นวัตกรรมวัสดุคอมโพสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

นางสาวจิรัชญา ดวงบุรงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INNOVATION OF COMPOSITE MATERIALS FROM RECLAIMED TIRE RUBBER

Miss Jiratchaya Duangburong

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Technopreneurship and
Innovation Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	นวัตกรรมวัสดุคอมโพสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม
โดย	นางสาวจิรัชญา ดวงบุรงค์
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ ตันตยานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง
	รองศาสตราจารย์ ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ ตันตยานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนิต ธงทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กฤตินี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. วิไลพร เจตนจันทร์)

จิรัชญา ดวงบุรงค์ : นวัตกรรมวัสดุคอมโพสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม (INNOVATION OF COMPOSITE MATERIALS FROM RECLAIMED TIRE RUBBER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. ศุภวรรณ ตันตยานนท์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. ธนิต ธงทอง, รศ. ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, 155 หน้า.

มลพิษที่เกิดจากยางล้อรถยนต์ใช้แล้วเป็นปัญหาที่สำคัญระดับโลกทั้งในปัจจุบันและในอนาคต เนื่องจากปริมาณยางล้อรถยนต์ใช้แล้วที่เพิ่มมากขึ้นทุกปีและยังไม่มีระบบการกำจัดขยะยางล้อรถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำยางล้อรถยนต์รีเคลมซึ่งทำมาจากยางล้อรถยนต์ใช้แล้วมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยได้ผสมและปรับสัดส่วนของยางล้อรถยนต์รีเคลม พอลิโพรพิลีน และขี้เลื่อย เป็นสูตรย่อยของสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเดิม รวมจำนวน 40 สูตร และวัดสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมพอสิตเหล่านี้ เพื่อเป็นข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนผสมกับสมบัติเชิงกลทำให้สามารถเลือกใช้สูตรส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่มีสมบัติตามต้องการได้

การศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยโดยการวิจัยแบบสำรวจและการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จำนวน 24 หน่วยงาน พบว่า มีการนำยางล้อรถยนต์ใช้แล้วไปใช้ประโยชน์หลายรูปแบบ ได้แก่ การใช้ซ้ำ การบดละเอียด การทำ ไพโรไลซิส และการใช้เป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่นำไปทำเป็นยางล้อรถยนต์รีเคลมมีอยู่ปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 3 และมียางล้อรถยนต์ใช้แล้วที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อยู่ถึงร้อยละ 63 จากกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากยางล้อรถยนต์รีเคลมสำหรับใช้งานประเภทต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง จำนวน 363 ราย พบว่า มีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่สามารถผลิตจากวัสดุคอมพอสิตเหล่านี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ส่วนประกอบและอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์ ผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่ออุปโภค และผลิตภัณฑ์เพื่อความปลอดภัยและการขนส่ง เป็นต้น เมื่อศึกษาความต้องการของผู้บริโภคด้วยการวิจัยเชิงปริมาณโดยการใช้แบบสอบถามและการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการสนทนาแบบกลุ่ม พบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเป็นตลาดใหญ่และมีมูลค่าสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ คือ ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอก ประกอบรั้ว ทำประตู หน้าต่าง และหลังคา

หลังจากการประเมินเทคโนโลยีและการตลาดโดยใช้เครื่องมือแบบถ่วงน้ำหนักร่วมกับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี การตลาด และการผลิต พบว่า ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ซึ่งมีสมบัติเชิงกลและกายภาพที่ดีกว่าสินค้าใกล้เคียงในท้องตลาดนั้น มีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เมื่อใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การทดลองผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรมเพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ การทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์เพื่อวางกลยุทธ์ทางธุรกิจ และการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม โดยการใช้แบบสอบถาม จำนวน 797 ราย แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อ ได้ยื่นจดสิทธิบัตรสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม และได้ประเมินมูลค่าที่ก่อให้เกิดรายได้ซึ่งคำนวณมูลค่าปัจจุบันของรายได้ที่เป็นกระแสเงินสด โดยให้ใช้สิทธิเทคโนโลยีแบบไม่จำกัดแต่เพียงผู้เดียว เป็นมูลค่า 3,301,780.46 บาท และค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยีคิดเป็นร้อยละ 3 ของรายได้

สาขาวิชา ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5387878820 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORDS: TIRE WASTE / RECLAIMED TIRE RUBBER / COMPOSITES / INNOVATION PROCESS / NEW PRODUCT DEVELOPMENT / FUZZY FONT END PROCESS

JIRATCHAYA DUANGBURONG: INNOVATION OF COMPOSITE MATERIALS FROM RECLAIMED TIRE RUBBER. ADVISOR: PROF. SUPAWAN TANTAYANON, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. TANIT TONGTHONG, Ph.D., ASSOC. PROF. DR. PARITUD BHANDHUBANYONG, 155 pp.

Pollution caused by used tires is a serious global problem at the present and in the future due to the increasing amount of used tires every year and a lack of efficient tire waste management programs. In this research, the feasibility study on utilization of reclaimed tire rubber made from used tires for a new product development. By blending and varying the composition of reclaimed tire rubber, polypropylene and sawdust from the original formulation of the composite materials from reclaimed tire rubber, 40 formulations were obtained and their mechanical properties were measured. The correlation of the material composition of each formulation and its mechanical properties could be used for the correct formulation selection to produce the innovative products with desired properties.

According to a study on the status of tires in Thailand by observation survey and in-depth interview research from 24 stakeholders, used tires were taken for several utilizations, including reuse, grinding, pyrolysis and fuel, but less than 3 percent of all used tires were used to make reclaimed tire rubber while 63 percent of all used tires were left unused. With the Fuzzy Front End process for a new product development from reclaimed tire rubber for various applications by comparing to the mechanical properties of existing products in the market, using questionnaire and semi-structural interview from 363 members, it was found that many products could be made from these composite materials. They were construction products, automotive parts and accessories, plastic consumer products, and safety and logistic products. In addition, the study on consumer needs was explored in a target group using quantitative research by questionnaire and qualitative research by focus group method and found that a new product development in construction products was the huge market and high value. The interesting product was the wood composite products for outdoor use like flooring, fence, window, door and roof.

After the technology and market evaluation by weighted scoring method together with technology, market and operation feasibility, it was found that the wood composite product for outdoor flooring made from reclaimed tire rubber, which had better mechanical and physical properties than the similar products existing in the market, was suitable for a new product development. With New Product Development process, engineering design analysis methods with Finite Element, pilot production on an industrial scale for prototyping, product testing according to industrial standards, analysis for business strategies and innovative products acceptance testing with 797 questionnaires, showed that the wood composite product for outdoor flooring from reclaimed tire rubber was the innovative product that attracted the purchasers. The formulation of composite materials from reclaimed tire rubber was patented and registered with value evaluation by income approach based on its current value in cash flow. It is suggested that the non - exclusive licensing should be applied in this case with the value at 3,301,780.46 Baht. The Royalty Fee is subject to 3% of its revenue.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Technopreneurship and Innovation Management	Student's Signature	----------
		Advisor's Signature	----------
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature	----------
		Co-Advisor's Signature	----------

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แบบบูรณาการแก่ข้าพเจ้า กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ ตันตยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.เรวัต ตันตยานนท์ ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ต่างๆ กระบวนทัศน์ความคิด กระบวนการทำงาน และประสบการณ์ที่มีคุณค่ายิ่งต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์และการศึกษาในระดับดุษฎีบัณฑิตให้แก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตากรุณา และสละเวลาให้คำปรึกษาอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาของการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ และขอระลึกถึงพระคุณของท่านด้วยความเคารพรักตลอดไป

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย รองศาสตราจารย์ ดร.กฤตินี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์ และ ดร.วิไลพร เจตนจันทร์ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย) ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบ และกรุณาให้ข้อแนะนำต่างๆ เพื่อการปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดในวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้เชียวชาญในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ผู้ประกอบการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาทั้งภาครัฐและเอกชนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ที่กรุณาให้คำแนะนำ อนุญาตให้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ เอื้อเฟื้อในการส่งผลิตภัณฑ์วิเคราะห์ทดสอบคุณสมบัติ ขอขอบคุณสำหรับทุกๆ ความคิดเห็นจากการสัมภาษณ์ซึ่งนับได้ว่ามีประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบพระคุณโครงการสนับสนุนนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต และโครงการทุนจุฬาฯ พอเพียง ที่สนับสนุนทุนวิจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบพระคุณคณาจารย์ และเพื่อนนิสิตดุษฎีบัณฑิตหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรมรุ่น 4 ทุกท่าน ที่สนับสนุนและช่วยเหลือในตลอดระยะเวลาการศึกษาปริญญาเอก ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนกัลยาณมิตรทุกท่านทั้งที่ได้เอ่ยนามและมิได้เอ่ยนามที่มีส่วนต่อการเข้ามาศึกษาในครั้งนี้ของข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ สามี (ดร.สุรอรรถ ศุภจัตุรัส) พี่ชาย และน้องชายที่คอยให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางที่มีคุณค่า คอยให้กำลังใจ และเอื้อเฟื้อสนับสนุนการทำงานที่เกี่ยวข้องเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณความดีทั้งหมดให้แด่คณาจารย์ ครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพรัก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ฎ

สารบัญตาราง ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 กรอบแนวคิด 6

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 7

1.5 คำสำคัญของการวิจัย 8

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมและนวัตกรรมกรีน 10

2.1.1 นวัตกรรม (Innovation) 10

2.1.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ของโลกทางด้านนวัตกรรมกรีน 12

2.1.3 นโยบาย สภาวการณ์ และแนวโน้มนวัตกรรมกรีนของประเทศไทย 15

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 19

2.2.1 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development; NPD) 19

2.2.2 กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE) 23

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นำทางเทคโนโลยี 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.4 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับยางล้อรถยนต์รีเคลม 26
2.4.1 ยางล้อรถยนต์.....26
2.4.2 การนำยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่.....30
2.4.3 ยางล้อรถยนต์รีเคลม (Reclaimed tire rubber; RTR).....33
2.5 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิต 39
2.5.1 นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิต 39
2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุคอมพอสิตยางรีเคลม 41
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 44
3.1. ระยะที่ 1 การพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม.....44
3.2 ระยะที่ 2 การศึกษาสถานะของยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย 48
3.3 ระยะที่ 3 กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิต จากยางล้อรถยนต์รีเคลม.....49
3.4 ระยะที่ 4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม....49
3.5 ระยะที่ 5 การวิเคราะห์ตลาด กำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สิน ทางปัญญา 53
3.6 ขอบเขตของเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....54
บทที่ 4 ผลการพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม 55
4.1 ผลการพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม 55
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน 57
4.3 ผลการพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสม 59
บทที่ 5 ผลการศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย.....62
5.1 ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง.....62
5.2 ผลการศึกษาวิเคราะห์ สัมภาษณ์ และสังเกตการณ์กลุ่มตัวอย่าง 63
5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์ 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.3.1 เทคโนโลยีการแปรรูปด้วยการเจาะและกดขึ้นรูป (Punched & Stamped) 71
5.3.2 เทคโนโลยีการบดให้เป็นผง (Grinding).....72
5.3.3 เทคโนโลยีการเผาไหม้เพื่อให้ได้พลังงานทดแทน (Incineration) 73
5.3.4 เทคโนโลยีการดีวัลคาไนเซชั่น (Devulcanization).....74
5.4 แผนที่นำทางเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม.....74
บทที่ 6 การคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิต จากยางล้อรถยนต์รีเคลม.....78
บทที่ 7 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม.....86
7.1 กระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ (Idea Generation).....86
7.2 กระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิด (Screening and Evaluation) 91
7.3 กระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบ (Concept Development and Testing).....94
7.4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development)..... 103
7.5 กระบวนการทดสอบ (Testing) 112
7.5.1 การทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์..... 112
7.5.2 การทดสอบการติดตั้งผลิตภัณฑ์ 115
บทที่ 8 การวิเคราะห์ตลาด กำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา..... 120
8.1 การวิเคราะห์ตลาดและกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ..... 120
8.1.1 ผลิตภัณฑ์ 120
8.1.2 การวิเคราะห์ตลาด (Market Analysis)..... 121
8.1.3 การวิเคราะห์คู่แข่ง (Competitor Analysis)..... 122
8.1.4 การตัดสินใจเลือกซื้อนวัตกรรม 122
8.1.5 กำหนดกลยุทธ์ธุรกิจ..... 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 9 ข้อสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 136
9.1 ข้อสรุปงานวิจัย 136
9.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัย 138
9.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 138
รายการอ้างอิง 140
ภาคผนวก 144
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 155

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แนวโน้มปริมาณยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วของโลก 1
รูปที่ 2 สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไทย (ยางล้อรถยนต์) พ.ศ. 2554 - 2558 3
รูปที่ 3 ส่วนประกอบยางล้อรถยนต์ 4
รูปที่ 4 กรอบแนวคิด 6
รูปที่ 5 4Ps of Innovation Space 11
รูปที่ 6 PPP ecosystem : Profit, Planet and People 13
รูปที่ 7 เกณฑ์การประเมินในการออกเครื่องหมายรับรอง “LEED” 18
รูปที่ 8 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPD) 20
รูปที่ 9 กระบวนการทางนวัตกรรมแสดงให้เห็นส่วนการคัดกรองแนวคิด 23
รูปที่ 10 ส่วนประกอบหลักของยางล้อรถยนต์ (Tire Component) 26
รูปที่ 11 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ cis-1,4-polyisoprene 28
รูปที่ 12 โครงสร้างโมเลกุลของยางสไตรีน-บิวทาไดอีน 29
รูปที่ 13 โครงสร้างโมเลกุลของยางพอลิบิวทาไดอีน 29
รูปที่ 14 ยางผงที่ได้จากการร่อนผ่านตระแกรงขนาดต่างๆ 31
รูปที่ 15 การสลายตัวของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน 32
รูปที่ 16 โครงสร้างโมเลกุลยาง (ก) ก่อนการรีเคลม (ข) หลังการรีเคลม 33
รูปที่ 17 โครงสร้างของสารรีเคลม (ก) ไดแอริลไดซัลไฟด์ และ (ข) ไดฟีนอลไดซัลไฟด์ 36
รูปที่ 18 การดีวัลคาไนซ์โดยกระบวนการรีเคลมเมเตอร์ 37
รูปที่ 19 เครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC 45
รูปที่ 20 การผสมของผสมด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 30 นาที 55
รูปที่ 21 การขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดเครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน 56
รูปที่ 22 การขึ้นรูปชิ้นงานสูตรส่วนผสมละ 30 ชิ้น โดยใช้แม่พิมพ์ดัมเบล 57

รูปที่ 23 สัดส่วนการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย พ.ศ.2555-2558.....67
รูปที่ 24 วัฏจักรขยะยางล้อรถยนต์และเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อการบริหารจัดการ 70
รูปที่ 25 การนำขยะยางล้อรถยนต์มาแปรรูปและดัดแปลงให้เป็นอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น 71
รูปที่ 26 การแปรรูปขยะยางล้อรถยนต์ด้วยการเจาะและกดขึ้นรูป.....72
รูปที่ 27 แผนภาพเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ของประเทศไทย (ที่ได้จากงานวิจัยนี้) 75
รูปที่ 28 ความเป็นไปได้ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ 81
รูปที่ 29 วิเคราะห์ตลาดของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง (พ.ศ.2557).....82
รูปที่ 30 โมเดลปัจจัยเงื่อนไขภายใต้ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากโปรแกรม Nvivo 11.....90
รูปที่ 31 รอยตำหนิในเนื้อไม้ 97
รูปที่ 32 รอยร้าวชนิดต่างๆ ของไม้ 98
รูปที่ 33 ตาไม้ชนิดต่างๆ ที่ทำให้ทิศทางแนวเสี้ยนสะดุด 98
รูปที่ 34 ข้อจำกัดของไม้เทียม (ไม้พลาสติก) หลังติดตั้ง 1 ปี 101
รูปที่ 35 ข้อจำกัดของไม้เทียม (ไม้ซิเมนต์) หลังติดตั้ง 1 ปี 102
รูปที่ 36 กำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Product Positioning)..... 102
รูปที่ 37 การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ร่วมกัน (Conjoint Analysis)..... 103
รูปที่ 38 การทดสอบการขึ้นรูปและคุณสมบัติในระยะ pre-upscaling ด้วยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์..... 104
รูปที่ 39 โรงงานกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลองผลิตไม้คอมพอสิตเพื่อใช้ในการ upscaling..... 105
รูปที่ 40 ผังแสดงกระบวนการผลิต..... 106
รูปที่ 41 ผังของโรงงานผลิต..... 106
รูปที่ 42 แผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) 111
รูปที่ 43 ต้นแบบชิ้นงานที่ผลิตได้ในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรม..... 112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 44 การทดสอบการเลื่อย การตอกและถอนตะปู ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 115
รูปที่ 45 การทดสอบการขันสกรู 116
รูปที่ 46 การทดสอบการดัดโค้งงอ ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ 117
รูปที่ 47 การทดสอบก่อนการติดตั้งโดยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรม 118
รูปที่ 48 การทดสอบการติดตั้ง 118
รูปที่ 49 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม 120
รูปที่ 50 ผลการวิเคราะห์ Structural equation model from LISREL 8.10 128
รูปที่ 51 ตัวอย่างการประเมินมูลค่าของทรัพย์สินออกมาแบบ Income Approach ด้วยวิธี Discount Cash Flow (DCF) 133
รูปที่ 52 การประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาของแผ่นไม้คอมพอสิต 134

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสมของประเทศไทย 2

ตารางที่ 2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนานวัตกรรมกรีนต่อการประกอบธุรกิจและองค์กร 14

ตารางที่ 3 การจัดกลุ่ม TRM ตามวัตถุประสงค์และประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ 25

ตารางที่ 4 การแบ่งกลุ่มและตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของยางผง 31

ตารางที่ 5 สูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ 46

ตารางที่ 6 สูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP) 47

ตารางที่ 7 จำนวนประชากรและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ของ Krejcie and Morgan (1970) 50

ตารางที่ 8 ผลทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ 57

ตารางที่ 9 ผลทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบฉีดด้วยการวัลคาไนซ์ระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP) 58

ตารางที่ 10 ผลการพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสม 59

ตารางที่ 11 กลุ่มตัวอย่างผู้ให้สัมภาษณ์ 62

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาวิเคราะห์ สัมภาษณ์ และสังเกตการณ์กลุ่มตัวอย่าง 63

ตารางที่ 13 ปริมาณการผลิตยางล้อรถยนต์ของประเทศไทย พ.ศ. 2558 66

ตารางที่ 14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางรถยนต์รีเคลม 79

ตารางที่ 15 สถานะของผู้ตอบแบบสอบถามและให้การสัมภาษณ์ 88

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อหาความสัมพันธ์ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 363 คน 89

ตารางที่ 17 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินเทคโนโลยี โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring 93
ตารางที่ 19 การประเมินแนวคิดภาพรวม ตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางเทคโนโลยีและปัจจัยทางการการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring 93
ตารางที่ 20 การแบ่งประเภทของไม้โดยอ้างอิงค่าความแข็งแรง 95
ตารางที่ 21 รายละเอียดเฉพาะของกลุ่มสินค้าไม้ประกอบสำเร็จรูป 105
ตารางที่ 22 รายละเอียดของสัญลักษณ์หลักของผังโรงงานการผลิต ในภาพที่ 53 107
ตารางที่ 23 รายละเอียดของสัญลักษณ์รองของผังโรงงานการผลิต ในภาพที่ 51 107
ตารางที่ 24 ผลการทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ 113
ตารางที่ 25 เปรียบเทียบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ 114
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบราคาเฉลี่ยของไม้แต่ละประเภทจากการสำรวจตลาด 122
ตารางที่ 27 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสำรวจ 125
ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยแต่ละด้านและค่า Cronbach's Alpha 126
ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ค่า Cronbach's Alpha และค่า AVE ของโมเดลการวัด 126
ตารางที่ 30 ค่าสถิติและเกณฑ์ในการประเมินโมเดลสมการโครงสร้าง 127
ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เส้นทางและการทดสอบสมมติฐานการวิจัย 128
ตารางที่ 32 ตัวอย่างรายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 132

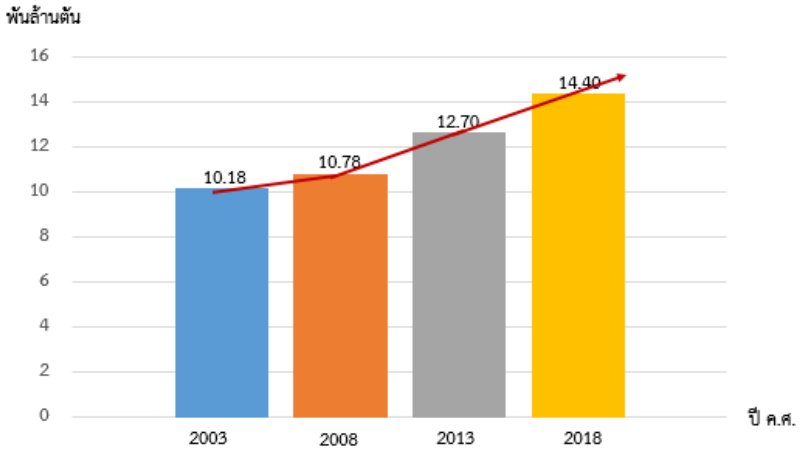
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ของโลก (Megatrend) ส่งผลให้เกิดความตระหนักทางด้านนวัตกรรมกรีน (Green innovation) ในรูปแบบของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมกระบวนการ หรือนวัตกรรมรูปแบบธุรกิจที่คำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Breno, 2011) หลักการสำคัญประการหนึ่งของนวัตกรรมกรีน ได้แก่ การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมถึงกระบวนการในการผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด (Klassen and Whybark, 1999) และด้วยความตระหนักทางด้านนวัตกรรมกรีน พบว่าผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องมาจากการใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นทรัพยากรจากปิโตรเคมีซึ่งนับวันจะลดลงจนเข้าสู่ภาวะขาดแคลนได้ในอนาคตอันใกล้ เพื่อตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ และข้อจำกัดทางด้านอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์ทำให้ให้ยางล้อรถยนต์กลายเป็นสินค้าสิ้นเปลืองทั้งในภาคอุตสาหกรรมและครัวเรือน (Wilson, 2013)



รูปที่ 1 แนวโน้มปริมาณยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วของโลก

ที่มา: Trevor.M. (2011)

จากรูปที่ 1 ปริมาณยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วของโลกเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ทางด้านพาหนะเพื่อใช้ในการคมนาคมและการขนส่ง (Trevor.M., 2011)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสมของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2550 – 2558 โดยกรมการขนส่งทางบก (2559) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณรถยนต์เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตามปริมาณความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือน กันยายน พ.ศ. 2554 – ธันวาคม พ.ศ. 2555 ที่มีการประกาศนโยบาย “รถคันแรก” ของรัฐบาลกระตุ้นอุตสาหกรรมรถยนต์ให้กลับมาขยายตัวอีกครั้งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์ขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างปี พ.ศ.2556 – 2558 โดยมีปริมาณรถยนต์เพิ่มขึ้นและมียอดรอการจดทะเบียนรถยนต์อีกเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง

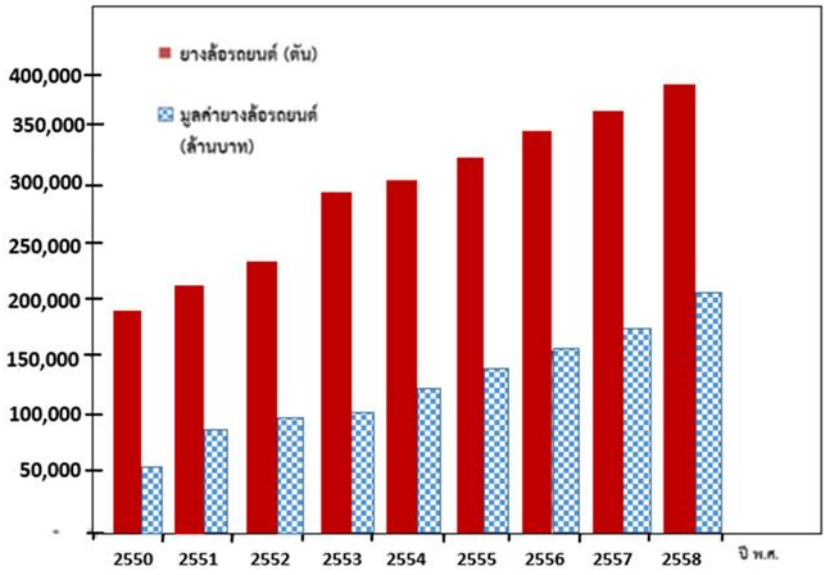
ตารางที่ 1 จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสมของประเทศไทย

