอบความเหมาะสมแต่ละช่วงเวลา ดังนี้

- ส่วนยอดและใบหญ้าแฝก มีคุณลักษณะทางกายภาพอ่อนที่สุดและถือว่ามีคุณค่าในการนำไปปรับปรุงเป็นผลิตภัณฑ์ได้

- ส่วนกลางลำต้นหญ้าแฟก มีคุณลักษณะทางกายภาพสำคัญในการนำไปพัฒนาปรับรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ ซึ่งถือว่ามีศักยภาพในการประ韶าพมากที่สุด

- ส่วนโคนต้นหญ้าแฟกมีคุณลักษณะทางกายภาพที่ไม่มีการนำไปใช้งานถือได้ว่ามีศักยภาพสำหรับการประ韶าพ

จะใช้กระบวนการต้มลอกเยื่อที่มีส่วนประกอบ คือ โซดาไฟ 5% น้ำเปล่า 95% และเกลือ นำมาต้มด้วยไฟปานกลางจะใช้ระยะเวลาการทดลองต้มเพื่อลอกเยื่อแตกต่างกันในการพิจารณาหาช่วงเวลาที่ให้เยื่อมีคุณลักษณะที่เหมาะสมในการนำมาสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด

ส่วนของเส้นใยที่ได้จากหญ้าแฟกนั้นจะให้เยื่อของเส้นใยที่ได้มีความละเอียดสูงสุดและมีความเหมาะสมในการนำมาใช้สร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมแต่ตัวเนื้อเยื่อของเส้นใยที่ได้นั้น จะให้เส้นใยที่น้อยกว่าปกติเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ความมีการใช้ระบบการปั้นลอกเย็บทำการปั้นผสมระหว่างเส้นใยจากหญ้าแฟกส่วนต่างๆ เพื่อทำการผสมเนื้อของเส้นใยเข้าด้วยกันแล้วทำการทดลองขึ้นรูปแบบแผ่นในรูปแบบต่างๆ เพื่อดูเนื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นขั้นงานต้นแบบที่ได้และทดลองกระบวนการขึ้นรูปในแบบต่างๆ

ตารางที่ 1 ทดสอบเวลาต้มลอกเยื่อหญ้าแฟก

เวลา	ผลการทดลองที่ได้
10 นาที	ตัวเยื่อไม่สมบูรณ์มีส่วนที่แข็งกรูในส่วนของเปลือกที่มีความแข็งแต่ในส่วนของใบนั้นเริ่มลอก
20 นาที	ตัวเยื่อการลอกตัวในส่วนกลางลำต้นแต่ในส่วนของโคนต้นนั้นยังไม่มีการลอกตัวคงมีความแข็ง
30 นาที	ตัวเยื่อลอกตัวอย่างสมบูรณ์ในส่วนของใบและกลางลำต้นในส่วนโคนมีความแข็งตัวของเยื่อ
40 นาที	ตัวเยื่อที่ได้นั้นลอกตัวอย่างสมบูรณ์แบบแล้วเยื่อเริ่มลอกตัวครบทุกส่วนทั้งใบ, ลำต้น, โคนต้น แต่มีความแข็งของเยื่อบ้าง
50 นาที	ตัวเยื่อที่ได้นั้นลอกเยื่ออย่างสมบูรณ์ตัวเยื่ออ่อนนุ่ม เหมาะสมแก่การนำไปใช้เพื่อนำไปปั้นย่ออย่างเพื่อใช้งานในการขึ้นรูปแบบโลหะวัสดุ
60 นาที	ตัวเยื่อที่ได้นั้นมีความละเอียดและเล็กมากเกินไปจนตัวเยื่อที่ได้ส่วนมากจะเสียไปกับการกรองและตัวเยื่อเมื่อตากแห้งจะมีขนาดที่เล็ก

พบว่าใช้ระยะเวลาที่ 50 นาที กับใบหญ้าแฟกที่นำส่วนทุกส่วนมาใช้เนื่องจากช่วงระยะเวลาที่จะให้เยื่อที่มีความเหมาะสมและมีความสมบูรณ์ของเยื่อวัสดุทดลองไม่ได้