หน่วย:คัน

ปี พ.ศ.	กทม.	ภูมิภาค	ทั่วประเทศ	ร้อยละ (เพิ่ม,ลด)
2550	5,715,078	19,903,369	25,618,447	3.3
2551	5,914,696	20,505,657	26,420,353	3.1
2552	6,103,719	21,080,858	27,184,577	2.9
2553	6,444,631	22,040,198	28,484,829	4.8
2554	6,849,213	23,345,724	30,194,937	6.0
2555	7,361,024	24,078,619	31,439,643	4.1
2556	8,047,392	25,472,783	33,520,175	6.6
2557	8,476,590	26,205,221	34,681,811	3.5
2558	8,840,195	26,706,319	35,546,514	2.5

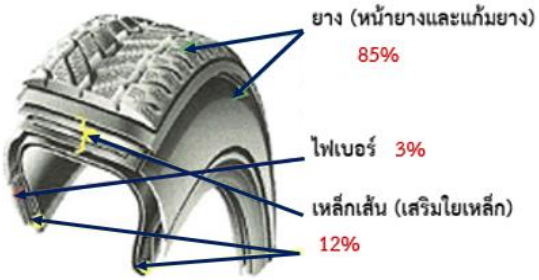
ที่มา: กรมการขนส่งทางบก (2559)

ภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2553 และแนวโน้มปี 2554 ของอุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2554) พบว่า ปริมาณยางล้อรถยนต์ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยโดยรวมในปี 2550 มีประมาณ 23 ล้านเส้น (196,000 ตัน) และเพิ่มขึ้นเป็น 26 ล้านเส้น (221,565 ตัน) ในปี พ.ศ. 2554 ที่ผ่านมา และเป็นยางล้อรถยนต์ที่ใช้ในประเทศถึงร้อยละ 76 ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมไทย (ยางล้อรถยนต์) พ.ศ. 2554 - 2558
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2554)

ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้แห่งสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2552) และ Shulman (2011) รายงานว่า ยางล้อรถยนต์ปัจจุบัน (รูปที่ 3) ประกอบด้วย ยางสัดส่วนร้อยละ 85 โดยน้ำหนัก เหล็กเส้น (เสริมใยเหล็ก) ร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และไฟเบอร์อีกร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก หากพิจารณาในทางเคมี ยางล้อรถยนต์ 1 เส้น ประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอนในสัดส่วนร้อยละ 51 โดยน้ำหนัก คาร์บอนแบล็กร้อยละ 26 โดยน้ำหนัก น้ำมันร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก ออกไซด์ของสังกะสีร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก กำมะถันร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และสารประกอบทางเคมีอื่นๆ ในส่วนที่เหลือ ด้วยปริมาณสัดส่วนยางถึงร้อยละ 85 ต่อยางล้อรถยนต์ 1 เส้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำวัสดุยางล้อรถยนต์ดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่โดยเน้นการเพิ่มมูลค่าและการบริหารจัดการยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ (Shulman, 2011)



รูปที่ 3 ส่วนประกอบยางล้อรถยนต์
ที่มา: ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้แห่งสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2552) และ Shulman (2011)

โดยทั่วไปอายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แม้ว่าโดยปกติจะมีการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์ทุกๆ 2-3 ปี หรือเมื่อขับขี่ครบ 50,000 กิโลเมตร สิ่งที่เป็นผลตามมาจากการบริโภคยางล้อรถยนต์ในปริมาณมหาศาลของประเทศคือ การจัดการยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วในอัตราเฉลี่ยปีละกว่า 85,000 ตัน โดยในประเทศไทยได้มีการนำยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วกลับไปใช้ประโยชน์เพียงปีละประมาณ 25,000 ตัน เท่านั้น (ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้แห่งสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2552) ซึ่งหมายถึงว่าปริมาณที่เหลืออีก 60,000 ตัน (วงกต วงศ์อภัย, 2550) จะถูกนำไปทิ้งในที่ต่างๆ อันนำไปสู่ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และเนื่องมาจากคุณสมบัติของยางล้อรถยนต์เป็นยางที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้ว มีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมเซตไม่สามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ ทำให้การรีไซเคิลหรือการนำยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ทำได้ยาก และจะกลายเป็นขยะที่ย่อยสลายยากหรือไม่สามารถย่อยสลายได้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมหากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปปัญหาได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาจากปริมาณการผลิตและการใช้ยางล้อรถยนต์ในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่เพิ่มจำนวนสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น และในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษา เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงลึกที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีและระบบการจัดการขยะยางล้อรถยนต์

2. ประเทศไทยยังขาดเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมและการพัฒนานวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์เพื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในระดับโลกรวมทั้งยังขาดการวิเคราะห์แบบบูรณาการในมิติต่างๆ เช่น มิติทางด้านเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา การตลาด ธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง ตามความสามารถและศักยภาพของประเทศไทย เพื่อวางกลยุทธ์ทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสม

3. ขยะยางล้อรถยนต์ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการจัดการที่ถูกวิธีแล้วจะส่งผลให้เกิดมลพิษได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปัญหาการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ได้รับความสนใจจากทั้ง

ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และจากนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทั่วโลก

4. ในปัจจุบันถึงแม้ว่าจะมีแนวโน้มการวิจัยและพัฒนารีไซเคิลขยะยางล้อรถยนต์อย่างกว้างขวาง แต่การศึกษาวิจัยในเรื่องการสร้างนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และสังคมที่ตอบสนองความต้องการของตลาดอย่างแท้จริงยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะยางล้อรถยนต์ โดยมุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และสังคมที่ตอบสนองความต้องการของตลาดอย่างแท้จริง ผ่านกระบวนการบริหารเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรมโดยการเก็บข้อมูลวิจัยเชิงลึก ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องแบบบูรณาการบนพื้นฐานความสามารถของประเทศทั้งทางด้านความเข้มแข็งทางการวิจัยและพัฒนา ความเข้มแข็งของเทคโนโลยีพื้นฐานและประยุกต์ ความเข้มแข็งทางด้านโครงสร้างพื้นฐาน ได้แก่ วัตถุดิบ บุคลากร เงินทุน การตลาดและธุรกิจ รวมทั้งนโยบายภาครัฐและอุตสาหกรรมให้สามารถสร้างกลยุทธ์ในการบริหารเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

1.2.2 เพื่อศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย

1.2.3 เพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

1.2.4 เพื่อประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

1.2.5 เพื่อวิเคราะห์ตลาด กำหนดกลยุทธ์ธุรกิจ และบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา

โดยขอบเขตของงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยี (Technology) นวัตกรรม (Innovation) และการจัดการ (Management) ในการวิจัย ระบุได้ ดังนี้

- **เทคโนโลยี (Technology)** คือ การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม โดยเป็นการเพิ่มมูลค่าและมีการใช้ประโยชน์สูงสุดโดยพิจารณาจากศักยภาพของประเทศไทยและความต้องการของตลาดในการพัฒนาเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีการ

วัลคาไนซ์และการดีวัลคาไนซ์ เทคโนโลยีปิโตรเคมีและพอลิเมอร์ เทคโนโลยีทางด้านวัสดุศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

- **นวัตกรรม (Innovation)** คือ การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมโดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมซึ่งเป็นการนำวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมาประกอบกัน สร้างเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ประกอบด้วยสถานะเสริมแรง (Reinforce phase) และเนื้อประสาน (Matrix) เพื่อทำให้เกิดโครงสร้าง 3 มิติ โดยมีคุณสมบัติทางด้านวัสดุศาสตร์ที่เหมาะสม เช่น ค่าความแกร่งและแข็งสูง ความถ่วงจำเพาะต่ำ นำมาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีและสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นสูง และมีคุณสมบัติทางกลที่ดี โดยคุณสมบัติที่โดดเด่นของวัสดุคอมพอสิตใหม่นี้ส่งผลให้เป็นที่น่าสนใจและเป็นที่ต้องการในตลาดประเทศไทยและตลาดโลก
- **การจัดการ (Management)** คือ กระบวนการจัดการขยะยางล้อรถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ มีการนำเครื่องมือในการวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม รวมถึงการบริหารจัดการธุรกิจเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ถูกต้องเหมาะสมตรงกับความต้องการของตลาดและอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.3 กรอบแนวคิด

รูปที่ 4 กรอบแนวคิด

รูปที่ 4 แสดงกรอบแนวคิด ประกอบด้วย 5 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมโดยเป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental research)

ระยะที่ 2 การศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยโดยการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเพื่อศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย เช่น ปริมาณขยะยางล้อรถยนต์ การบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง โดยการวิจัยแบบสำรวจ (Observation survey) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

ระยะที่ 3 การประยุกต์ใช้กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อสรุปแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมโดยการวิเคราะห์โอกาส (Opportunity identification) เช่น ความเป็นไปทางด้านเทคโนโลยี ความเป็นไปได้ทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดและธุรกิจ

ระยะที่ 4 การประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรมของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมและทดสอบคุณสมบัติต้นแบบผลิตภัณฑ์ ตามขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามทฤษฎีกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม (Booz, Allen & Hamilton,1982) โดยเป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental research) และทดลองผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรม

ระยะที่ 5 การวิเคราะห์ตลาด การกำหนดกลยุทธ์ธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตเนื้อหาในการวิจัย

- ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีจากรายงานทางวิชาการ งานวิจัย บทความเกี่ยวกับเทคโนโลยี นิตยสารที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ รวมทั้งการวิจัยเชิงการสำรวจและการสอบถามเชิงลึก
- ศึกษาวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทย โดยพิจารณาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีไปสู่การสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์วัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

- ศึกษารูปแบบความต้องการและพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายต่อนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม
- ศึกษาความต้องการและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

1.4.2 ขอบเขตประชากรที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มประชากร : ประชากรในประเทศไทยเกี่ยวข้องกับขยะยางล้อรถยนต์ทั้งในส่วนของการผลิตและส่วนของการนำขยะยางล้อรถยนต์ไปใช้ใหม่

กลุ่มตัวอย่าง : บริษัทหรือหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับขยะยางล้อรถยนต์ทั้งในส่วนของการผลิตและส่วนของการนำขยะยางล้อรถยนต์ไปใช้ใหม่

1.4.3 ขอบเขตเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559

1.5 คำสำคัญของการวิจัย

นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม (Innovative composite material product from reclaimed tire rubber), นวัตกรรมกรีน (Green Innovation), วัสดุคอมพอสิต (Composite materials) ยางล้อรถยนต์รีเคลม (Reclaimed tire rubber), การรีไซเคิลยางล้อรถยนต์ (Tire rubber recycle), ขยะยางล้อรถยนต์ (Tire waste)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

16.1 ได้องค์ความรู้และกระบวนการทางด้านการบริหารจัดการเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับขยะยางล้อรถยนต์

16.2 ได้องค์ความรู้ในการพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่างๆ

16.3 ได้ทราบข้อมูลและปัจจัยต่างๆ ในเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ รวมทั้งผลการประเมินศักยภาพของประเทศไทยในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับขยะยางล้อรถยนต์ซึ่งเป็นการสร้างนวัตกรรมกรีนโดยใช้ทฤษฎีตามหลักวิชาการ

16.4 ได้องค์ความรู้ในการประยุกต์ใช้กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

16.5 ได้องค์ความรู้ในการประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

16.6 ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

16.7 ได้ผลการวิเคราะห์ตลาด การกำหนดกลยุทธ์ธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมและนวัตกรรมกรีน

2.1.1 นวัตกรรม (Innovation)

เนื่องจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรม จึงได้ทบทวนและสรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการวิจัยเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางรถยนต์รีเคลม โดยมีแนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญ ดังนี้

นวัตกรรมเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการพัฒนาทั้งในระดับเศรษฐกิจมหภาคและจุลภาค (Schumpeter, 1951) โดยในระดับจุลภาคนั้นหมายถึงต้องมีกลยุทธ์ในการสร้างนวัตกรรมระดับองค์กรเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจที่ยั่งยืนเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและลูกค้า (Hamel, 2000)

Drucker (1985) ให้ความหมายคำว่า "นวัตกรรม" ว่าเป็นการสร้างสิ่งใหม่ หรือการทำให้แตกต่างจากคนอื่น โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงมาสร้างให้เป็นโอกาส และต้องมีความชัดเจน และมุ่งเน้นถึงการพัฒนา และที่สำคัญคือต้องมีการลงมือกระทำ นวัตกรรมจึงจะเกิดขึ้น

ดังนั้น นวัตกรรม หมายถึงความคิด การปฏิบัติ หรือสิ่งใหม่ๆ ดังต่อไปนี้

1. สิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีผู้ใดเคยทำมาก่อนเลย
2. สิ่งใหม่ที่เคยทำมาแล้วในอดีตแต่ได้มีการรื้อฟื้นขึ้นมาใหม่
3. สิ่งใหม่ที่มีการพัฒนามาจากของเก่าที่มีอยู่เดิม

โดยเมื่อนำนวัตกรรมมาใช้จะช่วยให้การทำงานนั้นได้ผลดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าเดิมทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและแรงงานได้ด้วย รวมถึงเพื่อให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของกิจกรรมเชิงพาณิชย์ และก่อให้เกิดรายได้และผลกำไรกลับคืนสู่บริษัทในที่สุด

Rogers (1995) ได้ให้ความหมายว่านวัตกรรม คือ ความคิด การกระทำ หรือสิ่งที่บุคคลหรือคนกลุ่มหนึ่งยอมรับว่าเป็นสิ่งใหม่

Smith (2010) ได้แบ่งรูปแบบนวัตกรรมออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

Product Innovation หมายถึง นวัตกรรมในรูปแบบผลิตภัณฑ์

Service Innovation หมายถึง นวัตกรรมในรูปแบบบริการ

Process Innovation หมายถึง นวัตกรรมในรูปแบบกระบวนการ

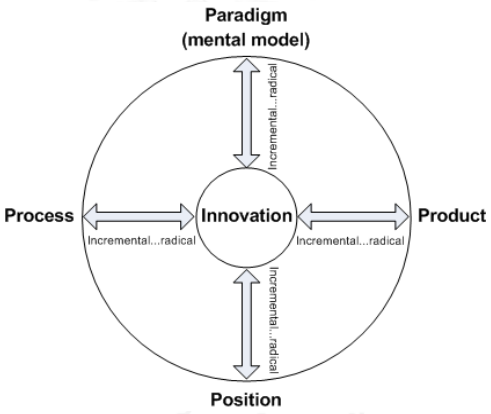
Tidd and Bessant (2009) ได้แบ่งประเภทของนวัตกรรมได้เป็น 4 ประเภท (‘4Ps’ of innovation) ดังนี้

1. นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์ (Product innovation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และบริการที่องค์กรนำเสนอให้กับลูกค้า

2. นวัตกรรมด้านกระบวนการ (Process innovation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวกับวิธีการผลิตหรือกระบวนการนำนวัตกรรมสู่เชิงพาณิชย์

3. นวัตกรรมด้านการนำเสนอสินค้า (Position innovation) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งสินค้าหรือบริการที่เคยออกสู่ตลาดมาแล้ว ให้เกิดการรับรู้ใหม่

4. นวัตกรรมด้านกรอบความคิด (Paradigm innovation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกรอบความคิด (Change in mental model) ไปสู่สิ่งใหม่



รูปที่ 5 4Ps of Innovation Space

ที่มา: Tidd and Bessant (2009)

จากรูปที่ 5 นวัตกรรมทั้ง 4 ประเภทนั้น (4Ps of Innovation) สามารถเกิดได้ทุกระดับของความเป็นนวัตกรรม ตั้งแต่นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental innovation) จนถึงนวัตกรรมแบบก้าวกระโดด (Radical innovation) อธิบายได้ว่าพื้นที่วงกลมในรูปนั้น หมายถึงพื้นที่แต่ละองค์กร หน่วยงาน หรือประเทศสามารถพัฒนานวัตกรรมประเภทต่างๆ ได้ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพิจารณาปัจจัยทางเทคโนโลยี นวัตกรรม ธุรกิจ การตลาด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์และกำหนดกลยุทธ์นวัตกรรมที่เหมาะสม

จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมข้างต้น ในงานวิจัยจะประยุกต์ใช้นิยามนวัตกรรม รูปแบบนวัตกรรม และ 4Ps of Innovation ในการวิเคราะห์และกำหนดกลยุทธ์

นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมของประเทศไทย โดยนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนั้นจะมีความใหม่ (newness) และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ (Implementation) ทั้งในเชิงพาณิชย์ (commercialization) และ/หรือ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมโดยรวม

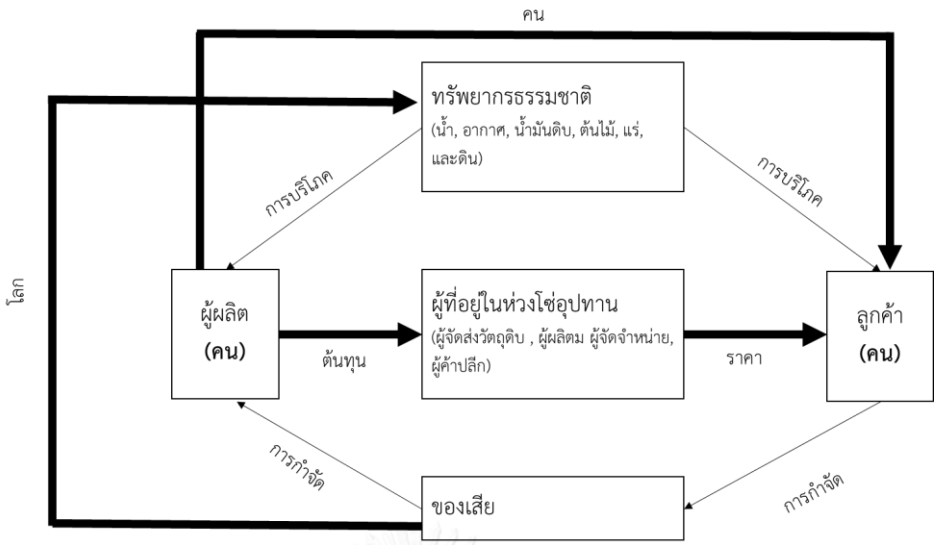
2.1.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ของโลกทางด้านนวัตกรรมกรีน

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ได้เห็นความสำคัญทางด้านการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดนโยบายทางด้านนวัตกรรมกรีนเป็นแนวทางในการดำเนินงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม พ.ศ. 2555 – 2564 ซึ่งประเทศไทยได้มีการกำหนดกลยุทธ์องค์กรทั้งภาคเอกชนและภาครัฐทางด้านนวัตกรรมกรีนเพื่อให้ตรงกับแนวโน้มของโลกทางด้านนวัตกรรมกรีน ตระหนักถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากส่วนประกอบของคำหลักที่พบมากในการทบทวนวรรณกรรมทางด้านนวัตกรรมกรีนและการกล่าวถึงในบริบทของนวัตกรรมกรีนอย่างแพร่หลายและในบริบทที่เป็นวงกว้างอาจทำให้เกิดความสับสนในเรื่องการนิยามของ “Green Innovation”เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนของนิยามนวัตกรรมกรีนสามารถจัดกลุ่มคำนิยามได้ 3 กลุ่มดังนี้ 1) ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Reduction of environmental impact) 2) แนะนำหรือสร้างสรรสมรรถนะของสิ่งแวดล้อม (The introduction or creation of environmental performance) และ3) ปรับปรุงสมรรถนะของสิ่งแวดล้อม (The improvement of environmental performance) (Blattel-Mink, 1998; Charter & Clark, 2007; James, 1997; Klemmer, Lehr, & Löbbe, 1999; Mirata & Emtairah, 2005; OECD, 2008)

จากกลุ่มคำนิยามข้างต้น สรุปได้ว่า “นวัตกรรมกรีน” คือนวัตกรรมในรูปแบบต่างๆ ทั้งนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมกระบวนการ นวัตกรรมการผลิต และนวัตกรรมบริการที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ อนุรักษ์โลก และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6 PPP ecosystem : Profit, Planet and People

ที่มา: ดัดแปลงจาก Tang and Zhou (2012)

จากรูปที่ 6 Tang and Zhou (2012) ได้แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ของโลก (planet) คน (people) และผลกำไร (profit) บนพื้นฐานของความตระหนักทางด้านการลดของเสียจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติด้วยการที่พยายามจะสร้างมูลค่า นั่นก็คือความมุ่งมั่นในการพัฒนานวัตกรรมกรีนเพื่อตอบสนองต่อระบบนิเวศอันประกอบด้วยความสัมพันธ์ของ 5 องค์ประกอบหลัก คือ ลูกค้า ผู้ผลิต ผู้ที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน ทรัพยากรธรรมชาติ และของเสียซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้ง 5 แสดงให้เห็นวงจรของการบริโภคหรือการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ แล้วปล่อยของเสียออกมาในรูปแบบของแข็ง ขยะที่มีพิษ หรือมลพิษทางน้ำและทางอากาศ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมุ่งเน้นในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับขยะและทรัพยากรที่ใช้แล้วโดยปราศจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสร้างความตระหนักทางด้านนวัตกรรมกรีนเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจ (Chen, 2001)

ในปัจจุบันแนวโน้มขนานใหญ่ของโลก (Megatrend) มุ่งเน้นทางด้านนวัตกรรมกรีนในรูปแบบของการสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมกระบวนการ หรือนวัตกรรมรูปแบบธุรกิจที่คำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Bernauer, 2006) ซึ่งนวัตกรรมกรีนให้ความสำคัญต่อการพิจารณาและการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์รวมถึงกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด (Umeda et al., 2012)

องค์กรและบริษัทหลายแห่งเริ่มตระหนักถึงการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development) และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมรวมถึงความรับผิดชอบต่อสังคมมากขึ้น

(Williander,2006) การเปลี่ยนแปลงของโลกเข้าในยุคโลกาภิวัฒน์ (globalisation) รวมถึงการประสบปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน ภัยธรรมชาติ และการขาดแคลนทรัพยากรทำให้เกิดกระแสแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนานใหญ่ของโลกด้านนวัตกรรมกรีนขึ้น (OECD, 2008) ซึ่งเป็นโอกาสของธุรกิจทางด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือของตราสินค้าและภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กรที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate social responsibility; CSR) ทำให้เกิดจุดเปลี่ยนความต้องการ พฤติกรรม และวิถีชีวิตผู้บริโภคที่ตระหนักถึงนวัตกรรมกรีนและการอนุรักษ์ (Rennings, 2000) ผู้บริโภคเริ่มหันมาให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์กรีน (Green product) มากขึ้น (Enkvist, Naucler, & Oppenheim, 2008)

ความท้าทายของนวัตกรรมกรีนที่ทุกบริษัทมีความจำเป็นต้องตระหนักถึงนั้นได้เปลี่ยนกลยุทธ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจากเดิมที่เป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมาเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมแบบบูรณาการด้วยนวัตกรรมกรีนเพื่อความได้เปรียบทางด้านการแข่งขันที่ยั่งยืน ที่เรียกว่า “green and sustainable competitive advantage” (Hanssen, 1999)

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทำให้ได้ข้อบ่งชี้ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนสามารถสร้างประโยชน์ให้กับธุรกิจและภาพลักษณ์ขององค์กรได้เป็นอย่างดี (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนานวัตกรรมกรีนต่อการประกอบธุรกิจและองค์กร

นักวิจัย	ประโยชน์ที่ได้รับ	รายละเอียด
Fierman (1991)	เพิ่มปริมาณการขาย	เพิ่มจำนวนยอดขายตามความต้องการของผู้บริโภคทางด้านผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
Dean, .Fowler, and Miller (1995)	ความใกล้ชิดกับลูกค้า	เข้าถึงความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น และได้รับการยอมรับในตัวสินค้าและองค์กรมากขึ้น
Miles and Munilla (1993) Porter and Linde (1995)	ศักยภาพในการแข่งขันที่เพิ่มขึ้น	เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจ
Engleberg (1992)	ภาพลักษณ์ที่ดีขึ้น	ปรับปรุงภาพลักษณ์ขององค์กรให้ดีขึ้นเพื่อการยอมรับของผู้บริโภคและความรับผิดชอบต่อสังคม

ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาขีดความสามารถของนวัตกรให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถพัฒนานวัตกรรมกรีนได้ตามความต้องการของตลาด

(Hellstrom, 2006; White, Stewart, Howes, & Adams, 2008) รวมทั้งการจัดการนวัตกรรมร่วมกับนวัตกรรมกรีนอย่างบูรณาการ โดยในองค์กรจะต้องมีการให้ความรู้ ส่งเสริมความเข้าใจ และสร้างกลยุทธ์ทางด้านนวัตกรรมกรีนให้บุคลากรในองค์กรเพื่อเพิ่มขีดความสามารถและบูรณาการองค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนให้กับหน่วยธุรกิจหรือหน่วยงานต่างๆ ทั่วทั้งองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Rennings, 2000)

Hordern, Börjesson, and Elmquist (2008) ได้สรุปผลการวิจัยถึงประเด็นการบริหารจัดการนวัตกรรมกรีนที่จะนำไปสู่ความสำเร็จว่าจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่ควรตระหนักในการสร้างนวัตกรรม ได้แก่ ทฤษฎีทางเศรษฐกิจ (Economic theory) ปัจจัยเร่งที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมกรีน (Drivers of green innovation) กฎหมายและข้อบังคับ (Regulation) โอกาสทางธุรกิจ กลยุทธ์กรีนหรือความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green strategy) ขีดความสามารถขององค์กรกรีน (Organizational green capabilities) การตลาดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green marketing) ผู้บริโภคที่ศรัทธาในผลิตภัณฑ์กรีน (Green consumerism) ความร่วมมือ (Collaboration) การออกแบบเชิงเศรษฐนิเวศ (Eco-design) และระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental management system)

งานวิจัยดังกล่าวนี้ มุ่งเน้นในการนำปัจจัยต่างๆ ไปประยุกต์ใช้เป็นตัวชี้วัดในการสร้างกลยุทธ์บริหารจัดการนวัตกรรมกรีน และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมกรีนให้ประสบความสำเร็จต่อไป

2.1.3 นโยบาย สภาวการณ์ และแนวโน้มนวัตกรรมกรีนของประเทศไทย

จากนโยบายและแผนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2555 - 2564 สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ ได้กล่าวถึง “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” มาเป็นปรัชญานำทางในการพัฒนาควบคู่ไปกับอนาคตของประเทศที่มีวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมเป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาประเทศไทย ซึ่งสอดรับกับทิศทางการพัฒนาประเทศของรัฐบาลที่ต้องการให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน มีเศรษฐกิจชุมชนที่เข้มแข็ง เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ และประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยกำหนดกรอบการพัฒนาของนโยบายและแผนการดำเนินงาน 5 ประการ ดังนี้

1. พัฒนางานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการสร้างสังคมคุณภาพที่มีภูมิคุ้มกัน

2. พัฒนางานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการสร้างเศรษฐกิจให้มีคุณภาพ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการสร้างเศรษฐกิจให้มีคุณภาพและเสถียรภาพโดยมีการเชื่อมโยงกับเศรษฐกิจและภูมิภาค (Globalization and regionalization)

3. พัฒนางานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)

4. พัฒนาและผลิตกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงประชากรศาสตร์ (Demographic change)

5. พัฒนาปัจจัยสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

จะเห็นได้ว่า นโยบายและแผนการดำเนินงาน 5 ประการข้างต้น ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญและความสอดคล้องในการกำหนดทิศทางสนับสนุนและเพิ่มศักยภาพนวัตกรรมกรีน รวมทั้งการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อปรับโครงสร้างการบริหารประเทศไปสู่ยุคเศรษฐกิจกรีน (Green economy)

สภาวการณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยอยู่ในระดับเสื่อมโทรม เนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยได้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นหลัก ความเสื่อมโทรมของป่าไม้ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม น้ำแล้ง และภัยธรรมชาติที่บ่อยครั้งและรุนแรง ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งลดความสมบูรณ์ลง ความหลากหลายทางชีวภาพกำลังถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ทำให้อัตราการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อัตราการขยายตัวของจำนวนประชากรและแบบแผนการดำรงชีวิตที่ไม่เหมาะสมในช่วงที่ผ่านมา ยังส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษเพิ่มขึ้น โดยคุณภาพอากาศและน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐาน ***ปริมาณขยะมูลฝอยและของเสียอันตรายมีมากขึ้นเกินศักยภาพในการกำจัดได้ทัน*** ขาดการควบคุมกระบวนการผลิต การจัดเก็บ การขนส่ง ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารพิษที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนห่วงโซ่อาหาร การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์และกฎหมายที่เกี่ยวข้องยังมีอยู่จำกัด รวมทั้งความซ้ำซ้อน มีช่องว่าง และขาดการบังคับใช้เครื่องมือดังกล่าวอย่างจริงจัง

นอกจากความวิตกกังวลเรื่องเกี่ยวกับปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยกำลังเผชิญ***ปัญหาภาวะโลกร้อน*** และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเช่นเดียวกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก โดยมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ซึ่งร้อยละ 70 มาจากกิจกรรมการใช้เชื้อเพลิงทั้งภาคการผลิต และการขนส่ง การปล่อยสารพิษเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้นและเกิดการแปรปรวนของฤดูกาล ก่อให้เกิดผลกระทบต่อเนื่องในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ไฟป่า การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ปริมาณน้ำฝนผันแปร การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลทำให้น้ำใต้ดินถูกปนเปื้อนโดยน้ำเค็ม เกิดการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่ง คุณภาพน้ำและระบบนิเวศแหล่งน้ำเปลี่ยนไป ผลผลิตทางการเกษตรลดลง แหล่งท่องเที่ยวเกิดความ

เสียหาย การสูญเสียที่อยู่อาศัย การสูญเสียพื้นที่ทำกิน การย้ายถิ่นฐาน เกิดโรคระบาดและโรคอุบัติใหม่ เกิดภัยธรรมชาติ ดินยุบหรือดินถล่ม น้ำป่าไหลหลาก จากผลกระทบที่เกิดขึ้นเหล่านี้ส่งผลประเทศไทยต้องให้ความร่วมมือกับประชาคมโลกในความพยายามจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลกไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส จากระดับปีฐาน พ.ศ. 2550 และจำกัดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ไว้ที่ 450 ppm (ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) และเนื่องด้วยปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณขยะทั่วประเทศรวมประมาณ 15 ล้านตัน หรือประมาณวันละ 51,000 ตัน แต่สามารถกำจัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการเพียง 15,234 ตันต่อวัน (ร้อยละ 37 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ) และสามารถนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณ 3.41 ล้านตัน หรือร้อยละ 23 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดในหนึ่งปีนั้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ, 2555)

จากปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่เสื่อมโทรม และขาดประสิทธิภาพทางด้านการจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การกำจัดขยะ รวมทั้งการสร้างมูลค่าเพิ่มจากขยะหรือจากวัสดุที่ใช้แล้วทำให้ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมกรีนอย่างเร่งด่วน ซึ่งนับเป็นโอกาสของนักวิจัยและพัฒนา นักเทคโนโลยี นักลงทุน และผู้ประกอบการ เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมกรีนให้สอดคล้องกับโอกาสและความต้องการของผู้บริโภคภายใต้ข้อบังคับหรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมกรีนได้แก่

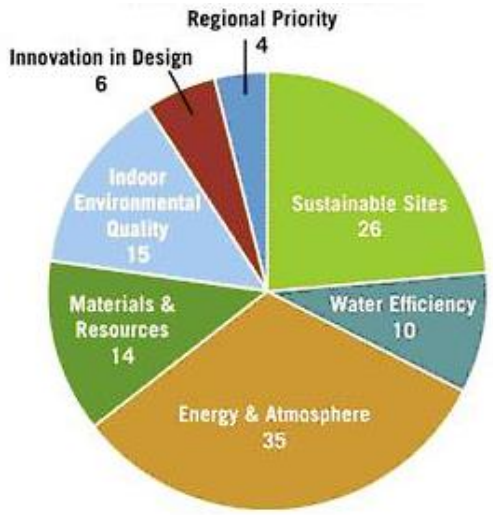
<u>รอยเท้าคาร์บอน</u> (Carbon footprint; CF) คือการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมและธุรกิจซึ่งสามารถคำนวณและวัดโดยใช้หลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment: LCA) ซึ่งเป็นหลักการตามมาตรฐานสกล ISO 14040, 14044 ที่ใช้สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตโดยรอยเท้าคาร์บอน จัดเป็นหัวข้อหนึ่งของหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต

<u>เครื่องหมายรับรอง “ฉลากส”</u> (Green label Thailand) เป็นข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์กรีนซึ่งแตกต่างไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์และความเสียหายของสิ่งแวดล้อมในแง่มุมต่างๆ ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยทั่วไปจะคำนึงถึงการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (Renewable resources) และที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (Non-renewable resources) การลดภาวะมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศ โดยส่งเสริมให้มีการผลิต การขนส่ง การบริโภคและการกำจัดทิ้งหลังใช้แล้วอย่างมีประสิทธิภาพ การนำขยะมูลฝอยทั่วไปและขยะอันตรายกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) หรือ แปรรูปไปใช้ใหม่ (Recycle)

- <u>เครื่องหมายรับรอง “LEED”</u> (Leadership in energy and environmental design)

เครื่องหมายรับรอง “LEED” (รูปที่ 7) เป็นเครื่องหมายรับรองอาคารกรีน (Green building) เพื่อบ่งบอกว่าอาคารดังกล่าวมีการออกแบบอาคาร การใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นอาคารที่

อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อส่งเสริมให้กลุ่มเป้าหมายตระหนักถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และยังเป็นช่องทางการตลาดสำหรับอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สถาปนิกที่ตระหนักถึงเรื่องสิ่งแวดล้อมก็เป็นส่วนหนึ่งในการผลักดันให้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นที่ยอมรับและมีโอกาสทางด้านธุรกิจ โดยการรับรองจะมีการจัดลำดับขั้นตามเกณฑ์การประเมินตั้งแต่ระดับได้รับการรับรอง (Certified) ระดับเหรียญเงิน (Silver) ระดับเหรียญทอง (Gold) และสูงสุดคือ ระดับแพลทินัม (Platinum)



รูปที่ 7 เกณฑ์การประเมินในการออกเครื่องหมายรับรอง “LEED”
ที่มา: ดัดแปลงจาก U.S. Green Building Council ; USGBC (2012)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การประเมินในการออกเครื่องหมายรับรอง “LEED” ประกอบด้วย

1. การเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสม (Sustainable Sites) ได้แก่ การสนับสนุนการนำอาคารที่มีอยู่เดิมกลับมาใช้เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการสร้างอาคารบนพื้นที่ใหม่ การออกแบบที่สอดคล้องกับระบบอาคารที่มีอยู่เดิม เช่น ระบบน้ำ ระบบไฟฟ้า ระบบการระบายน้ำฝน ลดแหล่งความร้อนและแสงที่ไม่ต้องการ รวมทั้งการใช้สถานที่ในการจอดรถร่วมกัน คะแนนประเมินเหล่านี้ได้มาจากช่วงการพัฒนาการเขียนแบบและการออกแบบตั้งแต่ต้น (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 26 คะแนน)

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water efficiency) ประเมินในเป้าหมายของการลดใช้น้ำ เทคโนโลยีกำจัดน้ำเสีย การใช้เทคโนโลยีชลประทานขั้นสูง การใช้น้ำฝนเพื่อการชลประทาน และการใช้น้ำประปาที่มีประสิทธิภาพสูง (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 10 คะแนน)

3. พลังงานและสภาพของบรรยากาศ (Energy and atmosphere) ประเมินการลดมลภาวะในอาคาร ปรับปรุงความสะดวกสบาย อากาศภายในอาคาร คุณภาพของแสงสว่าง (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 35 คะแนน)

4. วัสดุก่อสร้างและแหล่งที่มา (Materials and resources) ประเมินการนำวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การลดของเสีย การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 14 คะแนน)

5. คุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร (Indoor environment quality) ประเมินจากความมุ่งหมายทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เช่น การเพิ่มอัตราการระบายอากาศ การติดตั้งระบบตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบการควบคุมภายในอาคารที่แยกเป็นสัดส่วน และการนำแสงสว่างตอนกลางวันมาใช้งาน (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 15 คะแนน)

6. นวัตกรรมและกระบวนการออกแบบ (Innovation and design process) ประเมินจากการออกแบบอย่างมีนวัตกรรมและออกแบบโดยทีมออกแบบมืออาชีพที่รับรองจาก LEED (Accredited professional; AP) (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 6 คะแนน)

7. การออกแบบที่สอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศหรือภูมิประเทศท้องถิ่น (Regional priority credits) ซึ่งเป็นการประเมินแบบความสอดคล้องที่เฉพาะเจาะจง (คะแนนสูงสุดไม่เกิน 4 คะแนน)

ความตระหนักทางด้านนวัตกรรมกรีนทั้งระดับโลกและระดับประเทศที่สะท้อนจากการเผยแพร่วรรณกรรมที่หลากหลาย ทำให้ผู้วิจัยได้มองเห็นความสำคัญและโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม เพื่อเป็นการแก้ปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่ายางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วบนพื้นฐานแนวโน้มความต้องการของโลกและประเทศทางด้านนวัตกรรมกรีน โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นยังอาจสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุก่อสร้างที่ส่งเสริมการปฏิบัติตามเกณฑ์อาคาร LEED อีกด้วย

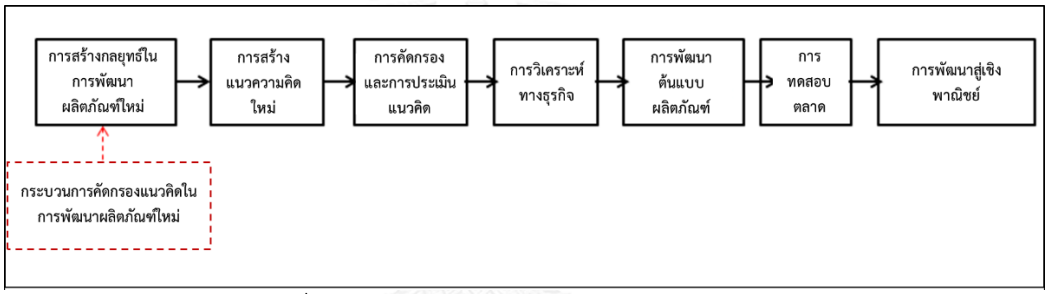
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

2.2.1 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development; NPD)

มีการวิจัยและพัฒนาจำนวนมากเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นที่ยอมรับและนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น BAH model (Booz, 1982) Stage-Gate Model (Cooper, 2001) และ Product Design and Development Model (Ulrich & Eppinger, 2016) นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัยสนับสนุนมุมมองว่าผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ชัดเจนและเป็นระบบ (Cooper, 1975, 1979, 1983: Booz, 1982; Cooper and Kleinsunmidt,

1986, 1987; Cooper, 1991, 1993) จากผลการวิจัยพบว่า ร้อยละ 60 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ประสบความสำเร็จตั้งแต่ขั้นตอนของการแนะนำและนำเข้าสู่ตลาด (Griffin, 1997) แต่การที่จะประสบความสำเร็จในผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น กระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จำนวนครั้งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ภายในบริษัท และวิธีการดำเนินการในแต่ละกิจกรรม (Cooper, 1979, 1973) อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประการแรก คือ สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าด้านการพัฒนาสินค้าที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการของลูกค้าและด้านราคา (Cooper, 1982)

การพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ BAH model (Booz, 1982) และให้ความสำคัญกับส่วนของกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE) ในช่วงสร้างกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งมีรายละเอียด (รูปที่ 8) ดังนี้



รูปที่ 8 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPD)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Booz (1982)

รูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPD) มีกระบวนการทั้งหมด 7 ขั้นตอน (Booz, 1982) เพื่อประยุกต์ใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างกลยุทธ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Strategy Development)

เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยการวางกลยุทธ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งต้องดูความสอดคล้องของกลยุทธ์ในระดับองค์กรและระดับประเทศ การกำหนดกลยุทธ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องทำความเข้าใจกับธุรกิจและเป้าหมายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ภาพรวมของธุรกิจ ความต้องการของผู้บริโภค โอกาสทางธุรกิจ การจัดสรรทรัพยากรที่ต้องใช้ ในขั้นตอนนี้การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสำคัญอย่างยิ่ง หากข้อมูลไม่ถูกต้องและชัดเจนอาจส่งผลให้วางกลยุทธ์ผิดพลาด ดังนั้นจึงให้ความสำคัญในส่วนที่เรียกว่า กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE) (Khurana & Rosenthal, 1998; Kim & Wilemon,

2002) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการนวัตกรรม (Innovation Process) และมีการประยุกต์ใช้มากในอุตสาหกรรม โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงและแนวโน้ม (Changes and trends) ทางด้านเทคโนโลยี ด้านการตลาด ด้านกฎหมายและข้อบังคับต่างๆ ด้านปัญหาและอุปสรรค ฯลฯ

2. ขีดความสามารถหลัก (Core competencies) ในบริบทของประเทศไทย และความสามารถขององค์กรทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงผู้ประกอบการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในธุรกิจ โดยพิจารณาถึงขีดความสามารถทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม การผลิต ส่วนแบ่งทางการตลาด ฯลฯ เพื่อวิเคราะห์ความพร้อมในการพัฒนาสินค้านวัตกรรม

3. คู่แข่งและทางเลือกอื่น (Competitors and alternative project) เพื่อวิเคราะห์โอกาสของสินค้านวัตกรรม

การวิเคราะห์ข้อมูลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 ปัจจัยข้างต้น ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบบูรณาการร่วมกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้และความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทัศนคติ (Attitudes) และพฤติกรรม (Behaviors) เพื่อเสาะหาโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภคและมีความเป็นไปได้

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแนวความคิดใหม่ (Idea generation)

ขั้นตอนในการค้นหาและรวบรวมแนวความคิด (Idea) เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ เทคนิคการสร้างแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ได้แก่ การระดมสมองหรือระดมความคิด การวิเคราะห์ลักษณะของผลิตภัณฑ์ การวิเคราะห์ช่องว่างในตลาด การวิเคราะห์ความต้องการของผู้บริโภค การสัมภาษณ์เชิงลึก การสัมภาษณ์เชิงกลุ่ม เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 การคัดกรองและประเมินแนวคิด (Screening & Evaluation)

การคัดเลือกและประเมินแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อตัดสินใจและเลือกแนวคิดที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้แนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับเป้าหมายและนโยบายของบริษัท สามารถเลือกแนวคิดที่เหมาะสมเพื่อจะนำไปพัฒนาต่อในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ รวมทั้งลดความเสี่ยงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับและขีดความสามารถของบริษัทในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการประเมินตัดแนวคิดที่ไม่เหมาะสมออก ซึ่งเป็นการคัดเลือกตั้งแต่ระยะแรกของการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงเป็นกระบวนการที่สร้างความเชื่อมั่น ลดการสูญเสียค่าใช้จ่าย และเวลา

ขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งต้องมีการทดสอบแนวคิด (Concept testing) โดยนำไปทดสอบทางด้านเทคโนโลยีและการผลิตว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่

รวมทั้งนำแนวคิดที่ได้ไปทดสอบกับผู้บริโภคเพื่อวิเคราะห์การยอมรับและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้บริโภคในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ทางธุรกิจ (Business analysis)

หลังจากขั้นตอนที่ 3 ที่มีการประเมินคัดเลือกแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้วนั้น ในขั้นตอนที่ 4 เป็นการวิเคราะห์ทางธุรกิจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ ได้แก่ อุปสงค์และอุปทานในตลาด ส่วนแบ่งทางการตลาด ตำแหน่งทางการตลาด ต้นทุนในการผลิตสินค้า ยอดขาย และผลตอบแทนที่จะได้รับ ซึ่งแนวคิดที่จะผ่านขั้นตอนนี้จะเป็นแนวคิดที่มีโอกาสทางธุรกิจ ส่งผลให้บริษัทได้กำไรในอนาคต และเป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อเป็นการวางแผนกลยุทธ์ทางด้านธุรกิจต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาและการทดสอบผลิตภัณฑ์ (Product development and testing)

เป็นขั้นตอนที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อนำต้นแบบไปทดสอบทางด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนที่ 6 เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ในส่วนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การออกแบบ การผลิต รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลและความเป็นไปได้เกี่ยวกับวัตถุดิบ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ สูตรในการผลิต วิธีการผลิตให้ได้คุณภาพ ประสิทธิภาพ รูปแบบและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของตลาด

ขั้นตอนที่ 6 การทดสอบตลาด (Market testing)

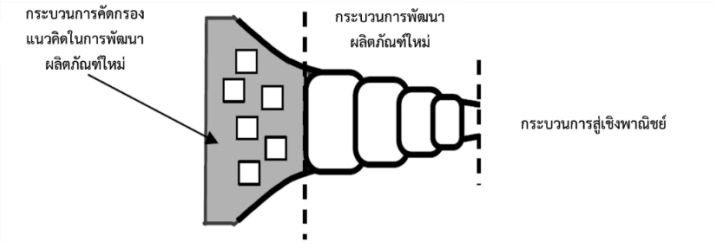
เป็นขั้นตอนที่นำต้นแบบผลิตภัณฑ์ไปทดสอบทางตลาดเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงในการเข้าสู่ตลาด ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้ผลิตอาจตัดสินใจนำสินค้าเข้าตลาดได้เลยหากเป็นสินค้าที่มีความมั่นใจว่าเป็นที่ยอมรับของลูกค้าอย่างแน่นอน และเป็นสินค้าประเภทที่มีวงจรชีวิตสั้น ลอกเลียนได้ง่าย ต้องการความรวดเร็วในการเข้าสู่ตลาด แต่หากเป็นสินค้าที่มีวงจรชีวิตยาวและมีความเสี่ยงสูงในการเข้าสู่ตลาด จำเป็นอย่างยิ่งในการทดสอบตลาดเพื่อดูการตอบรับของลูกค้า ก่อนผลิตและเข้าสู่ตลาดจริงเพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นและนำข้อเสนอแนะจากลูกค้ามาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและตรงกับความต้องการของตลาด

การทดสอบตลาดเกิดประโยชน์กับผู้ผลิตในการลดความเสี่ยง แต่อาจจะเกิดผลเสียได้คือคู่แข่งอาจจะล่วงรู้ความลับหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่อยู่ระหว่างการทดสอบตลาด ทั้งนี้ผู้ผลิตจำเป็นต้องตัดสินใจว่าควรจะทดสอบตลาดก่อนหรือไม่

ขั้นตอนที่ 7 การพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ (Commercialization)

การพัฒนาสู่เชิงพาณิชย์จำเป็นต้องมีกลยุทธ์ทางธุรกิจเพื่อนำผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาด ซึ่งต้องวางกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับความเป็นไปได้ทั้งทางเทคโนโลยี การผลิต การตลาด และการเงิน เพื่อให้สามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จ

2.2.2 กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE)



รูปที่ 9 กระบวนการทางนวัตกรรมแสดงให้เห็นส่วนการคัดกรองแนวคิด
ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Koen et al. (2005)

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่ากระบวนการทางนวัตกรรม (Innovation process) ประกอบด้วย 3 ส่วน (Koen et al., 2005) คือ

1. กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front End; FFE)
2. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development; NPD)
3. กระบวนการสู่เชิงพาณิชย์ (Commercialization)

ส่วนแรกของกระบวนการทางนวัตกรรม หรือกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญที่สุดในการเสาะหาโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development; NPD) เช่น BAH model (Booz, Allen and Hamilton, 1982) หรือ Stage-Gate Model (Cooper,2001) หรือ Product design and development model (Ulrich and Eppinger, 2008) ซึ่งพบว่า FFE เป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการเพิ่มคุณค่าของนวัตกรรมและส่งผลให้โอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมและการดำเนินธุรกิจมีสูงขึ้น

กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและยากต่อการวิเคราะห์พยากรณ์ในการวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แต่มีความจำเป็นเพื่อลดความเสี่ยงในการล้มเหลวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Koen et al., 2005)