รูปที่ 2 ต้มลอกเยื่อระยะเวลา 10 , 20 นาที



รูปที่ 3 ต้มลอกเยื่อระยะเวลา 30 , 40 นาที



รูปที่ 4 ต้มลอกเยื่อระยะเวลา 50 , 60 นาที

กรรมวิธีการลอกสีสันใช้โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์แข็งเยื่อวัสดุทดลองไม่ประมาณ 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำเปล่า



รูปที่ 5 ลักษณะเยื่อที่ตากแห้งและทำสีสัน

โดยสีเยื่อวัสดุทดลองไม่ได้เป็นสีขาวใส หากต้องการเพิ่มสีลงในเยื่อวัสดุใช้การต้มเพื่อย้อมสี ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้สีต่างๆ ได้ เช่น สีย้อมกากหรือผึ้งหรือสีที่มีในห้องตลาด

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการทดลองขึ้นรูป

ตัวประสาน	ขั้นตอนการประสานเยื่อ	ทดสอบ
(ไม่ประสาน)	นำเยื่อเปียกนานวันแล้วอัดในแม่พิมพ์แล้วตากให้แห้งและแกะออกจากแม่พิมพ์	75%
(ภาวะเทค)	นำเยื่อที่ขึ้นมาปั้นละเอียดคลอกผสมภาวะเทคปริมาณ 50% แล้วอัดลงแม่พิมพ์ ทั้งไว้ให้แห้ง	55%

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการทดลองขั้นรูป

ตัวประสาน	ขั้นตอนการประสานเยื่อ	ทดสอบ
(การแป้งเปียก)	นำเยื่อมาป่นละเอียดนำไปคลุกเคล้ากับการแป้งเปียกปริมาณ 50% แล้วอัดลงแม่พิมพ์ทึบไว้ให้แห้ง	65%
(พลาสติก PS)	นำเยื่อย้อนสีแล้วคลุกกับพลาสติก PS แบบขาวๆที่แข็งในตัวทำละลาย (น้ำมันเบนซิน) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง อัดพิมพ์ทึบให้แห้ง	12%
(ขาวยาคูลท์ PS)	นำเยื่อย้อนสีแล้วคลุกเคล้ากับพลาสติกขาวยาคูลท์ ที่แข็งในตัวทำละลาย (น้ำมันเบนซิน) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วอัดลงในแม่พิมพ์	15%
(PSขาว+เยื่อไม้ฟอกขาวป่น)	มีความละเอียดสวยงามขึ้นเมื่อขาวมูกสร้างลดลงได้ด้วย เยื่อไม้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอเนื่องจากมีการนำเยื่อไม้ไปป่นละเอียดก่อนการคลุกเคล้ากับพลาสติกซึ่งขั้นงานที่ได้สมบูรณ์ มีความแข็งแรง	15%
(พลาสติกขาวยาคูลท์ PS ชนิดใส และเยื่อไม้ย้อมสีแบบป่น)	มีความละเอียดสวยงามขึ้นงาน มีสีสันสวยงามตามการย้อมสีเยื่อ เช่น เขียว แดง และมีการประภูมิของคุณภาพสูง การจับตัวของเยื่อกระจายตัวสม่ำเสมอ เนื่องจากนำเยื่อไม้ไปป่นละเอียดก่อนการคลุกเคล้ากับพลาสติก	12%

การขึ้นรูปทรงอิสระอาศัยตัวประสานทำให้ขั้นงานตัว ระยะเวลาแห้ง 3-4 ชั่วโมง สามารถสรุป 2 แนวทาง ดังนี้

(1) รูปทรงอิสระแบบสีขาวมีการใช้พลาสติก PS แข็งสาระละลาย 6 ชั่วโมง จำนวน 30 กรัม ต่อเยื่อไม้ละเอียด 10 กรัม