การจำแนกประเด็นที่ไม่ชัดเจน (Fuzziness) ในกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Zhang & Doll, 2001) พบว่าประเด็นความไม่ชัดเจนที่เกิดขึ้น ได้แก่ ความไม่ชัดเจน

ทางด้านลูกค้า (Customer fuzziness) ความไม่ชัดเจนทางด้านเทคโนโลยี (Technology fuzziness) และความไม่ชัดเจนทางด้านคู่แข่ง (Competitor fuzziness)

วิธีการ เครื่องมือ และเทคนิค ที่ใช้ในกระบวนการ FFE เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ไม่แน่นอน (Fuzziness) เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องในปัจจุบันและอนาคต ได้แก่ แผนที่นำทางเทคโนโลยี (Technology Roadmap; TRM) การวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยี การวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการของลูกค้า การวิเคราะห์การแข่งขัน การวิจัยธุรกิจ และการวางแผนโดยภาพทัศน์ (Peter et al., 2005)

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือแผนที่นำทางเทคโนโลยีในการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม เพื่อวิเคราะห์เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ การตลาด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยี รวมทั้งการวางแผนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นำทางเทคโนโลยี

การทบทวนวรรณกรรมในส่วนของกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ พบว่า แผนที่นำทางเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาวะทางด้านเทคโนโลยีและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาความชัดเจนและกำหนดเป้าหมายในช่วงก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ประสบความสำเร็จ

EIRMA (1997) กล่าวว่า แผนที่นำทางเทคโนโลยีคือกระบวนการวางแผนเทคโนโลยีซึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทั้งในอดีต ปัจจุบัน และคาดการณ์อนาคตเพื่อหาความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและชี้บ่งเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองความต้องการในระดับโลก ระดับประเทศ ที่มีความเหมาะสมต่ออุตสาหกรรมและเป็นการวิเคราะห์ภาพรวมอย่างบูรณาการ ทั้งมิติด้านเทคโนโลยี มิติธุรกิจหรือการตลาด มิติผลิตภัณฑ์ มิติการวิจัยและพัฒนา และมิติของทรัพยากรและความสามารถ บนพื้นฐานของแกนเวลา โดยแนวคิดในการวิจัยจะเป็นการนำแผนที่นำทางเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และสามารถจัดทำแผนที่นำทางเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการจัดการวัสดุเหลือทิ้งประเภทยางล้อรถยนต์

Willyard and McClees (1987) เป็นผู้นำ TRM มาใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในบริษัทโมโตโรล่า และต่อมา Koen (1977) ได้ใช้ TRM ในการวิเคราะห์เทคโนโลยีหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และได้มีการประยุกต์ใช้ TRM เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เทคโนโลยีอย่างแพร่หลาย เช่น เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกริยา โดย Jackson (1997) เทคโนโลยีหน่วยความจำ โดย Capron (1997) และ

เทคโนโลยีสาธารณสุข โดย Varnado et al. (1996) จากการนำ TRM ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เทคโนโลยีเพื่อศึกษาความสอดคล้องระหว่างเทคโนโลยีและปัจจัยต่างๆ เพื่อวางกลยุทธ์ในการบริหารจัดการเทคโนโลยีและพัฒนานวัตกรรมด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ TRM เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก (Amer et al., 2010)

การประยุกต์ใช้ TRM สามารถจัดกลุ่มได้ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มในลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการบริหารจัดการ การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

ตารางที่ 3 การจัดกลุ่ม TRM ตามวัตถุประสงค์และประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้

กลุ่ม TRM	วัตถุประสงค์	ประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้
ด้านการบริหารจัดการ	การพยากรณ์ (Forecasting)	การพยากรณ์เทคโนโลยีในอนาคต (Kappel, 2001)
	การวางแผน (Planning)	การวางแผนทางด้านการวิจัยและพัฒนาในอนาคตโดยวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐานภายในและภายนอก (Phaal et.al., 2004)
	คาดการณ์ผลิตภัณฑ์ (Project Product)	การวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐานภายในและภายนอก (Albright & Kappel, 2003)
	การบริหารจัดการ (Administration)	การบริหารจัดการงานวิจัย พัฒฯ และผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน (Kostoff & Schaller, 2001)
การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	ผลิตภัณฑ์ (Product)	สนับสนุนการวางกลยุทธ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Lee and Park, 2005)
	เทคโนโลยี (Technology)	สนับสนุนการวางกลยุทธ์ในการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง (Lee and Park, 2005)

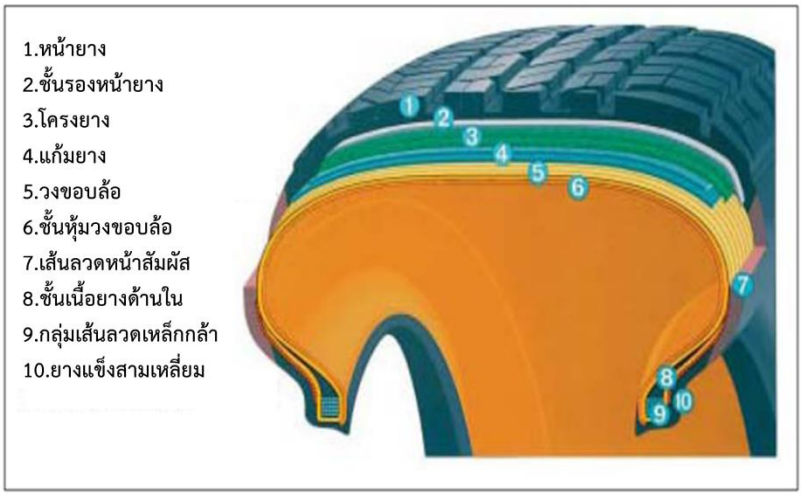
กลุ่ม TRM	วัตถุประสงค์	ประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้
การวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี	แหล่งข้อมูล (Information source)	การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเทคโนโลยี (Lee and Park, 2005)
	ระยะเวลา (Time Frame)	วิเคราะห์ขอบเขตของเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ (Lee and Park, 2005)

TRM มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการใช้งานดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำ TRM ที่เป็นรูปแบบทั่วไปของ EIRMA (1997) และนิยมใช้ในการนำมาวิเคราะห์เทคโนโลยีในลักษณะที่เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชื่อมโยงแบบหลายชั้น (Groenveld, 1997) โดยเป็นการวิเคราะห์การจัดประเภทของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่สัมพันธ์กับการตลาด ผลิตภัณฑ์ การวิจัยและพัฒนา ทรัพยากรและวัตถุดิบ โดยผู้วิจัยจะเพิ่มเติมในเรื่องของแนวโน้ม นโยบาย กฎและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมกรีน

2.4 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับยางล้อรถยนต์รีเคลม

2.4.1 ยางล้อรถยนต์

1. ส่วนประกอบของยางล้อรถยนต์ (Tire component)



รูปที่ 10 ส่วนประกอบหลักของยางล้อรถยนต์ (Tire Component)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Shulman (2011)

จากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่ายางล้อรถยนต์มีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1.1 หน้ายาง (Tread) ผลิตขึ้นจากเนื้อยางล้วน โดยการอัดเนื้อยางผ่านแม่พิมพ์ซึ่งกัดเป็นช่องตามรูปร่างที่ต้องการแล้วตัดให้ได้ความยาวตามต้องการ หน้ายางทำหน้าที่ในการยึดเกาะถนน

1.2 ชั้นรองหน้ายาง (Cap ply) ผลิตมาจากชั้นผ้าใบ (Textiles) หรือเส้นลวดฉาบยาง (Steel Cord Belt) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดหรือโครงสร้างของยาง ซึ่งทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับหน้ายางและป้องกันการขยายตัวของโครงยาง

1.3 โครงยาง (Carcass) ทำจากชั้นผ้าใบ (Textiles) ที่ได้มาจากการฉาบยางลงบนเส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic Fabric) โดยการนำเอาชั้นผ้าใบมาวางซ้อนกันหลายๆ ชั้นแล้วขึ้นรูปเป็นโครงยาง

1.4 แก้มยาง (Side wall) เป็นเนื้อยางที่ได้มาจากการอัดยางผ่านแม่พิมพ์เหมือนกับหน้ายาง แต่บางกว่า แล้วตัดให้ได้ความยาวตามต้องการ แก้มยางทำหน้าที่ในการหุ้มโครงยางเพื่อป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการใช้งานและป้องกันไม่ให้ความชื้นผ่านเข้าไปทำความเสียหายแก่โครงยางได้

1.5 วงขอบล้อ (Bead) ทำขึ้นมาจากเส้นลวดแรงดึงสูง (High tensile wire) ที่ฉาบด้วยเนื้อยาง แล้วนำมาขดเป็นวงหลายๆ ชั้น ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระทะล้อรถยนต์ ทำหน้าที่ในการยึดยางให้ติดกับล้อรถยนต์ และป้องกันการรั่วของอากาศที่อยู่ภายในโครงยาง

1.6 ชั้นหุ้มวงขอบล้อ (Abrasion strip) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้วงขอบล้อเกิดการสึกกร่อนเสียหายได้ง่ายเมื่อเสียดสีกับกระทะล้อยางรถยนต์

1.7 เส้นลวดหน้าสัมผัส (Steel belt) ทำให้หน้าสัมผัสยางเรียบและกว้าง กระจายน้ำหนักบรรทุก และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับหน้ายาง และป้องกันไม่ให้โครงยางชำรุดเสียหายจากการรับแรงกระแทกจากพื้นถนน

1.8 ชั้นเนื้อยางด้านใน (Inner liner) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของลมยาง ปกติจะทำจากยางสังเคราะห์เนื่องจากกันการรั่วซึมได้ดีกว่า

1.9 กลุ่มเส้นลวดเหล็กกล้า (Bead wire) ที่ช่วยยึดส่วนปลายทั้ง 2 ข้างของโครงยางเอาไว้เพื่อให้บริเวณขอบยาง มีความแข็งแรง สามารถยึดแน่นสนิทกับกระทะล้อขณะใช้งาน

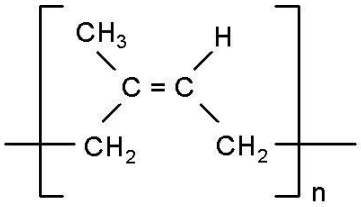
1.10 ยางแข็งสามเหลี่ยม (Apex) ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างส่วนที่แข็ง คือบริเวณขอบยางไปสู่ส่วนที่อ่อนและยืดหยุ่น คือบริเวณแก้มยาง

2. วัตถุดิบหลักในการผลิตยางล้อรถยนต์

ในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์ ประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก ดังนี้

2.1 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) มีชื่อทางเคมีว่า ซิส-1,4-พอลิไอโซ-พรีน (*cis*-1,4-polyisoprene, PI) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายโซ่ตรงยาว และมีหน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) ซ้ำๆ กัน โครงสร้าง

โมเลกุลของยางธรรมชาติ (รูปที่ 11) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากต้นยางพารา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Hevea Brasiliensis*

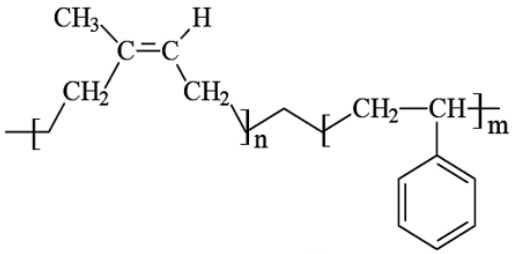


รูปที่ 11 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ cis-1,4-polyisoprene
ที่มา: Barlow (1993)

ยางธรรมชาติจะให้สมบัติเชิงกลที่ดี เนื่องจากเมื่อถูกยืดตัวออกจะเรียงตัวเป็นระเบียบทำให้ความต้านทางแรงดึงสูง สมบัติการคืนตัวและการกระดอนสูงกว่ายางสังเคราะห์อื่นๆ ยางธรรมชาติมีจุดอ่อนตัว (Softening point) ประมาณ 120 องศาเซลเซียส มีความทนทานต่อน้ำ กรดเจือจาง ด่าง และเกลือได้ดี แต่เมื่อยางธรรมชาติสัมผัสกับออกซิเจน โอโซน แสงแดด และแสงอัลตราไวโอเลต จะทำให้ยางเกิดรอยแตกหรือเกิดการแตกหักได้ นอกจากนี้ความทนทานต่อน้ำมันของยางธรรมชาติมีค่าต่ำมาก

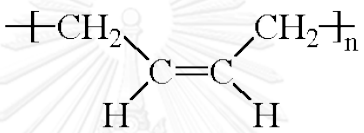
2.2 <u>ยางสังเคราะห์</u> (Synthetic rubber) เป็นยางที่สังเคราะห์ขึ้น นำมาเป็นส่วนผสมในเนื้อยางล้อรถยนต์ ยางสังเคราะห์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตยางล้อรถยนต์ที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่ ยางสไตรีน-บิวทาไดอีน (Styrene-butadiene rubber) หรือยางเอสบีอาร์ (SBR) และยางพอลิบิวตะได-อีน (Polybutadiene rubber) หรือยางบีอาร์ (BR)

2.2.1 ยางสไตรีน-บิวทาไดอีน Styrene-butadiene rubber (SBR) เป็นพอลิเมอร์ร่วม (Copolymer) ของสไตรีนและบิวทาไดอีน ซึ่งโดยทั่วไปมีสไตรีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 23.5 มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Tg) ประมาณ -55 องศาเซลเซียส เป็นยางสังเคราะห์ที่มีการใช้มากที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นยางที่มีสมบัติที่ดี มีปริมาณการใช้มากในยางล้อรถยนต์ โดยเฉพาะส่วนหน้ายาง (Tread) เนื่องจากมีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอ (Wear resistance) โครงสร้างโมเลกุลของยางชนิดนี้แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 โครงสร้างโมเลกุลของยางสไตรีน-บิวทาไดอีน
ที่มา: Barlow (1993)

2.2.2 ยางพอลิบิวทาไดอีน Polybutadiene (BR)



รูปที่ 13 โครงสร้างโมเลกุลของยางพอลิบิวทาไดอีน
ที่มา: Barlow (1993)

สูตรโครงสร้างยางพอลิบิวทาไดอีนหรือยางบีอาร์ แสดงในรูปที่ 13 ยางบีอาร์เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมยาง นิยมใช้เป็นยางผสมกับยางชนิดอื่นในการผลิตยางรถยนต์ เช่น ยางธรรมชาติ และยางเอสบีอาร์ เนื่องจากยางบีอาร์เป็นยางที่มีความยืดหยุ่นสูง ทำให้มีความยุ่งยากในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผสม คุณสมบัติที่ดีหลายประการของยางบีอาร์ ได้แก่ มีความทนทานต่อการขัดสี (Abrasion resistance) มีความยืดหยุ่นคืนตัว (Resilience) และมีความยืดหยุ่นที่อุณหภูมิต่ำ (Low-temperature Flexibility) ดังนั้น จึงนิยมใช้ในการผลิตเป็นหน้ายางของยางล้อรถยนต์ (Tire Treads) และยางด้านข้าง (Side-walls) เป็นต้น

2.2 ผ้าใบ (Textiles) ทำมาจากเส้นใยของไฟเบอร์ นำมาเป็นส่วนประกอบของยางล้อรถยนต์

2.3 เส้นลวด (Steel) ทำด้วยเหล็กเหนียวฉาบทองแดง ใช้ทำโครงยาง (Carcass Wire) เพื่อยึดขอบยางกับกระทะล้อ

2.4.2 การนำยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่

ยางล้อรถยนต์มีคุณสมบัติเป็นพอลิเมอร์แบบเทอร์โมเซต (Thermosetting polymer) ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงกันระหว่างโมเลกุลด้วยโครงสร้างร่างแห (Cross links) ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีหรือความร้อน ทำให้การเคลื่อนไหวโมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกจำกัด เมื่อได้รับความร้อนมักจะเสื่อมสภาพและไม่สามารถอ่อนตัวและหลอมใหม่ได้ เนื่องด้วยคุณสมบัติของยางล้อรถยนต์ที่เป็นพอลิเมอร์แบบเทอร์โมเซตและเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยาก ทำให้การนำกลับมาใช้ใหม่ทำได้ยาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยและพัฒนาจำนวนมากที่พยายามค้นหาวิธีการนำยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วหรือเศษยางล้อรถยนต์ที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่และเป็นการเพิ่มมูลค่า ลดต้นทุนการผลิต และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

โดยหลักการแล้ว การกำจัดขยะยางล้อรถยนต์หรือการนำยางล้อรถยนต์กลับไปใช้ใหม่อย่างถูกวิธีเพื่อให้ยางล้อรถยนต์นั้นกลับมามีประโยชน์หรือใช้งานได้ใหม่อีกครั้งอาจทำให้อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์เดิมหรือเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้

Shulman (2011) ได้กล่าวถึง ‘4 Rs’ สำหรับการจัดการขยะยางล้อรถยนต์อย่างยั่งยืน ได้แก่

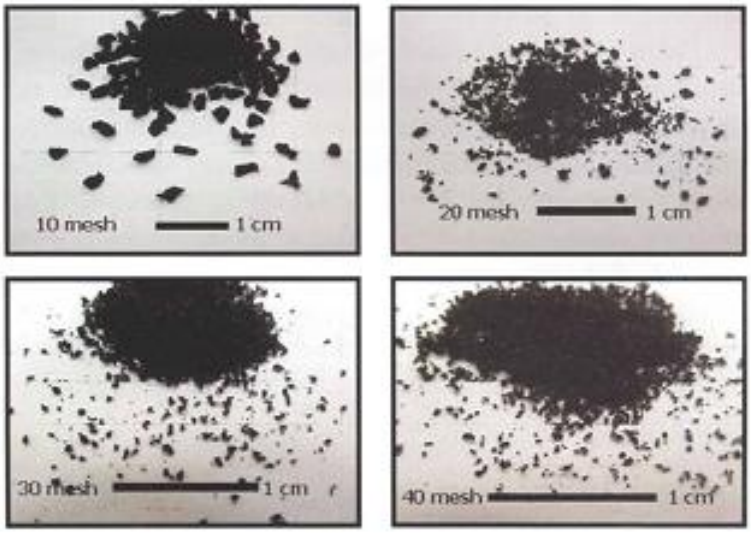
1) Reuse คือการนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ การนำกลับมาใช้ใหม่เป็นเพียงการเลื่อนปัญหาออกไปในอนาคตเท่านั้น เพราะคุณภาพยางล้อรถยนต์จะด้อยลงไปเรื่อยๆ ตามจำนวนครั้งของการนำกลับมาใช้ใหม่ การนำไปประยุกต์ใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ หรือการนำไปถมพื้นที่ซึ่งการนำขยะยางล้อรถยนต์ไปถมที่เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในอดีต ในปี ค.ศ.1977 พบว่า ร้อยละ 70 ของปริมาณขยะยางล้อรถยนต์ถูกนำไปใช้ในการถมที่ (Snyder et al., 1977) ในปัจจุบันพบว่าการนำขยะยางล้อรถยนต์ไปใช้ในการถมเริ่มไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพราะสารเคมีที่มีอยู่ในยางล้อรถยนต์อาจถูกชะลงสู่ดินหรือแหล่งน้ำที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ดังนั้นวิธีการนำไปใช้ในการถมที่จึงเป็นกระบวนการที่ไม่เหมาะสมและไม่สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างแท้จริง (Smith, 1993) ด้วยเหตุนี้หลายๆ ประเทศในทวีปยุโรปและสหรัฐอเมริกาจึงออกกฎหมายห้ามนำยางล้อรถยนต์เก่าไปถมที่

2) Retreading (Remanufacturing) คือการนำยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วไปบดให้เป็นผง เรียกว่า ยางผง (Powdered rubber, PR) หรือยางครัมบ์ (crumb rubber) ที่สามารถนำไปใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น บล็อกยาง แผ่นยางปูพื้น ท่อน้ำ กระถาง วัตถุดิบในการผลิตยางรีเคลมและในการผลิตยางล้อรถยนต์ (ตารางที่ 4) การแปรรูปเป็นยางผงเป็นวิธีการที่ยอมรับในวงกว้างเพราะเป็นกระบวนการที่ง่าย ต้นทุนต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ขนาดและรูปร่างของยางผงขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการบดให้ได้ขนาดอนุภาคตามต้องการ (รูปที่ 14)

ตารางที่ 4 การแบ่งกลุ่มและตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของยางผง

กลุ่มของยางผง	ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ตัวอย่างการใช้งาน
ขนาดใหญ่	500 – 1,400	บล็อกยาง แผ่นยางปูพื้น และวัตถุดิบในการผลิตยางรีเคลม
ขนาดเล็ก	300 - 500	
ขนาดละเอียด	75 - 300	ส่วนประกอบของสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ท่อน้ำ กระถาง แผ่นยางปูพื้น รวมถึงการนำไปผสมกับยางมะตอยเพื่อปูพื้นถนนหรือบ่อน้ำ
ขนาดละเอียดมาก	ต่ำกว่า 75	ส่วนประกอบของสูตรในการผลิตยางล้อรถยนต์ (ขนาดต่ำกว่า 20 ไมครอน)

ที่มา: ดัดแปลงจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยียาง (2552)



รูปที่ 14 ยางผงที่ได้จากการร่อนผ่านตระแกรงขนาดต่างๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Shulman (2011)

การผลิตยางผงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบดที่อุณหภูมิต่ำ การบดที่อุณหภูมิห้อง หรือการบดเปียกที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งวิธีการบดและการคัดขนาดด้วยการร่อนผ่านตะแกรง จะมีผลต่อขนาดอนุภาคและการประยุกต์ใช้ยางผง การแปรรูปยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วให้เป็นยางผงเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ หรือใช้เป็นวัตุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ยังมีข้อจำกัดเรื่องความปลอดภัยและคุณภาพวัสดุที่ด้อยลง

3) Recovery คือการนำขยะยางล้อรถยนต์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไปใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือแหล่งเชื้อเพลิง โดยการนำขยะหรือเศษยางซึ่งเป็นพอลิเมอร์สายยาวไปผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อทำให้สายโซ่โมเลกุลของยางตัดขาดกลายเป็นสายโซ่สั้นๆ ทำให้ยางที่เดิมมีน้ำหนักโมเลกุลสูง (อยู่ในสภาวะของแข็ง) กลายเป็นโมโนเมอร์ (monomer) หรือโอลิโกเมอร์ (oligomer) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและอยู่ในสภาวะของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 การสลายตัวของพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อน

กระบวนการทางเคมีที่นิยมใช้ในการสลายตัวของพอลิเมอร์ คือ กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) หรือการใช้ความร้อนเพื่อทำให้โมเลกุลยางแตกตัวกลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลงและสั้นลงในสภาวะปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 500 – 700 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะที่ปราศจากอากาศหรือมีอากาศเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งโมเลกุลยางเกิดการแตกตัวกลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กๆ จำนวนมากซึ่งอาจมีสารประกอบอื่นๆ ปะปนออกมาด้วยขึ้นอยู่กับชนิดของยางเริ่มต้น

จากข้อมูลวิจัยของ Mark et al.(1988) พบว่า เชื้อเพลิงที่ได้จากขยะยางล้อรถยนต์ (Tire Derived fuel; TDF) 1 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานได้ประมาณ 32.6 เมกะจูล

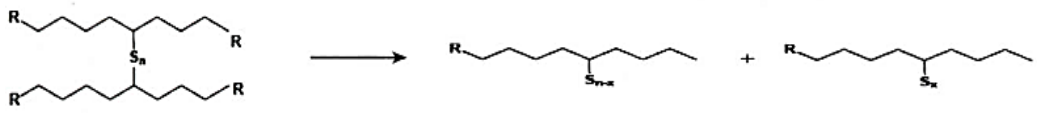
เนื่องจากกระบวนการไพโรไลซิสต้องทำในระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิสูง จึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ปัจจุบันมีการจดสิทธิบัตรจำนวนมากเกี่ยวกับการนำยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วมาเข้าสู่กระบวนการไพโรไลซิสเพื่อให้ได้เป็นน้ำมันดิบ โมโนเมอร์ และเขม่าดำ (Holley, 1998; Meador, 1998; Roy, 1993)