(2) รูปทรงอิสระแบบสีใช้พลาสติก PS ชนิดใส ของขาวยาคูลท์หรือแก้วพลาสติกแข็งสาระละลาย (เบนซิน) 5 ชั่วโมง จำนวน 30 กรัมต่อ เยื่อไม้ละเอียดแล้ว 10 กรัม

ข. กระบวนการป่นเยื่อ เป็นการป่นเยื่อให้มีลักษณะเส้นใยขนาดเล็กเป็นไนโมรีสันโดยอิ่วสีเส้นใยที่ละเอียดคล้ายปุยนุ่น โดยใช้เส้นใยหยาแฟก มาป่นละเอียดตัวเครื่องป่นอุตสาหกรรม



รูปที่ 6 กระบวนการป่นเยื่อละเอียด

ค. การย่อยวัสดุพลาสติกประสาน เชซขยะในห้องถีนประเภท PS เช่น แก้วน้ำดื่มพลาสติก ถ้วยไอศครีม ขวดยาคูลท์ ย่อยให้มีขนาด 1 เซนติเมตร เพื่อให้น้ำมันเบนซินสามารถละลายพลาสติกได้

ง. กระบวนการแข็งพลาสติก PS ที่ผ่านการย่อยเป็นขี้นเล็กแล้วแข็งสำลังไปแข็งในตัวทำละลาย คือ น้ำมันเบนซินทินเนอร์ น้ำมันดีเซล

ตารางที่ 3 ทดสอบเวลาการละลายตัวการ

น้ำมันเบนซิน	
การทำละลาย	ระยะเวลาการแข็งตัววัสดุ
ละลายพลาสติกรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ ½ - 1 วัน ใน ใช้เวลา 5-6 ชั่วโมง	ใช้เวลาประมาณ ½ - 1 วัน ใน การทำให้พลาสติกแข็งตัว
ทินเนอร์	
การทำละลาย	ระยะเวลาการแข็งตัววัสดุ
ละลายพลาสติกรวดเร็ว ใช้เวลา 1 วัน	ใช้เวลาประมาณ ½ - 1 วัน ในการทำให้พลาสติกแข็งตัว
น้ำมันดีเซล	
การทำละลาย	ระยะเวลาการแข็งตัววัสดุ
ละลายพลาสติกปานกลาง ใช้เวลา 1 ½ วัน	ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ในการทำให้พลาสติกแข็งตัว

จากการบวนการผลิตผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรม เห็นว่า เหมาะสมในการนำน้ำมันเบนซินมาเป็นตัวทำละลายสำหรับย่อยสลายของพลาสติกประเภท PS ให้เป็นกาวเหลว ซึ่งจะสามารถย่อยได้รวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถทำได้จ่ายในห้องถีน



รูปที่ 7 ย่อยการตัวทำละลายต่างๆ

จ. การคลุกเยื่อไม้เข้ากับการประสาน เป็นการคลุกเคล้ากับการประสานเข้ากับเยื่อไม้ ที่ป่นเยื่อให้ละเอียด โดยการคลุกเคล้านวดเพื่อให้กาวประสานและเยื่อไม้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะคล้ายดินน้ำมัน เมื่อทำการกดอัดลงในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงอิสระและมีลักษณะที่นิ่มและน่าใช้งาน

เนื้อวัสดุที่เนียนมีความนุ่มสามารถที่จะปั้นขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 8 คลุกเคล้าเยื่อไม้กับการประสาน

ฉ. กระบวนการอัดเยื่อ ที่คลุกการประสานนำเยื่อแฟกคลุกการประสานอัดในบล็อกขึ้นรูปปูนปลาสเตอร์ ซึ่งใช้เป็นบล็อกแบบแยกชิ้น อัดเยื่อลงไปคล้ายการขึ้นรูปแบบกดพิมพ์



รูปที่ 9 คลุกเคล้าเยื่อไม้กับการประสาน

ช. กระบวนการพิ่งและตากแดด เป็นการพิ่งแಡดให้แห้งก่อนทำการแกะบล็อกขึ้นรูปออก โดยอัดทึบไว้ประมาณ 2-3 วันเมื่อแห้งดีทำการแกะแม่พิมพ์ออกพิ่งแಡดเพื่อให้กลืนน้ำมันเบนซินระหว่างประมาณ 5-7 วัน

ช. การคัดเลือกรูปแบบเพื่อการผลิต โดยคัดเลือกรูปแบบ ตามหลักการออกแบบร่วมกับการประยุกต์ “การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD” หรือหลักการ Quality Function Deployment นำร่วมประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ [3]



รูปที่ 10 Quality Function Deployment

ภ. การสาธิตเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ด้านกระบวนการผลิตรูปแบบใหม่กับกลุ่มชาวบ้าน โดยถ่ายทอดองค์ความรู้ด้วยวิธีการสาธิตด้วยสื่อของจริง ให้ข้อมูลสามารถรับรู้และปฏิบัติกระบวนการที่พัฒนาใหม่ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีกลุ่มชาวบ้านเข้าร่วมเรียนรู้จำนวน 28 คน



รูปที่ 11 สาธิตกระบวนการผลิต (ภาคปฏิบัติต่อกลุ่มชาวบ้าน)

ขั้นตอนการสาธิตกระบวนการผลิตเยื่อไม้เพื่อผลิตเป็นวัสดุทดแทนไม้รูปแบบใหม่ให้กับกลุ่มชาวบ้านได้เรียนรู้และทดลองผลิต ทำการสรุปเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์เก้าอี้นั่งเล่นขนาดเล็กจำนวน 2 รูปแบบ, โคมไฟตั้งโต๊ะ



รูปที่ 12 นำเสนอผลงานวิจัยต่อคณะกรรมการวิจัย
สาขาวิชางานบริษัท ปตท.จำกัด มหาชน (ผู้สนับสนุนทุนวิจัย)

วัสดุพลาสติกประกอบเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เด่นชัดในส่วนของการนำมายใช้งานอีกทั้งยังสามารถใช้ทดแทนวัสดุอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4] จึงนำมาพิจารณาเป็นตัวประสานเพื่อใช้งานร่วมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ



รูปที่ 13 ผลงานหอย Gäfek ที่พัฒนากระบวนการใหม่

ผลิตภัณฑ์เพื่อรับนิจจาร์ที่ได้จากวัสดุธรรมชาติควรที่จะมีการพิจารณาใช้สีสันแบบธรรมชาติในส่วนเครื่องเรือน [5] ที่เป็นประเภทเก้าอี้นั่งขนาดเล็กโดยไม่มีการทำสีสันและมีส่วนประกอบของหอย Gäfek อย่างละ 70

การพัฒนาโคมไฟสำหรับตั้งบ้านพักอาศัย ใช้วัสดุทดแทนไม้จากหอย Gäfek ที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแบบอิสระและประกอบกับตัวโคมไฟเพื่อสร้างมูลค่าให้กับตัวขึ้นงานผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้หอย Gäfek ที่พัฒนาใหม่



รูปที่ 14 ผลงานจากหญ้าแฝกที่พัฒนาใหม่

วิจัยขั้นสุดท้ายบรรยายสรุปผลโครงการถ่ายทอดความรู้โดยกลุ่มตัวอย่างใช้แบบแผนการทดลองพื้นฐานจากหน่วยการทดลองเพื่อศึกษาผลที่ได้รับ [6] ซึ่งการประเมินผลของความพึงพอใจกลุ่มชุมชนที่เป็นเกษตรกรร่วมกับคณะผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อกระบวนการผลิตหญ้าแฝกที่พัฒนาใหม่



รูปที่ 15 การนำเสนอสรุปผลการถ่ายทอดกระบวนการที่พัฒนาใหม่ กลุ่มนักวิชาการจากบริษัท ปตท. จำกัด มหาชน จำนวน 6 ท่าน

4.3 นำเสนอผลวิจัยและพัฒนาต่อชุมชน ถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อชาวบ้านในพื้นที่ชุมชนรอบศูนย์ศึกษาการพัฒนาเข้าที่นิ้งช้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตามโครงการส่งเสริมบุคลากรด้านงานศิลปปาชีพ รายวีรและวิสาหกิจชุมชนที่มีความสามารถทางศิลป์และหัตถกรรมในจังหวัดฉะเชิงเทรา