ข้อเสียหลักของกระบวนการไพโรไลซิส ได้แก่ มีค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตสูงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส เช่น น้ำมัน ก๊าซ และเขม่าดำ มีต้นทุนสูง ไม่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีโดยตรง ยิ่งไปกว่านั้นการเผาไหม้ของเศษยางล้อรถยนต์จากกระบวนการไพโรไลซิส อาจก่อให้เกิดก๊าซพิษบางชนิด เช่น ไดออกซิน (dioxin) รวมถึงออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และออกไซด์ของกำมะถัน (SO_x) ดังนั้น เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นจึงต้องเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยไม่มีการปลดปล่อยสารพิษสู่ชั้นบรรยากาศ

4) Recycle คือการนำขยะยางล้อรถยนต์ไปรีไซเคิลหรือการแปรรูปใหม่ในรูปของ “ยางรีเคลม” ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างยากเพราะต้องทำลายโครงสร้างตาข่าย 3 มิติที่เกิดจากการวัลคาไนซ์โมเลกุลยางก่อน ยางรีเคลมสามารถนำไปแปรรูปหรือขึ้นรูปใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง

2.4.3 ยางล้อรถยนต์รีเคลม (Reclaimed tire rubber; RTR)

“การรีเคลม” หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ยางเก่าที่มีโครงสร้างตาข่าย 3 มิติในสถานะเทอร์โมเซต ซึ่งไม่สามารถละลายหรือหลอมเหลวเพื่อขึ้นรูปใหม่ได้ให้กลายเป็นยางที่มีคุณสมบัติแบบเทอร์โมพลาสติก คือ นิ่ม มีสมบัติเหนียวติดกัน สามารถไหลและขึ้นรูปใหม่ได้ (Barlow, 1993) กระบวนการรีเคลมที่เกิดขึ้น คือกระบวนการที่ทำให้เกิดการตัดพันธะเชื่อมโยงโมเลกุลของยาง (รูปที่ 16)



ก) ก่อนการรีเคลม ข) หลังการรีเคลม

รูปที่ 16 โครงสร้างโมเลกุลยาง (ก) ก่อนการรีเคลม (ข) หลังการรีเคลม

ยางล้อรถยนต์รีเคลมสามารถเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้เช่นเดียวกับยางดิบหรือยางคอมพาวด์ทั่วไป การนำขยะยางล้อรถยนต์มารีไซเคิลแปรสภาพเป็นยางรีเคลมจึงเป็นการช่วยลดปัญหาขยะยางล้อรถยนต์ที่น่าสนใจ และเป็นการใช้ยางธรรมชาติและทรัพยากรปิโตรเคมีอันมีค่าของโลกอย่างมีประสิทธิภาพ

เทคโนโลยีการรีเคลม

เนื่องจากยางล้อรถยนต์ผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์ หรือการทำให้โมเลกุลเชื่อมโยงกันเป็นโครงร่างร่างแห จึงนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความแข็งแรงได้ดีตามต้องการ แต่การวัลคาไนซ์มีข้อเสียคือทำให้อนุภาคของยางล้อรถยนต์ไม่สามารถรีไซเคิลหรือขึ้นรูปใหม่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำลายพันธะเชื่อมขวางของโมเลกุลยางล้อรถยนต์ก่อน กระบวนการดังกล่าวนี้คือกระบวนการดีวัลคาไนซ์ (Devulcanization) ยางที่ผ่านการดีวัลคาไนซ์แล้ว เรียกว่า “ยางรีเคลม”

เทคโนโลยีการรีเคลมมีหลากหลายเทคโนโลยีซึ่งเกิดจากความพยายามวิจัยและพัฒนาทั่วโลก เพื่อแก้ปัญหาปริมาณขยะยางล้อรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระดับโลก โดย Dubkov et al. (2012) ได้แบ่งกลุ่มของเทคโนโลยีรีเคลม ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. เทคโนโลยีการรีเคลมด้วยกระบวนการเชิงกายภาพ (Physical reclaiming technology) ได้แก่

1.1 เทคโนโลยีการรีเคลมด้วยกระบวนการเชิงกล (Mechanical reclaiming technology) เป็นการทำให้อนุภาคของยางสามารถรีไซเคิลได้ โดยการทำลายพันธะเชื่อมขวางของโมเลกุลยางด้วยกระบวนการเชิงกลหรือการปั่นเหวี่ยง

1.2 เทคโนโลยีการรีเคลมด้วยกระบวนการเชิงกลร่วมกับความร้อน (Thermo-mechanical technology) เป็นกระบวนการเชิงกลหรือการปั่นเหวี่ยงโดยมีการใช้ความร้อนช่วยกระตุ้นให้การทำลายพันธะเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น

1.3 เทคโนโลยีการรีเคลมด้วยกระบวนการเชิงกลร่วมกับการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว (Cryomechnical reclaiming technology) เป็นกระบวนการเชิงกลหรือการปั่นเหวี่ยงร่วมกับการลดอุณหภูมิของยางอย่างรวดเร็วโดยใช้ไนโตรเจนเหลว (Liquid nitrogen) ให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ยางมีสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) ยางจะมีลักษณะคล้ายของแข็ง คือ เปราะ แตกหักง่าย เมื่อบดภายใต้อุณหภูมิต่ำ อนุภาคยางที่ได้จะมีความละเอียดมากกว่าวิธีการบดที่อุณหภูมิปกติ (Ambient temperature)

1.4 เทคโนโลยีการรีเคลมโดยการใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave technology) กระบวนการนี้เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงโดยการใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีค่าความถี่และระดับพลังงานที่เหมาะสมต่อการทำลายพันธะคาร์บอน-คาร์บอน (Carbon-carbon bond) พันธะคาร์บอน-ซัลเฟอร์ (Carbon-sulfur bond) และพันธะซัลเฟอร์-ซัลเฟอร์ (Sulfur-sulfur bond) ระดับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมนั้นจะอยู่ในช่วง 915 ถึง 2,450 เมกกะเฮิร์ท (MHz)

1.5 เทคโนโลยีการรีเคลมโดยการใช้อัลตราซาวด์ (Ultrasonic technology)

กระบวนการนี้ใช้รังสีอัลตราโซนิก (Ultrasound radiation) ภายใต้ความร้อนและความดันในการทำลายโครงสร้างสามมิติแบบร่างแหของยางคงรูปที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันมาแล้ว เทคนิคนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลังจากมีการใช้คลื่นไมโครเวฟ โดยระดับพลังงานที่เหมาะสมในการใช้อัลตราซาวด์ในช่วง 20 ถึง 50 กิโลเฮิร์ท (kHz) ซึ่งมีระดับพลังงานที่สามารถทำลายพันธะคาร์บอน-ซัลเฟอร์ และพันธะซัลเฟอร์-ซัลเฟอร์ แต่ไม่ทำลายพันธะคาร์บอน-คาร์บอนของโมเลกุลยาง ประโยชน์ของการใช้อัลตราซาวด์ในกระบวนการทำยางรีเคลมนั้น คือ ระยะเวลาที่ใช้สั้น กระบวนการไม่ยุ่งยากซับซ้อน และไม่ต้องใช้ตัวทำละลายหรือสารเคมีร่วมในกระบวนการ

2. เทคโนโลยีการรีเคลมด้วยกระบวนการทางเคมี (Chemical Reclaiming Technology)

เป็นกระบวนการการรีเคลมแบบดั้งเดิมโดยเริ่มต้นจากการบดหรือการลดขนาดเศษยางให้เป็นยางผงก่อนโดยใช้วิธีการบดแบบต่างๆ จากนั้นนำยางผงไปผสมกับน้ำมันและสารเคมีที่เรียกว่า “สารรีเคลม” พร้อมทั้งให้ความร้อน (200-280 องศาเซลเซียส) และความดันที่เหมาะสม โดยสารรีเคลมที่เติมลงไปจะเร่งกระบวนการทำลายพันธะการเชื่อมโยงที่เกิดจากกำมะถัน ทำให้ได้ยางรีเคลมที่มีลักษณะนิ่ม สามารถไหลและขึ้นรูปใหม่ได้อีกครั้ง ตัวอย่างที่สำคัญของสารรีเคลมที่มีจำหน่ายเชิงการค้า ได้แก่ ไดไซลีนไดซัลไฟด์ (dixylene disulfide) และไดแอริลไดซัลไฟด์ (diaryl disulfide) เป็นต้น ในเชิงเทคนิคแล้ว เราเรียกปฏิกิริยาการทำลายพันธะการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลนี้ว่า “ปฏิกิริยาดีวัลคาไนเซชัน” (Devulcanization) หรือปฏิกิริยาดีซัลฟูไรเซชัน (Desulfurization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับหรือให้ผลตรงกันข้ามกับปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน (Vulcanization)

นอกจากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นแล้วนั้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีรีเคลมขึ้นมาใหม่โดยใช้สารเคมีที่มีชื่อทางการค้าว่า ดีลิงค์ (Delink) หรือ ฟรีลิงเคอร์ (Freelinker) เมื่อนำสารเคมีเหล่านี้ไปผสมกับยางผงที่มีขนาดในช่วง 20 – 40 เมช และให้แรงเฉือนโดยใช้เครื่องมือทั่วไปที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมยาง เช่น เครื่องผสมระบบปิด เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้งหรือเครื่องรีดอัดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder) สารเคมีเหล่านี้จะเข้าไปทำลายพันธะระหว่างกำมะถัน-กำมะถัน (S-S bond) ที่มีอยู่ในยาง ทำให้โครงตาข่าย 3 มิติของยางถูกทำลาย

<u>ข้อดีของการใช้สารเคมีเหล่านี้</u> คือ

- การรีเคลมสามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิต่ำ
- การให้แรงเฉือนกับยางผงสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้วในโรงงาน
- การดีวัลคาไนซ์สามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (อาจใช้เวลาไม่ถึง 10 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของยางและชนิดของเครื่องมือที่ใช้)
- ใช้สารเคมีเหล่านี้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (≥ 2 ส่วนในร้อยส่วนโดยน้ำหนักของยางผง)

อย่างไรก็ดีเนื่องจากสารดีลิงค์หรือฟรีลิงเคอร์จะเข้าไปทำลายเฉพาะพันธะการเชื่อมโยงระหว่างกำมะถัน-กำมะถัน ยางผงที่จะนำมารีไซเคิลโดยใช้สารเคมีเหล่านี้ได้จึงต้องเป็นยางผงที่ได้รับการวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันเท่านั้น

หลังจากที่รีเคลมแล้วหากยางรีเคลมที่ได้มีความหนืดสูงมากก็สามารถเติมยางดิบและกรดสเตียริกลงไปในยางรีเคลมในปริมาณเล็กน้อย (2-5 ส่วนในร้อยส่วนโดยน้ำหนัก) เพื่อช่วยทำให้ยางรีเคลมมีสมบัติในกระบวนการผลิตที่ดีขึ้น แม้ว่ายางรีเคลมจะสามารถกลับมาไหลและขึ้นรูปใหม่ได้เหมือนเช่นยางคอมพาวด์ทั่วไปแต่เนื่องจากยางรีเคลมได้ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง (โดยเฉพาะในกรณีของการใช้วิธีการรีเคลมแบบดั้งเดิม) ดังนั้น ยางรีเคลมจึงมีสมบัติเชิงกลที่ค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุนี้ยางรีเคลมจึงมักถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการสมบัติเชิงกลที่ดีมากนักหรือนำยางรีเคลมไปผสมกับยางใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต ปัจจุบันมีการนำยางรีเคลมไปใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ อุตสาหกรรมการผลิตสายพานลำเลียง อุตสาหกรรมรองเท้า และอุตสาหกรรมท่อยาง

แม้ว่าการเติมยางรีเคลมจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติเชิงกลด้อยลง แต่ยางรีเคลมก็มีผลดีบางประการต่อกระบวนการผลิต เช่น ช่วยลดฟองอากาศในยางคอมพาวด์ ลดความยืดหยุ่น ลดความเสี่ยงต่อการบิดเบี้ยวหรือเสียรูปของผลิตภัณฑ์รีดอัดระหว่างการวัลคาไนซ์ และลดการบวมตัวหลังผ่านแม่พิมพ์

<u>เทคโนโลยีการดีวัลคาไนซ์ยาง</u> สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี

การดีวัลคาไนซ์ยางเริ่มจากการนำยางผงไปผสมกับสารรีเคลม เช่น ไดแอริลไดซัลไฟด์ และไดฟีนอลไดซัลไฟด์ ดังแสดงในรูปที่ 17

(ก) (ข)

รูปที่ 17 โครงสร้างของสารรีเคลม (ก) ไดแอริลไดซัลไฟด์ และ (ข) ไดฟีนอลไดซัลไฟด์

การดีวัลคาไนซ์ยางด้วยความร้อนร่วมกับสารเคมี แบ่งเป็น 2 กระบวนการ ดังนี้

1.1 <u>กระบวนการแพน (PAN Process) (1858)</u>

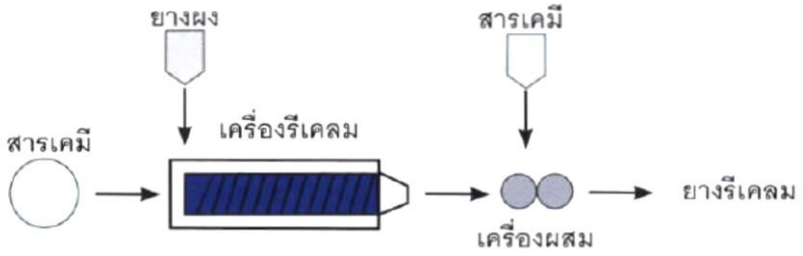
เป็นกระบวนการใช้ยางไม่มีเส้นใยที่บดละเอียดมาผสมกับสารรีเคลมและน้ำมันในถาดผสม จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 ชั่วโมง ในหม้ออบไอน้ำ เมื่อยางเริ่มนิ่มและไหลได้ จึงนำยางออกมารีดด้วยเครื่องรีดเป็นแผ่นก่อนจะนำไปใช้งานต่อไป แม้ว่าวิธีนี้จะต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาค่อนข้างนาน แต่มีข้อดี คือ ต้นทุนต่ำและสามารถใช้กับยางได้หลายชนิด เช่น ยางธรรมชาติ ยางสไตรีนบิวทาไดอีน ยางนีโอพรีน ยางไนไทรล์ และยางบิวไทล์

1.2 กระบวนการไดเจสเทอร์ (Digester Process) (1899)

กระบวนการไดเจสเทอร์แตกต่างจากกระบวนการแพน คือ ยางที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบจะเป็นยางผงที่มีเส้นใยผสมอยู่ การดีวัลคาไนซ์ด้วยวิธีนี้เริ่มจากการนำยางไปผสมกับน้ำและสารย่อยเส้นใย เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคลอไรด์ หรือสังกะสีคลอไรด์ ในบางกรณีอาจมีการเติมพลาสติไซเซอร์หรือสารรีเคลมลงไปด้วยก็ได้ จากนั้นนำของผสมไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 – 210 °C เป็นเวลา 5 – 24 ชั่วโมง ในหม้ออบไอน้ำที่มีการติดตั้งใบกวนเพื่อให้ยางได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง เมื่อเส้นใยถูกย่อยหมดและนิ่มแล้ว นำยางไปล้างให้สะอาดเพื่อกำจัดสารเคมีย่อยเส้นใยตกค้างต่างๆ ออกไป จากนั้นนำไปอบให้แห้งและรีดผ่านลูกกลิ้งก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป

2. การใช้ความร้อนร่วมกับแรงเชิงกล

นอกจากเทคนิคการรีไซเคิลยางด้วยการใช้ความร้อนร่วมกับสารรีเคลมแล้ว ในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนาระบบรีไซเคิลขึ้นมาอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนร่วมกับแรงเชิงกลเพื่อทำให้เกิดการทำลายพันธะคาร์บอน-คาร์บอน และพันธะเชื่อมโยงที่เกิดจากกำมะถัน (sulphur crosslink) กระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการรีเคลมเมเตอร์ (reclaimator process) (รูปที่ 18) การดีวัลคาไนซ์ด้วยกระบวนการดังกล่าวนี้ เริ่มด้วยการนำยางผงที่ไม่มีเส้นใยปนอยู่ ไปผสมกับสารเคมีในเครื่องรีเคลมเมเตอร์ (reclaimator) ที่มีลักษณะคล้ายเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder) แรงเฉือนและความร้อนที่ได้จากบาเรลของเครื่องรีเคลมเมเตอร์จะทำให้ยางร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ความร้อนและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะทำให้ยางเกิดการดีวัลคาไนซ์ จากนั้นนำยางที่ได้ไปผสมกับสารเคมีอื่นๆ ในเครื่อง บดผสมจนได้เป็นยางรีเคลมที่พร้อมจะนำไปใช้งานอื่นๆ ต่อไป เนื่องจากกระบวนการนี้ใช้ระยะเวลาค่อนข้างสั้น เพราะยางจะอยู่ในเครื่องเอกซ์ทรูดเพียงแค่ประมาณ 3 นาทีเท่านั้น วิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ในการดีวัลคาไนซ์ยางสังเคราะห์ที่หากใช้ระยะเวลาในการรีไซเคิลนานมากเกินไปยางรีเคลมที่ได้จะแข็งตัวมากขึ้น เช่น ยางสไตรีนบิวทาไดอีน



รูปที่ 18 การดีวัลคาไนซ์โดยกระบวนการรีเคลมเมเตอร์

3. การใช้แรงเชิงกลร่วมกับสารเคมี

เนื่องจากการใช้ความร้อนร่วมกับสารรีเคลมเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลานาน สิ้นเปลืองต้นทุน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อลดต้นทุนและความยุ่งยากในการดีวัลคาไนซ์ยาง ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจและเริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย คือ การใช้สารเคมีที่เรียกว่า “ดีลิงค์” (delink) ซึ่งเป็นของผสมของสารเคมีที่ประกอบด้วย ซิงก์ไดเมทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc dimethyldithiocarbamate) เมอร์แคบโตเบนโซไทอะโซล (mercaptobenzothiazole) กรดสเตียริก (stearic acid) สังกะสีออกไซด์ (zinc oxide) กำมะถัน (sulphur) และไดออล (diols) โดยนำสารดีลิงค์ผสมกับยางผงโดยใช้เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง เมื่อทำงานร่วมกับแรงเฉือนที่เกิดจากเครื่องผสม สารเคมีชนิดนี้จะช่วยทำให้โครงสร้างตาข่าย 3 มิติของโมเลกุลยางถูกทำลายภายในระยะเวลาไม่กี่วินาทีทำให้กระบวนการดีวัลคาไนซ์เกิดขึ้นได้ภายในระยะเวลาสั้น สะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย

4.การใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave Technology)

เมื่อมีการนำเทคโนโลยีคลื่นไมโครเวฟมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยาง ทั้งในขั้นตอนของการอบแห้ง การอุ่นยาง และการวัลคาไนซ์ยาง จึงมีการใช้คลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการดีวัลคาไนซ์เศษยางเก่า เพราะความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟมีพลังงานสูงเพียงพอที่จะทำลายพันธะการเชื่อมโยงของคาร์บอน-กำมะถัน (C-S) และกำมะถัน-กำมะถัน (S-S) ทำให้โครงสร้างตาข่าย 3 มิติของโมเลกุลยางถูกทำลาย กระบวนการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะในการดีวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันเท่านั้น

คลื่นไมโครเวฟทำงานด้วยการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูง 2,450 เมกะเฮิรตซ์ หรือ 2,450 ล้านครั้งต่อวินาที เมื่อผ่านคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในวัสดุที่มีความเป็นขั้ว คลื่นไมโครเวฟจะเหนี่ยวนำให้วัสดุเกิดโพลาไรซ์ (Polarization) หรือการจัดเรียงตัวของประจุตามทิศทางของสนามไฟฟ้าทำให้ประจุบวกและลบที่เกิดจากการเหนี่ยวนำจะแกว่งตัวสลับไปมาด้วยความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งการแกว่งตัวของประจุในวัสดุความถี่สูงมากนี้ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงนำเทคโนโลยีคลื่นไมโครเวฟไปประยุกต์ใช้กับการดีวัลคาไนซ์ ยางที่จะนำมาวัลคาไนซ์ด้วยกระบวนการนี้มักจะเป็นยางที่มีความเป็นขั้วสูง เช่น ยางคลอโรพรีน (CR) ยางไนไทรล์ (NBR) หรือยางคลอริเนตโพลิเอทิลีน (CPE) ในกรณีเศษยางล้อรถยนต์ที่มีองค์ประกอบเป็นยางธรรมชาติ ยางบิวทาไดอีน และยางสไตรีนบิวทาไดอีน ซึ่งแม้จะเป็นยางที่มีความเป็นขั้วต่ำก็สามารถตอบสนองต่อคลื่นไมโครเวฟได้ดีเนื่องจากในเนื้อยางมีเขม่าดำ (Carbon black) เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูง รวมทั้งขนาดของยางที่จะนำไปดีวัลคาไนซ์ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดีวัลคาไนซ์ให้เกิดขึ้นได้ดีเช่นกัน

การดีวัลคาไนซ์ยางด้วยคลื่นไมโครเวฟนอกจากจะเป็นวิธีที่ประหยัดเพราะยางได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอแล้ว ยังเป็นวิธีที่สะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน เพราะการดีวัลคาไนซ์สามารถเกิดได้โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเคมีใดๆ ลงไป ยางรีเคลมที่ได้ยังมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่ายางรีเคลมที่ได้จากการวัลคาไนซ์ด้วยวิธีอื่นๆ

5.การใช้คลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่สูงกว่ามนุษย์จะได้ยินเพราะโดยทั่วไปมนุษย์จะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงเพียงแค่ประมาณ 15 กิโลเฮิรตซ์ ปัจจุบันเทคโนโลยีคลื่นอัลตราโซนิกมีการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ หลายอุตสาหกรรม รวมถึงอุตสาหกรรมยางด้วย เนื่องจากคลื่นอัลตร้าโซนิกสามารถทำให้ยางร้อนขึ้นได้เช่นเดียวกับคลื่นไมโครเวฟ Pelofsky (1973) ได้นำคลื่นชนิดนี้ไปใช้ในการดีวัลคาไนซ์ยางโดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิกที่เกิดจากทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric transducer) ที่มีคลื่นความถี่ในช่วง 10 – 40 กิโลเฮิรตซ์ ที่ระดับพลังงานสูงกว่า 100 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ผลการศึกษาสรุปว่าคลื่นอัลตราโซนิกสามารถดีวัลคาไนซ์ยางได้ ซึ่งวิธีนี้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสูงเนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องอัดรีดร่วมกับอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (Isayev et al., 1994) การปรับความเร็วรอบในการหมุนของสกรูจะทำให้ระยะเวลาที่ยางอยู่ในบริเวณของคลื่นอัลตร้าโซนิกยาวนานมากขึ้น ทำให้ระดับการดีวัลคาไนซ์สูงขึ้นตามไปด้วย

การรีไซเคิลยางล้อรถยนต์มีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากเป็นการลดการใช้ทรัพยากรที่มีจำกัดของโลก และลดผลกระทบของขยะยางล้อรถยนต์ต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตยางยางล้อรถยนต์รีเคลมเป็นวิธีการรีไซเคิลยางที่มีความสำคัญและเป็นที่ยอมรับ เพราะยางรีเคลมผลิตโดยกระบวนการดีวัลคาไนซ์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำลายพันธะเชื่อมโยงโมเลกุลของยาง ทำให้ยางรีเคลมสามารถขึ้นรูปใหม่ได้

2.5 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิต

2.5.1 นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิต

“วัสดุคอมพอสิต” เป็นวัสดุทางวิศวกรรมที่นำวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่ามาประกอบกัน สร้างเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ ประกอบด้วยสารเสริมแรง (Reinforce phase) และเนื้อประสาน (Matrix) เพื่อทำให้เกิดโครงสร้าง 3 มิติโดยมีคุณสมบัติทางด้านวัสดุศาสตร์ที่พึงประสงค์ เช่น ค่าความแกร่งและความแข็งสูง ความถ่วงจำเพาะต่ำ สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่

มีน้ำหนักเบา สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีและสภาพอากาศ มีความยืดหยุ่นสูง และมีคุณสมบัติทางกลที่ดี (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2008) คุณสมบัติที่โดดเด่นของวัสดุคอมพอสิตส่งผลให้วัดุคอมพอสิตเป็นที่น่าสนใจและเป็นที่ต้องการในตลาดประเทศไทยและตลาดโลก

กระบวนการคงรูปยางหรือวัสดุคอมพอสิตแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ใช้กำมะถัน ระบบที่ใช้เปอร์ออกไซด์ และระบบที่ใช้สารเคมีอื่นๆ เช่น โลหะออกไซด์