รูปที่ 16 อบรมเชิงปฏิบัติการความรู้สู่ชุมชนในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเข้าที่นิ้งช้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้งานกระบวนการแปรรูปหญ้าแฝก ตามหลักสูตร “การพัฒนาบุคลากรด้านงานช่างหัตถศิลป์” ภายใต้โครงการพัฒนาครุภัณฑ์สอนในมูลนิธิศิลปปาชีพ และโครงการพระราชดำริ วันที่ 20 – 22 พฤษภาคม 2557 ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเข้าที่นิ้งช้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา

4.4 เปรียบเทียบต้นทุน ในการผลิตวัสดุไม้เทียมแบบใหม่ และแบบเก่า เป็นการเปรียบเทียบราคาจากรอบกระบวนการผลิต



รูปที่ 17 กลุ่มชุมชนทดลองใช้กระบวนการประยุกต์ใช้งานแฝก

วัสดุไม้เทียมโดยทำการแยกราคัตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิตจนถึงการนำออกสู่ตลาดโดยสามารถแยกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนกระบวนการผลิตที่พัฒนาใหม่

กระบวนการ ในการผลิต	ราคានั้นทุนในการผลิต / แผ่น / การขึ้นรูป ขนาด 120X60 ซม.	
	วัสดุไม้เทียมผลิตด้วย กรรมวิธีที่พัฒนาใหม่	วัสดุไม้เทียมผลิตด้วย กรรมวิธีแบบเก่า
ขั้นตอนการ เตรียม	ก. การลอกเอื่อง 90 บาท ข. การทำสีสัน 50 บาท	ก. ย่อยเอื่อง 20 บาท ข. ค่าวัสดุสี(แฝก)
วัตถุดิบ (เยื่อไม้เทียม จากหญ้า แฝก)	ค. ค่าแรงงาน 50 บาท ง. วัตถุดิบ(แฝก) 0 บาท	0 บาท
ขั้นตอนการ อัด(ภา ประสาณ)	ก. การประสาณ (ขยะPS) 0 บาท ข. ค่าแรงงาน 0 บาท	ก. การประสาณ สังเคราะห์ 200 บาท ข. อัดด้วยเครื่องต่อแผ่น มาตรฐาน 200 บาท
ต้นทุน	190 บาท	420 บาท

จากการสรุปค่าใช้จ่ายในกระบวนการแปรสภาพหญ้าแฝก เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการขึ้นรูปอิสระในการประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์นั้นมีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่ากระบวนการที่ใช้การประสาณเป็นการไอโซไซยาเนต 2 เท่า

4.5 ผลค่าคุณสมบัติรายด้าน เป็นการศึกษาค่าคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุไม้เทียมโดยใช้มาตรฐานการประเมินตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุไม้เทียม

ตารางที่ 5 คุณสมบัติรายด้านการประเมินวัสดุไม้เทียมจากแฟกร่วมกับขยะพลาสติก

คุณสมบัติการประเมิน	แผ่นวัสดุไม้เทียมจากหญ้าแฟกร่วมกับขยะพลาสติกที่พัฒนา
คุณสมบัติการซึมน้ำ	(10.05%) มีค่าซึมน้ำน้อยกว่าไม้อัดแบบปกติมีความแข็งและทนทานการซึมน้ำได้ด้วยการแขวน 24 ชม.
คุณสมบัติการรับแรงดัน	(6.73 Mpa) มีความต้านทานแรงดันน้อยกว่าปกติเนื่องจากเส้นใยแฟกรีกและสันเนื่องจากการลอกเยื่อ
คุณสมบัติความชื้น	(5.94%) มีความชื้นน้อยและสามารถถ่ายความชื้นได้เร็วเนื่องจากตัวของเส้นใยมีความถึกและสัน
คุณสมบัติความแข็งดึง	(219.85 MPa) มีความแข็งดึงเนื่องจากตัวเส้นใยที่ใช้ในการอัดนั้นมีการประสานตัวกันได้ทันหนาแน่นมากกว่า
คุณสมบัติการรับแรงดันกระแทก	(2,551.49 N) มีความแข็งของพื้นผิวที่สูง เนื่องจากใช้เยื่อวัสดุดัดแทนไม้ที่มีขนาดเล็กทำให้กระบวนการกดกระแทกลดลง

วัสดุไม้เทียมจากแฟกร่วมขยะพลาสติกมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงในการรับแรงกดกระแทกและคุณสมบัติการซึมน้ำมีมาตรฐานที่ดี แต่คุณสมบัติรับแรงดันตัดเฉือนและคุณสมบัติการรับแรงดัน มีมาตรฐานที่ต่ำ

4.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของกระบวนการผลิตวัสดุไม้เทียมร่วมกับขยะพลาสติก โดยพบปัญหาในกระบวนการผลิต เช่น ปัญหาการลอกเยื่อซึ่งจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ความนำเทคโนโลยีการต้มด้วยหม้ออัดแรงดันเข้ามาร่วมใช้งานในกระบวนการผลิตลอกเยื่อไม้ และสามารถประดัดพลังงานในการต้มได้ หรือใช้กรรมวิธีการนำโซดาไฟที่ต้มแล้วนำกลับมาใช้งานใหม่โดยการใช้ตัวหม้อต้มเป็นระบบปิดมีห้องลับเพื่อที่จะแยกสารที่เหลือต้มครั้งต่อไป

5. ผลการวิจัย

5.1 ประเมินความพึงพอใจกับข้าวบ้านชุมชนในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเข้าหนินช้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริและผู้ทรงคุณวุฒิ $n=6$

ตารางที่ 6 ผลประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใหม่ ($n=6$)

ความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการผลิตใหม่	ผลการประเมิน		
	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. การประเมินพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม	4.33	0.52	มาก
2. การประเมินพึงพอใจด้านความมีเอกลักษณ์วัสดุ	4.83	0.41	มากที่สุด
3. การประเมินความพึงพอใจผู้ทรงคุณวุฒิต่อกระบวนการผลิต	4.67	0.52	มากที่สุด

สรุป เกณฑ์ประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ด้านความสวยงาม มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=4.33$, S.D.=0.52) เกณฑ์ประเมินความพึงพอใจด้านความมีเอกลักษณ์ของวัสดุสื่อสาร

ตัวตนขั้ดเจน มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}=4.83$, S.D.=0.41) เกณฑ์ประเมินความพึงพอใจผู้ทรงคุณวุฒิต่อกระบวนการผลิต มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}=4.67$, S.D.=0.52)

5.2 ประเมินค่าความพึงพอใจกับกลุ่มชุมชนที่มีต่อการถ่ายทอดความรู้เพื่อการต่อยอดทางความคิด ($n=28$)

เป็นขั้นตอนกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับชุมชนบ้านห้วยน้ำใส อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา เพื่อสร้างการเรียนรู้และส่งเสริมให้ชุมชนเห็นประโยชน์ของการเพาะปลูกหญ้าแฟกในพื้นที่เกษตรกรรมร่วมกับการนำเศษขยะพลาสติกที่มีในพื้นที่มาประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจได้อย่างเหมาะสมกับศักยภาพของชุมชน

ตารางที่ 7 ผลการประเมินค่าความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดความรู้ชุมชน ($n=28$)

ความพึงพอใจที่มีต่อกระบวนการผลิตที่พัฒนาใหม่ (ถ่ายทอด)	ผลประเมินค่าความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. ด้านผลการต่อยอดทางความคิดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์	4.16	0.36	มาก
2. ด้านความย่างในการที่ชาวบ้านจะสามารถนำไปใช้งานจริง	4.09	0.42	มาก
3. ด้านการสื่อสารและอุปกรณ์ที่ถ่ายทอดเผยแพร่ให้กับกลุ่มชุมชน	4.41	0.33	มาก