กระบวนการคงรูปพอลิเมอร์ผสมสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการคงรูปแบบทั่วไป (Conventional vulcanization) และการคงรูปแบบพลวัต (Dynamic vulcanization) ในแบบแรกเป็นการคงรูปที่เกิดขึ้นหลังจากการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว เช่น ท่อยางที่ออกมาจากเครื่องรีดอัดในหม้ออบไอน้ำ (autoclave) กระเป๋าน้ำร้อนที่อยู่ในแม่พิมพ์ และยางรัดที่อบในเตาอบไอน้ำ เป็นต้น ส่วนการคงรูปแบบพลวัตนั้นเป็นการคงรูปที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผสม นิยมใช้เตรียมยางเทอร์โมพลาสติก เพราะในระหว่างที่นำยางและพลาสติกไปผสมกันในเครื่องผสมระบบปิด หากทำการเติมสารวัลคาไนซ์ วัฏภาคของยางก็จะเกิดการคงรูปในระหว่างการผสม ทำให้ความหนืดของยางสูงขึ้น (ความหนืดของยางจะมีค่าสูงกว่าของพลาสติกค่อนข้างมาก) ซึ่งจะส่งผลทำให้เฟสของยางกลายเป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ในเฟสของพลาสติกแม้ว่าในพอลิเมอร์ผสมนี้จะมียางอยู่ในสัดส่วนที่มากกว่าก็ตาม ซึ่งสามารถนำยางล้อรถยนต์รีเคลมมาใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิเมอร์ผสมได้เพราะว่ามีเขม่าดำเป็นองค์ประกอบ ประกอบกับข้อมูลจากผลงานวิจัยของ Radhesh Kumar C. et al. (2002) ได้ศึกษาผลของการผสมผงยางล้อรถยนต์บดที่มีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.4-0.7 มิลลิเมตร ต่อยางธรรมชาติต่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (GTR: NR: LDPE 50:25:25) เพื่อที่จะผลิตด้วยการคงรูปแบบพลวัต พบว่าช่วยปรับปรุงคุณสมบัติความยืดหยุ่น และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงกล เช่น การทนทานต่อแรงดึงให้ดีขึ้น โดยวิเคราะห์ว่าเป็นผลมาจากการพันกันระหว่างผิว (Interfacial entanglement) และเกิดปรากฏการณ์ร่างแหเชื่อมโยงร่วมกัน (Co-Crosslinking phenomena)

เพื่อเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยดังกล่าว ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการเตรียมของผสมพอลิโพรพิลีน ยางรถยนต์รีเคลม และขึ้เลื่อยโดยขึ้นรูปแบบฉีดผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันในระบบซัลเฟอร์และระบบสารเร่งปฏิกิริยา ร่วมกับการใช้ Compatibilizer คือ maleic anhydride polypropylene copolymer (MAH-PP) แทนการใช้สารวัลคาไนซ์ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมคอมพอสิตยางรีเคลมจากยางล้อรถยนต์ที่แตกต่างจากวิธีที่มีอยู่

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุคอมพอสิตยางรีเคลม

การทบทวนวรรณกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม และพบว่า

Ismail et al. (2001) ศึกษาการคงรูปแบบพลวัตของของผสมระหว่างพอลิโพรพิลีน (polypropylene) และยางธรรมชาติ (natural rubber) แล้วเติมไม้ยางพารา (rubber wood) เพิ่มภายหลัง ผลของการเชื่อมขวางแบบพลวัตส่งผลต่อสมบัติเชิงกล การดูดซึมน้ำและสัณฐานวิทยาของไม้ยางพาราที่เติมลงไป โดยใช้สัดส่วนการผสมพอลิโพรพิลีนต่อยางธรรมชาติต่อไม้ยางพารา (PP:NR:Rubber wood) ร้อยละ 80:10:10 เตรียมส่วนผสมที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสแล้วกวนผสมด้วยความเร็ว 50 rpm เป็นเวลา 12 นาที ใช้ปริมาณกำมะถันร้อยละ 0-2.0 เพื่อศึกษาผลของการเชื่อมขวางแบบพลวัต พบว่ามีการเชื่อมขวางแบบพลวัตเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกำมะถัน ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึง ความเค้น ค่ายังก์มอดูลัส มอดูลัสโค้งงอ และความเสถียรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การคงรูปแบบพลวัตส่งผลให้ความหนาแน่นของการเชื่อมขวางสูงขึ้น ซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำลดลง และการสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ลดลง

Ismail et al. (2002) ได้ศึกษาสมบัติเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ของของผสมพอลิโพรพิลีนกับยางธรรมชาติ และยางที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้สัดส่วนพอลิโพรพิลีนต่อยางที่ใช้นำกลับมาใช้ใหม่ PP:RR ในสัดส่วนที่แตกต่างกันร้อยละ 100:0, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 ส่วนยางธรรมชาติก็ใช้สัดส่วนเช่นเดียวกันกับยางที่นำกลับมาใช้ใหม่ พบว่าพอลิโพรพิลีนที่ผสมกับยางที่นำกลับมาใช้ใหม่มีค่าความต้านทานแรงดึง และยังก์มอดูลัสสูงกว่าพอลิโพรพิลีนผสมกับยางธรรมชาติ แต่ระยะที่ดึงยืดวัสดุได้สูงที่สุดก่อนขาดและแรงบิดที่เสถียรต่ำกว่าพอลิโพรพิลีนผสมกับยางธรรมชาติ เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์สามารถพัฒนาจากยางใช้แล้วและพอลิโพรพิลีน สมบัติเชิงกลของยางใช้แล้วและพอลิโพรพิลีนดีกว่าเมื่อเทียบกับเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์จากยางธรรมชาติและพอลิโพรพิลีน การสังเกตนี้สนับสนุนโดยผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ซึ่งพบว่าพอลิโพรพิลีนผสมกับยางที่นำกลับมาใช้ใหม่มีผิวที่เรียบกว่าของผสมพอลิโพรพิลีนกับยางธรรมชาติ

Punnarak et al. (2006) ได้ศึกษาการคงรูปแบบพลวัตจากการผสมยางล้อรถยนต์รีเคลม (Reclaimed tire rubber) ขนาด 500-600 ไมครอน กับพอลิเอทิลีนหนาแน่นสูง (HDPE) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ผสมเพื่อการคงรูป ได้แก่ กำมะถัน เปอร์ออกไซด์ และระบบผสม คือใช้กำมะถันและเปอร์ออกไซด์ร่วมกัน การเติมสารเพิ่มความเข้ากันได้ (Compatibilizer) คือ Maleic anhydride grafted polyethylene จะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วต่อพอลิเอทิลีนหนาแน่นสูงดีขึ้น วิธีการคงรูปที่ต่างกันจะมีผลต่อสมบัติเชิงกล ความร้อน และของ

ไหล จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนการผสมของยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วต่อพอลิเอทิลีนหนาแน่นสูงที่ 50 ต่อ 50 โดยการคงรูปด้วยกำมะถันจะให้ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วมากกว่าร้อยละ 50 จะทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกและความต้านทานแรงดึงลดลง เนื่องจากมีองค์ประกอบของเขม่าดำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการคงรูปทั้ง 3 วิธี คือใช้กำมะถัน เปอร์ออกไซด์ และระบบผสมด้วยการใช้กำมะถันและเปอร์ออกไซด์ร่วมกัน พบว่าการคงรูปโดยใช้กำมะถันจะให้ผลดีที่สุด เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนการบวมพองของตัวทำละลาย ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นของแข็งคล้ายแก้ว และความหนืด พบว่ามีการผสมที่เข้ากันได้ดี และสอดคล้องกับผลจากการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

Ruksakulpiwat et al. (2009) ศึกษาการปรับปรุงสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก โดยการผสมเส้นใยในคอมพอสิตพอลิโพรพิลีน เมื่อใช้ยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็ม ในงานวิจัยนี้มีการใช้หญ้าแฝกเป็นสารตัวเติมในคอมพอสิตพอลิโพรพิลีน ใช้ยางที่มีสัดส่วนต่างๆ กันเพื่อปรับหาความแข็งของคอมพอสิตที่เหมาะสม คอมพอสิตเตรียมโดยใช้การฉีดขึ้นรูป ศึกษาสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของคอมพอสิตพอลิโพรพิลีนทั้งส่วนที่มียางผสมและที่ไม่มียางหรือยางอีพีดีเอ็มผสม พบว่าเมื่อเพิ่มยางธรรมชาติหรือยางอีพีดีเอ็มในคอมพอสิตพอลิโพรพิลีน จะเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดความทนทานต่อแรงกระแทก และระยะที่ดึงยืดวัสดุได้สูงที่สุดก่อนขาดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น คอมพอสิตพอลิโพรพิลีนที่ใช้สัดส่วนยางมากกว่าร้อยละ 20 ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงและยังก์มอดูลัสของคอมพอสิตพอลิโพรพิลีนลดลง พอลิโพรพิลีนที่ผสมกับยางอีพีดีเอ็มมีค่าความต้านทานแรงดึงและความทนทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าพอลิโพรพิลีนผสมกับยางธรรมชาติเล็กน้อย

Kuo et al. (2009) ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมพอสิตเส้นใยไม้ในพอลิเมอร์ ผลิตโดยใช้เครื่องฉีดขึ้นรูปด้วยของผสมคือ ผงไม้ เนื้อพื้นพลาสติก MAPP (maleic anhydride polypropylene) และ Zinc Stearate สัดส่วนร้อยละ 47:47:3:3 เป็นคอมพอสิตผสมพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้วพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงและค่ามอดูลัสการแตกหักของ wood–plastic composites (WPCS) มีค่ามากกว่าพอลิเอทิลีนหนาแน่นต่ำและพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เอบีเอส (Acrylonitrile-butadiene-styrene) เป็นพอลิเมอร์แมทริกซ์เปรียบเทียบกับพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้ว (Recycled polypropylene) พบว่า ความสามารถในการต้านการแตกหักหรือความแข็งแรง (Modulus of rupture; MOR) เพิ่มขึ้น และ ค่าความต้านทานแรงดึงจะลดลง WPCS ที่ใช้พอลิโพรพิลีน ผงไม้ (wood flour) ร้อยละ 47 และ MAPP ร้อยละ 3-4.5 ค่าความต้านทานแรงดึง ค่า MOR ของ WPCS จะมีแนวโน้มสูงกว่าการผลิต WPCS แบบอื่น

Xin et al.(2010) ได้ศึกษากระบวนการฉีดโดยใช้พอลิโพรพิลีน (PP) ผสมกับยางรถยนต์บดเป็นผง (Grounded rubber tire; GRT) ในสัดส่วน PP:GRT 60:40 เติมสารที่ช่วยให้เข้ากัน สารที่ทำให้เกิดฟอง (Chemical Foaming Agent) และสารเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อัตราส่วนเอโซไดคาร์โบนาไมด์

(azodicarbonamide; AZDC) ต่อซิงก์ออกไซด์ (ZnO) เป็น 5:1 พอลิโพรพิลีนและยางล้อรถยนต์บดเป็นผงผสมในระหว่างกระบวนการฉีดพร้อมใส่สารที่ช่วยให้เกิดฟอง แล้วนำของผสมที่ได้ไปทดสอบความต้านทานแรงดึงและวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ายางล้อรถยนต์บดเป็นผงมีเซลล์ขนาดเล็กและความหนาแน่นของเซลล์สูงขึ้นส่งผลให้คอมพอสิตมีสมบัติแรงดึงที่สูงขึ้น

สุนารี และคณะ (2011) ศึกษาการเตรียมของผสม (Blend) ของพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม และขี้เลื่อย เพื่อขึ้นรูปแบบฉีดโดยใช้ระบบกำมะถันหรือระบบมาเลอิกแอนไฮไดร์พอลิ-โพรพิลีน โดยใช้สัดส่วนของผสมคงที่ ร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ยางล้อรถยนต์รีเคลมและขี้เลื่อยร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนัก การศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนการผสม พบว่า ของผสมที่ใช้ระบบมาเลอิกแอนไฮไดร์พอลิโพรพิลีนมีสมบัติทนแรงกระแทกและทนแรงดึงสูงกว่าระบบกำมะถัน มีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ เช่น ความทนทานต่อสภาพอากาศและความชื้น ซึ่งพบว่ามีความทนทานมากกว่าของผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและขี้เลื่อย นอกจากนี้ของผสมเข้ากันได้ดีโดยการศึกษาสัณฐานวิทยาของเฟสด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น

กมลลักษณ์ และคณะ (2013) ศึกษาการเตรียมของผสมพอลิโพรพิลีน/ยางล้อรถยนต์รีเคลมเสริมแรงด้วยอิพอกซีเรซิน พบว่า คอมพอสิตพอลิโพรพิลีนที่มีอนุภาคเรซินอิพ็อกซีขนาดเล็กจะให้ความทนต่อแรงกระแทกสูงกว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่มีอนุภาคเรซินอิพ็อกซีที่มีขนาดใหญ่ในปริมาณเดียวกัน และวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนที่ประกอบด้วยเรซินอิพ็อกซีร้อยละ 30 ซึ่งถูกปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารประสานคู่ควบไวนิลไตรเอทอกซีไซเลน (Vinytrimethoxy silane) พบว่าคุณสมบัติเชิงกลทั้งหมดยกเว้นความแข็งแรงมีค่าสูงขึ้น

กล่าวโดยสรุปการทบทวนวรรณกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมนั้น พบว่า การพัฒนาวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง มีโอกาสในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่หลากหลาย และมีโอกาสทางธุรกิจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีการพัฒนาสูตรส่วนผสมและปรับปรุงคุณสมบัติในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยเรื่อง “นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม” มีการดำเนินงานวิจัยในลักษณะผสมผสานทั้งการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental Research) การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมที่เหมาะสมในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรม ศึกษา เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่เหมาะสมและการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ รวมทั้งพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรม ทดสอบประสิทธิภาพและกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ โดยขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 5 ระยะ ดังนี้

3.1. ระยะที่ 1 การพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

ขั้นตอนที่ 1 จัดหาวัตถุดิบและสารเคมี

จัดหาวัตถุดิบและสารเคมี ได้แก่ เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม (60 mesh) ขี้เลื่อย (60 mesh) สารเคมี และสารเติมแต่ง เพื่อใช้ในการขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ และการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP)

ขั้นตอนที่ 2 ติดต่อขอเช่าเครื่องจักร/อุปกรณ์

ติดต่อขอเช่าเครื่องจักร/อุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC ที่ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDiPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปที่ 19 เครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC

ขั้นตอนที่ 3 เตรียมสูตรส่วนผสม

เตรียมส่วนผสมเพื่อใช้ในการขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ ดังตารางที่ 5 และการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic anhydride polypropylene; MAPP) ดังตารางที่ 6 โดยเป็นการต่อยอดงานวิจัยเดิม โดยออกแบบสูตรส่วนผสม ปรับสัดส่วนหลัก พอลิโพรพิลีน: ยางรีเคลม : ขี้เลื่อย ที่สัดส่วนร้อยละ 85: 15-0: 0-15 โดยน้ำหนัก ปรับสัดส่วนหลัก พอลิโพรพิลีน: ยางรีเคลม: ขี้เลื่อย ที่สัดส่วนร้อยละ 70: 30-0: 0-30 โดยน้ำหนัก และปรับสัดส่วนหลัก พอลิโพรพิลีน: ยางรีเคลม: ขี้เลื่อย ที่สัดส่วนร้อยละ 60: 40-0: 0-40 โดยน้ำหนัก ซึ่งการเตรียมสูตรผสมดังกล่าวนั้นพิจารณาจากองค์ความรู้งานวิจัยเดิม และพิจารณาค่าคุณสมบัติหลัก ได้แก่ ค่าทดสอบคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt Flow Index; MFI) ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) รวมทั้งพิจารณาถึงปัจจัยในการผลิต เช่น อุณหภูมิแต่ละเฟส ความดัน ฯลฯ รวมทั้งความสามารถในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบฉีดโดยใช้แม่พิมพ์

ตารางที่ 5 สูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์

Entry	Material (% โดยน้ำหนัก)				Sulphur system (% โดยน้ำหนัก)			
	PP	RTR	Sawdust	Sulphur	A	B	C	D
Sample 1-85-S	85	15	0	S1	A1	B1	C1	D1
Sample 2-85-S	85	10	5	S2	A2	B2	C2	D2
Sample 3-85-S	85	5	10	S3	A3	B3	C3	D3
Sample 4-85-S	85	0	15	S4	A4	B4	C4	D4
Sample 5-70-S	70	30	0	S5	A5	B5	C5	D5
Sample 6-70-S	70	25	5	S6	A6	B6	C6	D6
Sample 7-70-S	70	20	10	S7	A7	B7	C7	D7
Sample 8-70-S	70	15	15	S8	A8	B8	C8	D8
Sample 9-70-S	70	10	20	S9	A9	B9	C9	D9
Sample 10-70-S	70	5	25	S10	A10	B10	C10	D10
Sample 11-70-S	70	0	30	S11	A11	B11	C11	D11
Sample 12-60-S	60	40	0	S12	A12	B12	C12	D12
Sample 13-60-S	60	35	5	S13	A13	B13	C13	D13
Sample 14-60-S	60	30	10	S14	A14	B14	C14	D14
Sample 15-60-S	60	25	15	S15	A15	B15	C15	D15
Sample 16-60-S	60	20	20	S16	A16	B16	C16	D16
Sample 17-60-S	60	15	25	S17	A17	B17	C17	D17
Sample 18-60-S	60	10	30	S18	A18	B18	C18	D18
Sample 19-60-S	60	5	35	S19	A19	B19	C19	D19
Sample 20-60-S	60	0	40	S20	A20	B20	C20	D20

ตารางที่ 6 สูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP)

Entry	Material (% โดยน้ำหนัก)			MAPP system (% โดยน้ำหนัก)				
	PP	RTR	Sawdust	MAPP	E	F	G	H
Sample 21-85-M	85	15	0	M21	E21	F21	G21	H21
Sample 22-85-M	85	10	5	M22	E22	F22	G22	H22
Sample 23-85-M	85	5	10	M23	E23	F23	G23	H23
Sample 24-85-M	85	0	15	M24	E24	F24	G24	H24
Sample 25-70-M	70	30	0	M25	E25	F25	G25	H25
Sample 26-70-M	70	25	5	M26	E26	F26	G26	H26
Sample 27-70-M	70	20	10	M27	E27	F27	G27	H27
Sample 28-70-M	70	15	15	M28	E28	F28	G28	H28
Sample 29-70-M	70	10	20	M29	E29	F29	G29	H29
Sample 30-70-M	70	5	25	M30	E30	F30	G30	H30
Sample 31-70-M	70	0	30	M31	E31	F31	G31	H31
Sample 32-60-M	60	40	0	M32	E32	F32	G32	H32
Sample 33-60-M	60	35	5	M33	E33	F33	G33	H33
Sample 34-60-M	60	30	10	M34	E34	F34	G34	H34
Sample 35-60-M	60	25	15	M35	E35	F35	G35	H35
Sample 36-60-M	60	20	20	M36	E36	F36	G36	H36
Sample 37-60-M	60	15	25	M37	E37	F37	G37	H37
Sample 38-60-M	60	10	30	M38	E38	F38	G38	H38
Sample 39-60-M	60	5	35	M39	E39	F39	G39	H39
Sample 40-60-M	60	0	40	M40	E40	F40	G40	H40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 4 ขึ้นรูปชิ้นงาน

ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องฉีดเครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC สูตรส่วนผสมละ 30 ชิ้น โดยใช้แม่พิมพ์ดัมเบลเพื่อทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบสมบัติชิ้นงาน

ทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน ได้แก่ ทดสอบสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt Flow Index; MFI) โดยเครื่อง Melt Flow Index ทดสอบสมบัติความต้านแรงดึง (Tensile Strength) โดยเครื่อง Universal Testing Machine ทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) โดยเครื่อง Impact Strength Tester และสัณฐานวิทยา (Morphology) โดยเครื่อง Scanning Electron Microscopy ณ หน่วยบริการวิเคราะห์ทดสอบ ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสม

พิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในเชิงคุณสมบัติและเชิงการผลิตในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ไม้แผ่นคอมพอสิต

3.2 ระยะที่ 2 การศึกษาสถานะของยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย

ศึกษาสถานะของยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยโดยการวิจัยแบบสำรวจ (Observation survey) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ประกอบด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 ราย ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์ใหม่ จำนวน 4 ราย กลุ่มผู้ผลิตยางรถยนต์มือสอง (หล่อดอก) จำนวน 3 ราย กลุ่มศูนย์บริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์ จำนวน 4 ราย กลุ่มผู้ประกอบการที่ผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม จำนวน 5 ราย กลุ่มผู้ประกอบการไพโรไลซิส จำนวน 2 ราย กลุ่มผู้ประกอบการที่ใช้ยางล้อรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง จำนวน 2 ราย กลุ่มหน่วยงานภาครัฐด้านข้อมูลสถิติ นโยบายควบคุมมลพิษ และการวิจัยพัฒนาของประเทศไทย เพื่อสรุปผลการศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยรวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณและการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและศักยภาพของประเทศไทยในการนำขยะยางล้อรถยนต์มาสร้างนวัตกรรมกรีนเพื่อเพิ่มมูลค่าสำหรับนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตโดยวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคโนโลยี เพื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระดับโลกรวมทั้งการวิเคราะห์แบบบูรณาการในมิติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มิติทางด้านเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา การตลาด ธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องตามศักยภาพของประเทศไทย เพื่อวางกลยุทธ์ทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

3.3 ระยะที่ 3 กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

ใช้กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front-end; FFE) เพื่อคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทำจากวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อเพิ่มมูลค่าของนวัตกรรมและเพิ่มโอกาสให้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมและการดำเนินธุรกิจ ดังนั้น ขั้นตอนการวิจัยดังกล่าวนี้จึงเป็นการวิเคราะห์โอกาส (Opportunity Identification) โดยศึกษาข้อมูลทุติยภูมิเพื่อวิเคราะห์โอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ซึ่งประกอบด้วยความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี ความเป็นไปได้ทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดและธุรกิจ

3.4 ระยะที่ 4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

ใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development) ในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ดังนี้

3.4.1 กระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ (Idea generation)

ศึกษาปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตโดยใช้การวิจัยเชิงการสำรวจ (Survey research) รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิตโดยการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความแตกต่างตามรูปแบบการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงการศึกษาพฤติกรรมความต้องการ และทัศนคติของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การกำหนดประชากร และการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ กลุ่มที่ 1: เจ้าของบ้าน หรือทาวน์เฮ้าส์ หรือคอนโดมิเนียม จำนวน 150 คน

กลุ่มที่ 2: เจ้าของโครงการบ้านจัดสรร วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมา และผู้ออกแบบ กลุ่มตัวแทนผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้และตัวแทนจำหน่าย จำนวน 100 คน

กลุ่มที่ 3: นักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์ นวัตกรรม และการจัดการและกลุ่มตัวแทนกรรมการและนักวิชาการในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (The 2014 IUPAC World Polymer Congress or MACRO 2014-Thailand, The International Conference on Social Sciences and Innovations 2014; ICSSI 2014-Spain, The 11th Asia Association of Learning, Innovation and Coevolution Studies International Conference; ASIALICS2014, South Korea) จำนวน 48 คน

กลุ่มที่ 4: ตัวแทนกรรมการตัดสินรางวัลนวัตกรรม True innovation awards 2010, กรรมการตัดสินการประกวดแผนธุรกิจและนวัตกรรมกรีน ในการประกวดทั้งในและต่างประเทศ (The MAI Bangkok Business Challenge,2014-Thailand, Asia Venture Challenge 2014-Thailand, The New Venture Championship,2014- USA, The Global Venture Labs Investment Competition,2014-USA) จำนวน 65 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มประชากร 1 – 4 จำนวน 363 คน ซึ่งการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการของ Krejcie and Morgan (1970) ให้เกิดความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ ดังตารางที่ 7 นั่นก็คือ จำนวนข้อมูลจากประชากรทั้งหมด 546 คน ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 226 คน

ตารางที่ 7 จำนวนประชากรและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ของ Krejcie and Morgan (1970)

จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
10	10	220	140	1200	291
15	14	230	144	1300	297
20	19	240	148	1400	302
25	24	250	152	1500	306
30	28	260	155	1600	310
35	32	270	159	1700	313
40	36	280	162	1800	317
45	40	290	165	1900	320
50	44	300	169	2000	322
55	48	320	175	2200	327
60	52	340	181	2400	331
65	56	360	186	2600	335
70	59	380	191	2800	338
75	63	400	196	3000	341
80	66	420	201	3500	346
85	70	440	205	4000	351
90	73	460	210	4500	354
95	76	480	214	5000	357
100	80	500	217	6000	361
110	86	550	226	7000	364
120	92	600	234	8000	367
130	97	650	242	9000	368

จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
140	103	700	248	10000	370
150	108	750	254	15000	375
160	113	800	260	20000	377
170	118	850	265	30000	379
180	123	900	269	40000	380
190	127	950	274	50000	381
200	132	1000	278	75000	382
210	136	1100	285	100000	384

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structural interview)

การจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่รวบรวมทั้งหมด (n = 363 คน) มาวิเคราะห์ ดำเนินการดังนี้

1. ตรวจสอบข้อมูล (Edition) ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถาม

2. ลงรหัส (Coding) นำแบบสอบถามที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว มาลงรหัสตามที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับแบบสอบถามที่เป็นปลายปิด (Close-ended) ส่วนแบบสอบถามที่เป็นปลายเปิด (Open-ended) ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มคำตอบแล้วจึงนับคะแนนใส่รหัส

3. ประมวลผลข้อมูลที่ใส่รหัสแล้ว โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ Statistic Package for Social Sciences : SPSS และการแจกแจงความถี่ของตัวแปรแล้วคำนวณหาค่าร้อยละ (Percentage)

4. ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้วย Nvivo 11 เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเบื้องต้นจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structural Interview)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ค่าสถิติร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation หรือ S.D)

2. สถิติใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเป็นรายข้อ โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบัค (Cronbach)

3. สถิติใช้ทดสอบสมมติฐานใช้สถิติเพียร์สันไคสแควร์ (Pearson Chi-square) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร สำหรับทดสอบสมมติฐาน

4. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานใช้สถิติเพียร์สันไคสแควร์ (Pearson Chi-square) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร สำหรับทดสอบสมมติฐาน

5. สถิติใช้ทดสอบสมมติฐานใช้สถิติ T-test (Pearson Chi-square) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวแปรสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.4.2 กระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิด (Screening and Evaluation)

ใช้กระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิดในการคัดเลือกในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิต โดยใช้เครื่องมือการให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weight scoring) ด้วยการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและการตลาดจากการสนทนากลุ่ม (Focus group) จำนวน 54 คน ประกอบด้วย เจ้าของบ้าน หรือทาวน์เฮาส์ หรือคอนโด เจ้าของโครงการบ้านจัดสรร วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างและตัวแทนจำหน่าย และนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์และนวัตกรรมคอมพอสิต โดยกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวนี้ จะพิจารณาจากสมบัติคอมพอสิตที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 1 เพื่อแสดงความคิดเห็นในกระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิดในการคัดเลือกในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิต

3.4.3 กระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบ (Concept Development and Testing)

ใช้กระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบ (Concept development & Testing) ด้วยการประเมินจากการสนทนากลุ่ม (Focus group) จำนวน 48 คน ประกอบด้วย เจ้าของบ้าน หรือทาวน์เฮาส์ หรือคอนโด เจ้าของโครงการบ้านจัดสรร วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างและตัวแทนจำหน่าย และนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์และนวัตกรรมคอมพอสิต โดยกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวนี้จะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ภายใต้ปัจจัยการผลิตและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิต และนำปัจจัยดังกล่าวไปทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เพื่อศึกษาความรู้สึกและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิตต่อไป

3.4.4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development)

พัฒนาผลิตภัณฑ์หลังจากการวิเคราะห์ผลสรุปแนวคิดในการต่อยอดงานวิจัยและการพัฒนาสูตรส่วนผสมเพื่อทดสอบการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Pre-Upscalingและการวิเคราะห์ด้วยการออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อให้เกิดความแม่นยำและปรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Upscaling) ใน

โรงงานต้นแบบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิต ประกอบด้วย ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการผสม ขั้นตอนการอัดขึ้นรูป ขั้นตอนการตกแต่ง ขั้นตอนการตรวจสอบ และขั้นตอนการบรรจุ

3.4.5 กระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์ (Product testing)

หลังจากขึ้นรูปต้นแบบไม้คอมพอสิตแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ และการติดตั้งเพื่อใช้งานโดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด

3.5 ระยะที่ 5 การวิเคราะห์ตลาด กำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา

วิเคราะห์ตลาดของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิต โดยพิจารณาร่วมกับโมเดลการรับเทคโนโลยีที่มีผลต่อคุณค่าของผู้บริโภคที่และการตั้งใจซื้อ จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 797 ตัวอย่าง ทั่วประเทศ โดยใช้การสุ่มแบบสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในการวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถามประกอบไปด้วย 7 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (2) การรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน (3) การรับรู้ประโยชน์เชิงสัญลักษณ์ (4) การรับรู้ประโยชน์ทางด้านความรู้สึก (5) การรับรู้ทางด้านราคา (6) การรับรู้การเสียสละที่น้อยในการซื้อผลิตภัณฑ์ (7) การรับรู้คุณค่าผู้บริโภค และ (8) การตั้งใจซื้อสินค้า โดยคำถามส่วนที่ 1 ใช้มาตรวัดนามบัญญัติ (Nominal scale) ในขณะที่ ส่วนที่ 2-7 ใช้มาตรวัดอัตรภาค (Interval Scale) โดยให้ผู้ตอบประเมินค่า (Rating) ตามแบบวิธีของลิเคิร์ท (Likert) 5 ระดับ

ด้านการประเมินคุณภาพเครื่องมือวัดทำในสองลักษณะคือ ความตรง (Validity) โดยวัดความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นอัลฟาของครอนบัค (Cronbach’s alpha)

จัดทำกลยุทธ์ธุรกิจเพื่อเป็นแนวทางในการประกอบธุรกิจ โดยการกำหนดกลุ่มเป้าหมายหลัก การกำหนดราคา ช่องทางการจำหน่าย การประชาสัมพันธ์ แนวทางในการนำออกสู่เชิงพาณิชย์ และประโยชน์ต่อสังคม

การบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา โดยการยื่นจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์เพื่อเป็นการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย ประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาในรูปของตัวเงิน เป็นราคาของทรัพย์สินที่ใช้ตกลงซื้อขายกันได้ระหว่างผู้เต็มใจขายกับผู้เต็มใจซื้อ ณ วันที่ประเมิน ภายใต้เงื่อนไขการซื้อขายปกติที่ผู้ซื้อผู้ขายไม่มีผลประโยชน์เกี่ยวเนื่องกัน ทั้งนี้การประเมินมูลค่าราคาหรือการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญา โดยใช้มูลค่าจากกระแสเงินสดสุทธิ

และทอนเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราคิดลด (Income Approach) ด้วยวิธี Discount cash flow (DCF) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมสำหรับสินทรัพย์ที่ไม่มีตัวตน เป็นวิธีคำนวณกระแสรายได้สุทธิในอนาคตแล้วทอนเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราคิดลดที่เหมาะสม หลังจากนั้นสามารถนำเทคโนโลยีหรืองานวิจัยดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Licensing) ให้ผู้ขอรับอนุญาตใช้สิทธิในเทคโนโลยีแบบอนุญาตให้ใช้สิทธิโดยจำกัดแต่เพียงผู้เดียว (Exclusive licensing) หรือไม่จำกัดแต่เพียงผู้เดียว (Non-exclusive licensing) ตามความเหมาะสม

3.6 ขอบเขตของเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย ตั้งแต่ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2559 และได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากที่ประชุมคณะกรรมการบริหารหลักสูตรฯ เดือน ตุลาคม 2555 เพื่อดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ในวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

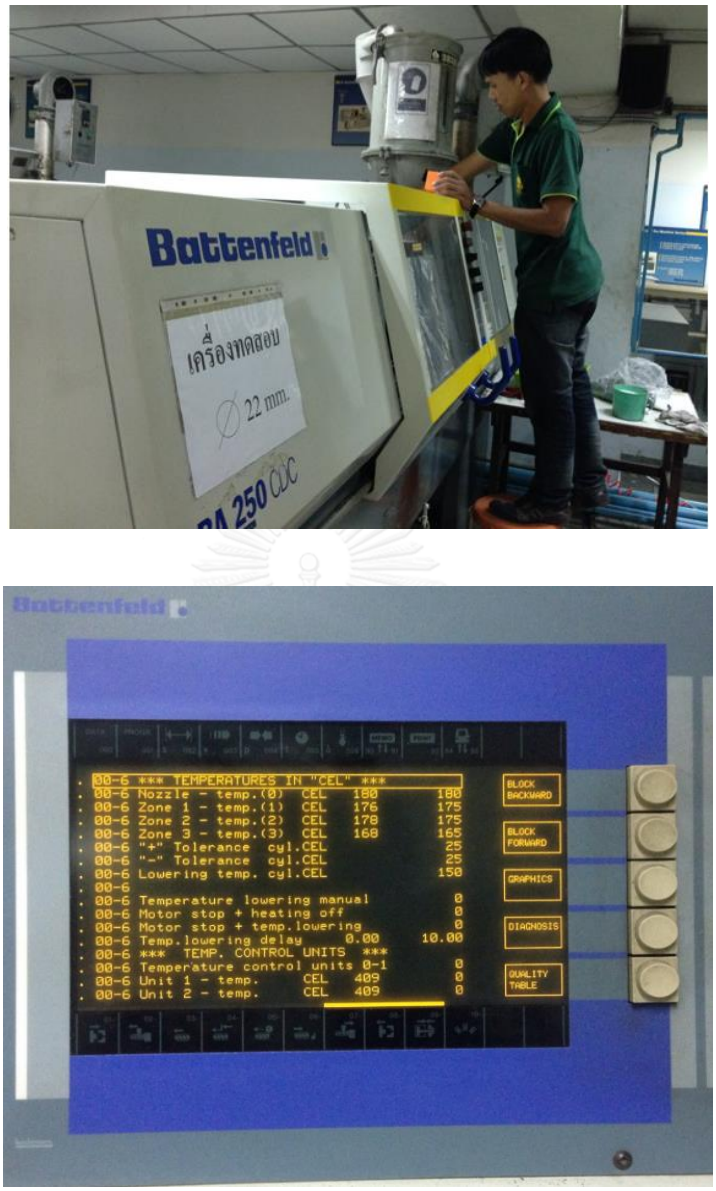
บทที่ 4

ผลการพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

4.1 ผลการพัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

ตามที่ได้พัฒนาสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม โดยมีส่วนผสมหลักประกอบด้วย เม็ดพลาสติกพีพี ยางล้อรถยนต์รีเคลม (60 mesh) ขี้เลื่อย (60 mesh) สารเคมี และสารเติมแต่ง เพื่อใช้ในการขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ และการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP) จำนวน 40 สูตร ซึ่งมีสัดส่วนของผสมดังแสดงในตารางสูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์ (ตารางที่ 5) และตารางสูตรส่วนผสมที่จะขึ้นรูปแบบฉีดด้วยการวัลคาไนซ์ด้วยระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (ตารางที่ 6) โดยมีการผสมของผสมด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 30 นาที (รูปที่ 20) และขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดเครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC ที่อุณหภูมิ 150 – 250 ^{O}C ณ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDiPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (รูปที่ 21) ขึ้นรูปชิ้นงานสูตรส่วนผสมละ 30 ชิ้น โดยใช้แม่พิมพ์ดัมเบล (รูปที่ 22) เพื่อทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน ได้แก่ ทดสอบคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt flow index; MFI) ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) และสัณฐานวิทยา (Morphology) ณ หน่วยบริการวิเคราะห์ทดสอบ ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ ภาควิชาวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปที่ 20 การผสมของผสมด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 21 การขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดเครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (L/D > 60 cm) ขนาด 40 ตัน ยี่ห้อ Battenfeld BA 250 CDC

รูปที่ 22 การขึ้นรูปชิ้นงานสูตรส่วนผสมละ 30 ชิ้น โดยใช้แม่พิมพ์ดัมเบล

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน

ผลทดสอบคุณสมบัติชิ้นงาน ได้แก่ ทดสอบคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt Flow Index; MFI) ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) ณ หน่วยบริการวิเคราะห์ทดสอบ ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบฉีดด้วยกระบวนการวัลคาไนเซชันระบบซัลเฟอร์

	Material (%โดยน้ำหนัก)			Sulphur system (%โดยน้ำหนัก)		
Entry	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 1-85-S	85	15	0	10.25±0.27	187.16±1.23	180.56±1.88
Sample 2-85-S	85	10	5	10.09±0.18	185.80±1.55	181.52±1.09
Sample 3-85-S	85	5	10	9.48±0.34	185.43±1.27	182.16±1.32
Sample 4-85-S	85	0	15	9.42±0.29	184.98±1.04	182.60±1.77
Sample 5-70-S	70	30	0	8.57±0.24	184.20±1.65	183.20±1.63
Sample 6-70-S	70	25	5	8.37±0.59	196.88±1.56	186.40±1.67

Entry	Material (%โดยน้ำหนัก)			Sulphur system (%โดยน้ำหนัก)		
	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 7-70-S	70	20	10	8.35±0.33	195.13±1.87	187.79±1.44
Sample 8-70-S	70	15	15	8.15±0.28	194.55±1.23	188.67±1.23
Sample 9-70-S	70	10	20	7.98±0.32	194.21±1.95	189.25±1.88
Sample 10-70-S	70	5	25	7.88±0.37	193.18±1.86	190.17±1.55
Sample 11-70-S	70	0	30	7.67±0.14	192.25±1.75	191.20±1.23
Sample 12-60-S	60	40	0	7.06±0.34	264.85±1.48	280.57±1.94
Sample 13-60-S	60	35	5	6.95±1.33	262.18±1.65	282.39±1.77
Sample 14-60-S	60	30	10	6.85±1.57	261.25±1.27	283.98±1.55
Sample 15-60-S	60	25	15	6.59±1.43	260.12±1.35	284.67±1.09
Sample 16-60-S	60	20	20	6.12±1.56	258.63±1.24	285.35±1.79
Sample 17-60-S	60	15	25	5.55±1.09	256.56±1.45	286.13±1.67
Sample 18-60-S	60	10	30	5.12±1.14	254.17±1.97	287.88±1.56
Sample 19-60-S	60	5	35	4.57±1.89	253.23±1.88	289.16±1.98
Sample 20-60-S	60	0	40	4.23±1.45	255.25±1.75	290.20±1.43

ตารางที่ 9 ผลทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานที่ขึ้นรูปแบบฉีดด้วยการวัลคาไนซ์ระบบมาเลอิกแอนไฮไดรด์พอลิโพรพิลีน (Maleic Anhydride Polypropylene; MAPP)

Entry	Material (%โดยน้ำหนัก)			MAPP (%โดยน้ำหนัก)		
	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 21-85-M	85	15	0	11.28±0.47	189.56±1.73	182.96±1.78
Sample 22-85-M	85	10	5	11.09±0.58	188.20±1.45	181.92±1.33
Sample 23-85-M	85	5	10	10.28±0.14	186.63±1.07	183.26±1.92
Sample 24-85-M	85	0	15	10.12±0.39	185.98±1.24	183.90±1.78
Sample 25-70-M	70	30	0	9.87±0.44	185.20±1.85	183.78±1.23
Sample 26-70-M	70	25	5	9.38±0.79	198.68±1.54	188.40±1.57
Sample 27-70-M	70	20	10	9.35±0.83	197.13±1.27	189.59±1.84
Sample 28-70-M	70	15	15	8.95±0.58	196.58±1.43	190.67±1.43
Sample 29-70-M	70	10	20	8.28±0.92	195.21±1.35	191.35±1.89
Sample 30-70-M	70	5	25	8.08±0.37	194.18±1.06	192.17±1.45
Sample 31-70-M	70	0	30	7.97±0.14	193.15±1.55	193.25±1.83
Sample 32-60-M	60	40	0	7.86±0.94	266.75±1.18	283.29±1.95
Sample 33-60-M	60	35	5	7.45±1.83	264.28±1.25	284.91±1.71
Sample 34-60-M	60	30	10	7.15±1.07	263.25±1.37	284.98±1.35
Sample 35-60-M	60	25	15	7.09±1.49	262.14±1.45	286.67±1.29

Entry	Material (%โดยน้ำหนัก)			MAPP (%โดยน้ำหนัก)		
	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 36-60-M	60	20	20	6.92±1.26	260.63±1.14	288.32±1.75
Sample 37-60-M	60	15	25	6.55±1.19	258.16±1.15	289.14±1.68
Sample 38-60-M	60	10	30	6.12±1.74	257.97±1.76	291.88±1.26
Sample 39-60-M	60	5	35	5.57±1.49	256.23±1.28	292.19±1.88
Sample 40-60-M	60	0	40	5.23±1.25	256.85±1.75	295.25±1.23

4.3 ผลการพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสม

พิจารณาจากคุณสมบัติของชิ้นงานจำนวน 40 สูตร พบว่าสูตรส่วนผสมทั้ง 40 สูตรสามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ และมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถพิจารณาสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรม ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ประกอบด้วย พอลิโพรพอลีน : ยางล้อรถยนต์ที่เคลม: ขี้เลื่อย ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt Flow Index; MFI) ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) และสัณฐานวิทยา (Morphology)

ตารางที่ 10 ผลการพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสม

Entry	Material (% โดยน้ำหนัก)			Sulphur & MAPP system (% โดยน้ำหนัก)		
	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 12-60-S	60	40	0	7.06±0.34	264.85±1.48	280.57±1.94
Sample 13-60-S	60	35	5	6.95±1.33	262.18±1.65	282.39±1.77
Sample 14-60-S	60	30	10	6.85±1.57	261.25±1.27	283.98±1.55
Sample 15-60-S	60	25	15	6.59±1.43	260.12±1.35	284.67±1.09
Sample 16-60-S	60	20	20	6.12±1.56	258.63±1.24	285.35±1.79
Sample 17-60-S	60	15	25	5.55±1.09	256.56±1.45	286.13±1.67
Sample 18-60-S	60	10	30	5.12±1.14	254.17±1.97	287.88±1.56
Sample 19-60-S	60	5	35	4.57±1.89	253.23±1.88	289.16±1.98
Sample 20-60-S	60	0	40	4.23±1.45	255.25±1.75	290.20±1.43
Sample 32-60-M	60	40	0	7.45±1.83	264.28±1.25	284.91±1.71
Sample 33-60-M	60	35	5	7.15±1.07	263.25±1.37	284.98±1.35
Sample 34-60-M	60	30	10	7.09±1.49	262.14±1.45	286.67±1.29
Sample 35-60-M	60	25	15	6.92±1.26	260.63±1.14	288.32±1.75
Sample 36-60-M	60	20	20	6.55±1.19	258.16±1.15	289.14±1.68
Sample 37-60-M	60	15	25	6.12±1.74	257.97±1.76	291.88±1.26

Entry	Material (% โดยน้ำหนัก)			Sulphur & MAPP system (% โดยน้ำหนัก)		
	PP	RTR	Sawdust	MFI (g/10 min)	Tensile Strength (Kg/cm^3)	Impact Strength (Kg/cm^3)
Sample 38-60-M	60	10	30	5.57±1.49	256.23±1.28	292.19±1.88
Sample 39-60-M	60	5	35	5.23±1.25	256.85±1.75	295.25±1.23
Sample 40-60-M	60	0	40	7.45±1.83	264.28±1.25	284.91±1.71

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติก (Melt Flow Index; MFI) ความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact Strength) สัณฐานวิทยา (Morphology) และความสามารถในการขึ้นรูปด้วยปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม พบว่า

- แนวคิดที่ 1 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์คือ Sample 36-60-M โดยมีสัดส่วน PP: RTR: ขี้เลื่อย คือ 60: 20: 20 โดยมีค่าสมบัติ MFI = 6.55±1.19 g/10 min Tensile Strength = 258.16±1.15 Kg/cm^3 Impact Strength = 289.14±1.68 Kg/cm^3 ซึ่งค่าคุณสมบัติ MFI มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปในกระบวนการผลิตแบบอัดรีด และสมบัติดังกล่าวเหมาะสมกับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นไม้ภายนอกโดยในกระบวนการผลิตจริงจะมีการออกแบบแม่พิมพ์และการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

- แนวคิดที่ 2 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทรั้ว สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์คือ Sample 15-60-S โดยมีสัดส่วน PP: RTR: ขี้เลื่อย คือ 60: 25: 15 โดยมีค่าสมบัติ MFI = 6.59±1.43 g/10 min Tensile Strength = 260.12±1.35 Kg/cm^3 Impact Strength = 284.67±1.09 Kg/cm^3 ซึ่งค่าคุณสมบัติ MFI มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปในกระบวนการผลิตแบบอัดรีด และสมบัติดังกล่าวเหมาะสมกับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทรั้ว โดยในกระบวนการผลิตจริงจะมีการออกแบบแม่พิมพ์และการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

- แนวคิดที่ 3 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์คือ Sample 34-60-M โดยมีสัดส่วน PP: RTR: ขี้เลื่อย คือ 60: 30: 10 โดยมีค่าสมบัติ MFI = 7.09±1.49 g/10 min Tensile Strength = 262.14±1.45 Kg/cm^3 Impact Strength = 286.67±1.29 Kg/cm^3 ซึ่งค่าคุณสมบัติ MFI มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปในกระบวนการผลิตแบบอัดรีด และสมบัติดังกล่าวเหมาะสมกับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง โดยในกระบวนการผลิตจริงจะมีการออกแบบแม่พิมพ์และการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

- แนวคิดที่ 4 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์คือ Sample 38-60-M โดยมีสัดส่วน PP: RTR: ขี้เลื่อย คือ 60: 10: 30 โดยมีค่าสมบัติ MFI = 5.57±1.49 g/10 min Tensile Strength = 256.23±1.28 Kg/cm^3 Impact Strength = 292.19±1.88 Kg/cm^3 ซึ่งค่าคุณสมบัติ MFI มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปในกระบวนการผลิตแบบอัดรีด และสมบัติดังกล่าวเหมาะสมกับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา โดยในกระบวนการผลิตจริงจะมีการออกแบบแม่พิมพ์และการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

ดังนั้น การพิจารณาและคัดเลือกสูตรส่วนผสมเป็นกระบวนการที่สำคัญในการต่อยอดงานวิจัยจากระดับห้องปฏิบัติการไปสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมและสร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

ผลการศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย

5.1 ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยในระยะนี้ใช้การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อศึกษาสถานะของยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยโดยการวิจัยแบบสำรวจ (Observation Survey) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ประกอบด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 ราย ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์ใหม่ จำนวน 4 ราย กลุ่มผู้ผลิตยางรถยนต์มือสอง (หล่อดอก) จำนวน 3 ราย กลุ่มศูนย์บริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์ จำนวน 4 ราย กลุ่มผู้ประกอบการที่ผลิตยางรีเคลม จำนวน 5 ราย กลุ่มผู้ประกอบการไพโรไลซิส จำนวน 2 ราย กลุ่มผู้ประกอบการที่ใช้ยางล้อรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง จำนวน 2 ราย กลุ่มหน่วยงานภาครัฐด้านข้อมูลสถิติ นโยบายควบคุมมลพิษ และการวิจัยพัฒนาของประเทศไทย จำนวน 4 ราย ดังแสดงในตารางที่ 11 เพื่อทำการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์

ตารางที่ 11 กลุ่มตัวอย่างผู้ให้สัมภาษณ์

ผู้ให้สัมภาษณ์	จำนวน (ราย)
กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์ใหม่	4
กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์มือสอง (หล่อดอก)	3
กลุ่มศูนย์บริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์	4
กลุ่มผู้ประกอบการที่ผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม	5
กลุ่มผู้ประกอบการไพโรไลซิส	2
กลุ่มผู้ประกอบการที่ใช้ยางล้อรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง	2
กลุ่มหน่วยงานภาครัฐทางด้านข้อมูลสถิติ นโยบายควบคุมมลพิษและการวิจัยพัฒนา	4
รวม	24