สรุปว่า ด้านผลการต่อยอดทางความคิดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=4.16$, S.D.=0.36) ด้านความย่างในการที่ชาวบ้านจะสามารถนำไปใช้งานจริง มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=4.09$, S.D.=0.42) ด้านการสื่อสารและอุปกรณ์ที่ถ่ายทอดเผยแพร่ให้กับกลุ่มชุมชน มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=4.41$, S.D.=0.33)

6. การอภิปรายผล

ผลการศึกษาทางด้านระดับของความพึงพอใจเกณฑ์และผู้ทรงคุณวุฒิ ในส่วนของความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการผลิตใหม่ มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักการการออกแบบของ ทรงวุฒิ เอกวุฒิวิวงศ [7] ที่กล่าวว่า วิธีการคิดอย่างมีระบบของนักออกแบบ (Systematic Method for Designers) ต้องอาศัยการพิจารณาปัญหาและการแก้ปัญหา โดยอาศัยขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ ธรรมชาติการออกแบบ สรุปเนื้อหาในวิธีการ การตรวจสอบเพื่อความชัดแจ้ง การสร้างสรรค์ ภาระของนักออกแบบ ซึ่งลักษณะการพัฒนากระบวนการผลิตจนถึงกระบวนการผลิตนั้นต้องอาศัยกระบวนการที่สามารถพัฒนา งานการออกแบบได้ชัดเจนและตอบสนองผู้บริโภคได้ ในส่วนผลพึงพอใจที่มีต่อกระบวนการผลิตใหม่ในส่วนของการถ่ายทอดความรู้ชุมชน [8] มีความเหมาะสมมาก ซึ่งมีความ

พึงพอใจด้านการสื่อสารและอุปกรณ์ที่ถ่ายทอดเผยแพร่ให้กับกลุ่มชุมชนที่ใช้กระบวนการพัฒนาใหม่ อีกทั้งมีการร่วมแสดงความคิดเห็นในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหญ้าแฝกจริง

7. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบวนการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก ควรมีการจัดทำแผนการส่งเสริมการเพาะปลูกและความรู้ให้กับกลุ่มชุมชนอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังต้องมีการพัฒนาและรองรับการใช้หญ้าแฝก ในด้านต่างๆ เช่นด้าน รูปแบบการณรงค์ส่งเสริม การเพาะปลูก ด้านความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมชุมชน ด้านการมีบทบาทร่วมกันของคนในชุมชน เพื่อให้เกิดการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืนทั้งวิถีชีวิตและเศรษฐกิจภายในชุมชน

การนำกระบวนการวิจัยพัฒนาการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกร่วมกับศ�权ชัยพลาสติกนี้สามารถถ่ายทอดให้กับกลุ่มชุมชนในพื้นที่ตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์กลุ่มอาชีพชุมชน เนื่องจากไม่ต้องอาศัยทักษะฝีมือมากนักและเป็นกระบวนการที่พัฒนาขึ้นมาจากการศึกษาของชุมชนเองเป็นผู้ร่วมพัฒนากระบวนการ และมีการถ่ายทอดกันโดยมีโครงสร้างการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดและเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มบันทึกเกษตรกรชาวนา. 2534. เทคนิคเกษตร. กรุงเทพฯ : ชัตมิการพิมพ์.
- [2] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540. วารสารผลผลิตไม้ผลทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร.
- [3] มนฑล ศาสนนันทน์. 2550. การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์วัตกรรมและวิศวกรรมย้อนร้อย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [4] พงศ์พันธุ์ วรสุนทร. 2532. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอช-เอ็น การพิมพ์.
- [5] อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์. กรุงเทพฯ : โอดีร์สโตร์.
- [6] เลิศลักษณ์ กลินหอม. 2555. แบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 11(2), น.193-195.
- [7] ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศ์. 2557. หลักการคิดวิเคราะห์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มีน เซอร์วิช ชัพพลาย จำกัด.
- [8] อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : โอดีนสโตร์.