5.2 ผลการศึกษาวิเคราะห์ สัมภาษณ์ และสังเกตการณ์กลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาวิเคราะห์ สัมภาษณ์ และสังเกตการณ์กลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาวิเคราะห์ สัมภาษณ์ และสังเกตการณ์กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือที่ใช้	การวิเคราะห์ผล
กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์ใหม่	Interview/Site visit	การผลิตยางล้อรถยนต์ ซึ่งมีการนำเศษยางล้อรถยนต์จากกระบวนการผลิตมาใช้ 3-5เปอร์เซ็นต์
กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์มือสอง (หล่อดอก)	Interview/Site visit	การหล่อดอกยางล้อรถยนต์ ซึ่งเป็นการนำยางล้อรถยนต์เก่ากลับมาใช้ใหม่
กลุ่มศูนย์บริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์	Interview/Site visit	หลังการเปลี่ยนยางรถยนต์ลูกค้าสามารถนำกลับได้ หรือฝากทิ้งไว้ที่บริษัทฯ ซึ่งแต่ละสาขาจะมีวิธีการบริหารต่างออกไป เช่น มีคนมารับซื้อ หรือขายให้บริษัทฯ ที่มีความต้องการปริมาณมาก
กลุ่มผู้ผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม	Interview/Site visit	บริษัทที่ผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลมเป็นแห่งแรกในประเทศไทยซึ่งมีกำลังการผลิตในปัจจุบันกว่า 8,000 ตันต่อปี
กลุ่มผู้ประกอบการไพโร-ไลซิส	Interview/Site visit	กระบวนการไพโรไลซิสโดยมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและการควบคุมมลพิษ
กลุ่มผู้ประกอบการที่ใช้ยางล้อรถยนต์เป็นเชื้อเพลิง	Interview/Site visit	เดิมมีการใช้พลังงานจากการเผายางล้อรถยนต์ แต่ในปัจจุบันเลิกใช้แล้ว เนื่องจากมลพิษ และมีความสนใจเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขยะยางล้อรถยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือที่ใช้	การวิเคราะห์ผล
กลุ่มหน่วยงานภาครัฐทางด้านข้อมูลสถิติ นโยบายควบคุมมลพิษและการวิจัยพัฒนา	Interview/Site visit	สถิติขยะยางล้อรถยนต์มีมากกว่า 600,000 ตันต่อปีและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และยังไม่มีนโยบายในการบริหารจัดการาขยะยางล้อรถยนต์
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)	Interview/Site visit	สถิติขยะยางล้อรถยนต์เพิ่มมากขึ้นทุกปี ยังไม่มีวิธีจัดการอย่างเหมาะสมและขาดนโยบายทางด้านนวัตกรรมกรีนที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์รีไซเคิลยางล้อรถยนต์
สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)	Interview/Site visit	ยังไม่มีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการรีไซเคิลขยะยางล้อรถยนต์ แต่สามารถบูรณาการเทคโนโลยีฐานเพื่อใช้วิจัยและพัฒนาต่อยอดได้

จากผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนวัตกรรมและการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ ในตารางที่ 12 ซึ่งได้จำแนกกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบธุรกิจหรือดำเนินการเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์ การนำของเสียระหว่างกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิลขยะยางล้อรถยนต์ ดังนี้

- กลุ่มผู้ที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับยางล้อรถยนต์ ซึ่งมีกระบวนการในการนำของเสียระหว่างกระบวนการผลิตกลับเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตยางล้อรถยนต์อีกครั้ง ซึ่งได้ระบุเป็นกลุ่มตัวอย่างผลิตยางล้อรถยนต์ใหม่ หรือ New tire พบว่าในการผลิตยางล้อรถยนต์มีการนำเศษยางล้อรถยนต์หรือของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ร้อยละ 3-5 ของปริมาณของเสียทั้งหมดเพื่อขึ้นรูปเป็นยางล้อรถยนต์เส้นใหม่ตามมาตรฐานที่กำหนด แต่ก็ยังพบว่าปริมาณของเสียระหว่างกระบวนการผลิตก็ยังเหลืออยู่ในปริมาณร้อยละ 10 – 15 ของปริมาณของเสียทั้งหมดในระหว่างการผลิต

- กลุ่มผู้ที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการบริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์และการหล่อดอกยางล้อรถยนต์ใหม่ ซึ่งได้ระบุกลุ่มดังกล่าวนี้ว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับยางล้อรถยนต์ใช้แล้วและการนำยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ หรือ Used tire ซึ่งพบว่าหลังบริการเปลี่ยนยางล้อรถยนต์แล้วนั้นจะ

มีการบริหารจัดการที่แตกต่างกันออกไปตามนโยบายของบริษัทและยังขาดประสิทธิภาพในการจัดการ รวมทั้งกลุ่มบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการหล่อดอกยางล้อรถยนต์นั้นมีการนำยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วมาหล่อดอกยางใหม่ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนั้นนับได้ว่ายังขาดมาตรฐานในการผลิต ขาดการตรวจสอบโครงยางล้อรถยนต์ รวมทั้งอายุในการใช้งานและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากนักและยังไม่ได้ตามมาตรฐานความปลอดภัย

- กลุ่มผู้ประกอบธุรกิจทางด้านยางล้อรถยนต์รีเคลมพบว่า ในประเทศไทยมีประมาณ 10 ราย โดยตัวแทนกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวนี้เป็นบริษัทที่ผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลมเป็นแห่งแรกในประเทศไทย มีกำลังการผลิตในปัจจุบันกว่า 8,000 ตันต่อปี ซึ่งเป็นรายใหญ่ที่สุดในประเทศในการผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม

- กลุ่มผู้ประกอบธุรกิจทางด้านไพโรไลซิสซึ่งพบว่ากระบวนการดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดเรื่องการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและการควบคุมมลพิษ

- กลุ่มผู้ประกอบธุรกิจทางด้านการนำขยะยางล้อรถยนต์มาเผาไหม้ให้เกิดพลังงานในกระบวนการผลิต หรือ Incineration ซึ่งเดิมมีการใช้พลังงานจากการเผายางล้อรถยนต์ แต่ในปัจจุบันเลิกใช้ยางล้อรถยนต์เก่าแล้ว เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องมลพิษรวมทั้งปัจจุบันมีการใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นแทน

- กลุ่มองค์กรภาครัฐที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ และงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการ นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย ซึ่งหน่วยงานภาครัฐดังกล่าวมีความพยายามในการบูรณาการองค์ความรู้ตามนโยบายที่เกี่ยวข้องเพื่อบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีความชัดเจนมากนัก

ดังนั้น จากการศึกษาและใช้เครื่องมือในการสัมภาษณ์และการสังเกตการณ์แล้วนั้น ทำให้ทราบว่ายังมีช่องว่างและโอกาสในการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ งานวิจัยและพัฒนา และการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าขยะยางล้อรถยนต์ให้สามารถเป็นวัตุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตามความเหมาะสมและตามคุณสมบัติที่ต้องการ

จากผลการศึกษา เก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี นวัตกรรม และการจัดการขยะรถยนต์ พบว่า ในประเทศไทยมีปริมาณขยะยางล้อรถยนต์เพิ่มมากขึ้น เฉลี่ย 600,000 ตันต่อปีและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) รวมทั้ง

จากการสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์บริษัทและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังไม่มีการนำขยะยางล้อรถยนต์มารีไซเคิลและเพิ่มมูลค่าได้โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ในสัดส่วนที่มากขึ้นให้เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของขยะยางล้อรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นจำนวนมาก

ซึ่งหากพิจารณาจากข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากการค้นพบการวัลคาไนซ์ยางธรรมชาติ (Goodyear,1981) การประยุกต์ใช้งานของยางธรรมชาติเริ่มมีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งจากผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 รายนั้น พบว่าการพัฒนายางสังเคราะห์ก็ได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนทำให้ผู้ผลิตในปัจจุบันสามารถผลิตยางสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริมาณการใช้ยางสังเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามสภาวะเศรษฐกิจในยุคปัจจุบัน

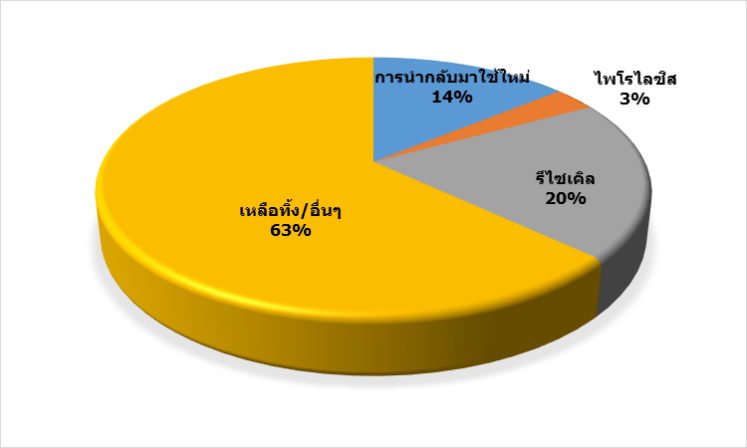
จากผลการศึกษา พบว่า อุตสาหกรรมที่มีปริมาณการใช้ยางสูงสุด คือ อุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ และจากตารางที่ 13 พบว่า ปริมาณการผลิตยางล้อรถยนต์ ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 120,374,739 ชิ้น/ปี และด้วยปริมาณการใช้ยางล้อรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ขยะยางล้อรถยนต์ที่รอการจัดการให้เกิดมูลค่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่า 6,000,000 ล้านตัน/ปี

ตารางที่ 13 ปริมาณการผลิตยางล้อรถยนต์ของประเทศไทย พ.ศ. 2558

ผลิตภัณฑ์ (จำนวนบริษัท)	กำลังการผลิต (ชิ้น/ปี)	ปริมาณการผลิต (ชิ้น/ปี)
ยางล้อรถยนต์ (144)	**129,424,719**	**120,374,739**
- ยางนอก (73)	115,136,279	107,980,979
- ยางใน (23)	7,351,856	6,053,956
- ยางหล่อดอก (55)	6,936,584	6,339,804

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลจากการสำรวจผู้ประกอบการ 114 ราย (อ้างอิงฐานข้อมูลรายชื่อผู้ประกอบการจากสถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 23 สัดส่วนการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย พ.ศ.2555-2558

จากรูปที่ 23 แสดงสัดส่วนการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย พ.ศ.2555-2558 พบว่ามีการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reused) ร้อยละ 14 การนำไปเผาให้เกิดพลังงานในกระบวนการไพโรไลซิสร้อยละ 3 การนำกลับมารีไซเคิลร้อยละ 20 และคงเหลือขยะยางล้อรถยนต์อยู่ถึงร้อยละ 63 ที่ยังถูกปล่อยทิ้งไว้ตามสถานที่ต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษ เสียโอกาสทางด้านการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและเสียโอกาสทางธุรกิจ เนื่องจากขยะยางล้อรถยนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์แล้วจะมีสมบัติเป็นเทอร์โมเซตที่ไม่สามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ ทำให้การรีไซเคิลหรือการนำผลิตภัณฑ์ยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ทำได้ยาก อีกทั้งขยะยางล้อรถยนต์จัดเป็นวัสดุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยากหรืออาจจะไม่ย่อยสลาย ส่งผลให้ขยะยางล้อรถยนต์สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกวิธี และจากข้อมูลแนวโน้มปริมาณการใช้และขยะยางล้อรถยนต์มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากขยะที่เกิดจากขยะยางล้อรถยนต์เก่าแล้ว เศษยาง(Scrap) หรือยางตาย 15-30 เปอร์เซ็นต์ ที่เกิดในกระบวนการผลิตก็นับได้ว่าเป็นปัญหาหลักอีกอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิต เพราะการกำจัดเศษยางทำให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นส่งผลต่อต้นทุนการผลิต ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้การพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ที่สามารถนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ และการจัดการขยะยางล้อรถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมยาง นักวิจัยและนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทั่วโลก ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสนใจในการนำขยะยางล้อรถยนต์มาสร้างมูลค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยเสาะหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์ในรูปแบบการรีไซเคิลเน้นการนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ผ่านกระบวนการแปรรูปและองค์ประกอบให้มีคุณสมบัติตรงตามต้องการในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

ผลการศึกษาสถานภาพขยะยางล้อรถยนต์และระบบบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยผ่านกระบวนการวิจัยทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณแล้วนั้น พบว่า ข้อสังเกตในการบริหารจัดการยางล้อรถยนต์ของประเทศไทย มีดังนี้

ด้านเทคโนโลยี

1. ควรใช้วิธีการจัดการขยะยางล้อรถยนต์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเน้นความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สร้างมูลค่าเพิ่มอย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลดีทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เพื่อลดการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ในทางที่ไม่เหมาะสม เช่น การวางทิ้งไว้ข้างทาง การเผาในที่โล่งแจ้ง และการฝังกลบ

2. ควรสนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาแบบบูรณาการในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสามารถใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาขยะยางล้อรถยนต์ สร้างมูลค่าเพิ่มได้การผลิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ด้านนโยบาย

ควรกำหนดนโยบายสำหรับการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ให้เท่าเทียมในระดับสากล เพิ่มกฎระเบียบของอุตสาหกรรมการแปรรูปขยะยางล้อรถยนต์ เพื่อกำหนดมาตรฐานและลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงสร้างและส่งเสริมจิตสำนึกที่ดีต่อการดำเนินธุรกิจการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ เพื่อเพิ่มโอกาสทางด้านเศรษฐกิจ และยกระดับคุณภาพชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้านการประกอบกิจการ

กำหนดนโยบายและปัจจัยส่งเสริมในการทำงานร่วมกันระหว่างภาครัฐและเอกชน เพื่อมุ่งเน้นการดำเนินงานแบบบูรณาการให้เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด เช่น การลดหย่อนภาษีสำหรับผู้ประกอบธุรกิจทางด้านรีไซเคิลขยะยางล้อรถยนต์ เพื่อให้เกิดปัจจัยกระตุ้นในการประกอบกิจการดังกล่าว และส่งเสริมให้เกิดงานวิจัยและพัฒนาที่สอดคล้องกับความต้องการ

ด้านผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย

ขยายฐานความร่วมมือสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและความรับผิดชอบต่อสังคมในเรื่องของระบบการจัดการขยะยางล้อรถยนต์โดยผ่านโครงการประชาสัมพันธ์ในช่องทางต่างๆ เพื่อให้ความรู้แก่ประชาชน เกี่ยวกับปัญหาของขยะยางล้อรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น การจัดการขยะยางล้อรถยนต์ที่ไม่เหมาะสม นโยบายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเป้าหมายในอนาคต เพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมและเตรียมความพร้อมในการแก้ไขปัญหาขยะยางล้อรถยนต์และความขาดแคลนทรัพยากร

ด้านกลไกการลงทุน

พัฒนาระบบการส่งเสริมการลงทุนสำหรับงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้อง และสำหรับผู้ประกอบการที่ประกอบธุรกิจที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นปัจจัยส่งเสริมในการดำเนินการให้สอดคล้องนโยบายการจัดการขยะยางล้อรถยนต์

ในปัจจุบันการจัดการขยะยางรถยนต์ของประเทศไทยส่วนใหญ่นั้น พบว่ายังไม่มีนโยบายและปัจจัยส่งเสริมให้ดำเนินธุรกิจหรือประกอบกิจกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นนอกจากจะต้องมีการสนับสนุนและกำหนดปัจจัยกระตุ้นจากภาครัฐสู่ภาคเอกชนแล้ว ยังต้องถ่ายทอดองค์ความรู้แบบบูรณาการ มีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม การขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ และการประกอบธุรกิจที่เกี่ยวข้องอย่างยั่งยืน

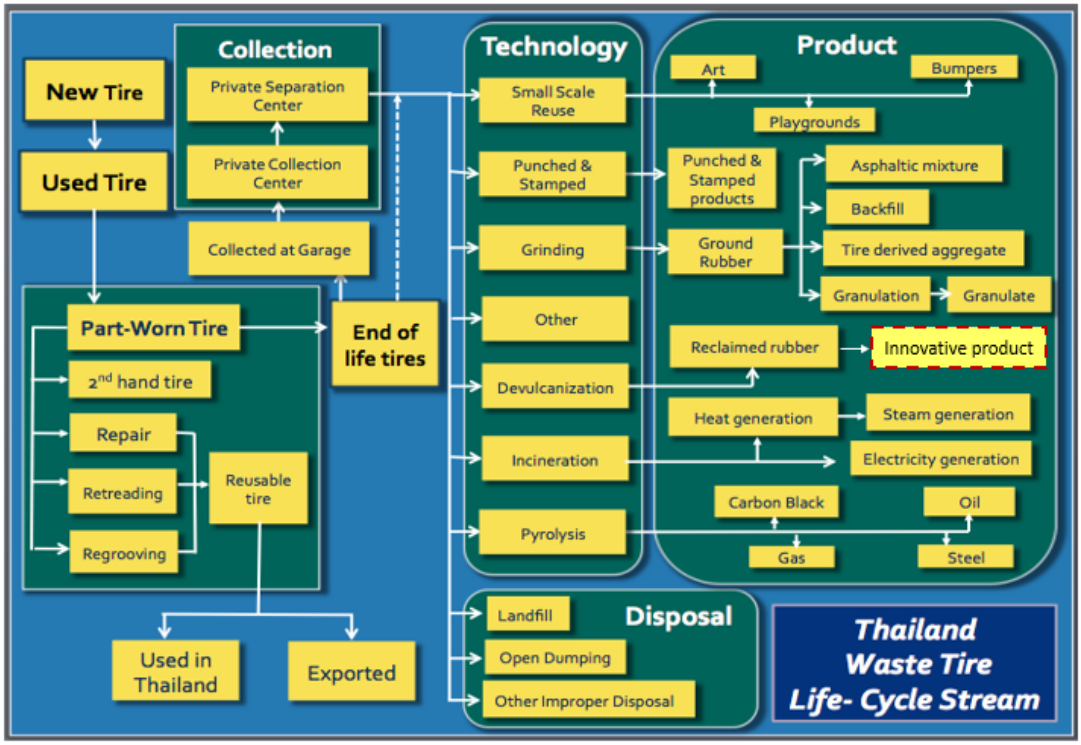
ผลที่ได้จากการศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

- ควรลดการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ที่ไม่เหมาะสมเช่น การเผาในที่โล่ง การวางทิ้งไว้ และการฝังกลบ
- ควรเพิ่มการเติบโตของอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ที่มีศักยภาพทางการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- ควรสร้างความตระหนักและส่งเสริมให้เกิดการดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะยางล้อรถยนต์
- ควรมีนโยบายการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานของโอกาสทางธุรกิจและความรับผิดชอบต่อสังคม
- ควรมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมแบบเพิ่มมูลค่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์

นำผลการวิเคราะห์เชิงลึกจากกลุ่มตัวอย่างข้างต้นมาวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์ เพื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระดับโลกรวมทั้งการวิเคราะห์แบบบูรณาการในมิติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ มิติทางด้านเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา การตลาด ธุรกิจ ผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องตามศักยภาพของประเทศไทย เพื่อวางกลยุทธ์ทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์และการพัฒนานวัตกรรมจากขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย



รูปที่ 24 วัฏจักรขยะยางล้อรถยนต์และเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ของประเทศไทย

จากผลการศึกษาและการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์วัฏจักรยางล้อรถยนต์และเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อการบริหารจัดการขยะยางล้อรถยนต์ซึ่งเกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมขยะยางล้อรถยนต์ (รูปที่ 24) พบว่า ในวัฏจักรยางล้อรถยนต์ประกอบด้วยยางล้อรถยนต์ใหม่ และยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วซึ่งต้องผ่านกระบวนการจัดเก็บยางล้อรถยนต์เหล่านั้นจากศูนย์แยกขยะยางล้อรถยนต์ ศูนย์เก็บขยะยางล้อ หรืออู่รถยนต์ที่มีการเก็บขยะยางล้อรถยนต์ สำหรับยางมือสองในบางประเภทมีการผ่านกระบวนการหล่อดอกยางใหม่เพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ สำหรับเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่มีหลากหลายเช่น การทำให้ขยะยางล้อรถยนต์มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อความสวยงาม เป็นที่รับแรงกระทก หรือเป็นพื้นสนามเด็กเล่น การใช้เทคโนโลยีเจาะและกดขึ้นรูปขยะยางล้อรถยนต์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ การใช้เทคโนโลยีในการบดขยะยางล้อรถยนต์ให้เป็นผงเพื่อใช้เป็นวัตุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การใช้เทคโนโลยีเผาเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนและไฟฟ้า การใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสเพื่อให้ได้น้ำมัน ก๊าซ คาร์บอนแบล็ค และไฟเบอร์เหล็ก ทั้งนี้เทคโนโลยีที่น่าสนใจและมีโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์คือ เทคโนโลยีดีวัลคาไนเซชั่นเพื่อแปรรูปยางล้อรถยนต์ผงให้เป็นยางผงล้อรถยนต์รีเคลมผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลมซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนานวัตกรรมต่อไป แต่ในวัฏจักรขยะ

ยางล้อรถยนต์ในประเทศไทยที่ได้จากการเก็บข้อมูลก็ยังพบว่ามีขยะยางล้อรถยนต์เหลือทิ้งที่ยังไม่ก่อให้เกิดประโยชน์จำนวนมากซึ่งก่อให้เกิดการทิ้งตามสถานที่รกร้างต่างๆ ก่อให้เกิดมลพิษและเป็นที่เพาะพันธุ์แมลงและสัตว์มีพิษ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงเทคโนโลยีที่หลากหลายทำให้สามารถเพิ่มโอกาสในการนำขยะยางล้อรถยนต์มากลับมาใช้ประโยชน์มากขึ้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและสร้างมูลค่าเพิ่ม

การนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ หรือการแปรรูปให้มีขนาดเล็กลงเหมาะกับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ (รูปที่ 25) พบว่าการนำยางรถยนต์ทั้งเส้นมาแปรรูปให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ (reused) นั้น มีค่อนข้างหลากหลายที่พบเห็นได้ทั่วไป เช่น กระถางต้นไม้ ถังขยะ อุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น ฯลฯ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีการตัด การเลื่อย ตามรูปแบบที่ต้องการ และใช้ทักษะการประดิษฐ์เพื่อเอื้อต่อการใช้สอยและความสวยงาม

รูปที่ 25 การนำขยะยางล้อรถยนต์มาแปรรูปและดัดแปลงให้เป็นอุปกรณ์ในสนามเด็กเล่น

5.3.1 เทคโนโลยีการแปรรูปด้วยการเจาะและกดขึ้นรูป (Punched & Stamped)

การแปรรูปด้วยการเจาะและกดขึ้นรูป เป็นส่วนหนึ่งในการนำกลับมาใช้ใหม่ (reused) ซึ่งจะมีการออกแบบผลิตภัณฑ์บูรณาการกับศิลปะความสวยงามผ่านการขึ้นรูปตามความปราณีตและความต้องการใช้งานที่หลากหลาย ดังแสดงในรูปที่ 26

รูปที่ 26 การแปรรูปขยะยางล้อรถยนต์ด้วยการเจาะและกดขึ้นรูป
(Green Art, 2008)

5.3.2 เทคโนโลยีการบดให้เป็นผง (Grinding)

การแปรรูปยางล้อรถยนต์โดยการบดให้เป็นผง (Shuman, 2010) เพื่อนำไปใช้งานในหลายรูปแบบถือว่าเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในวงกว้างเพราะวิธีนี้ค่อนข้างง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากขนาดและรูปร่างของยางผง ซึ่งเรียกว่า Grounded Tire Rubber (GTR) นั้น ขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการบด เครื่องจักรที่ใช้ และการเลือกเทคนิคการเตรียมยางผงที่ดีที่สุดคือต้องเป็นเทคนิคที่ดีและมีต้นทุนต่ำ เพื่อเป็นต้นทุนทางด้านวัตถุดิบในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการต่อไป

จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีการผลิตยางผงซึ่งสามารถผลิตได้หลายวิธี เช่น การบดที่อุณหภูมิต่ำ (Cryogenic Grinding) การบดที่อุณหภูมิห้อง (Ambient Grinding) หรือการบดเปียกที่อุณหภูมิห้อง (Wet Ambient Grinding) ซึ่งการบดและการคัดขนาดด้วยการร่อนผ่านตะแกรง (Sieving) จะมีผลค่อนข้างมากต่อขนาดอนุภาค โครงสร้าง รวมถึงการกระจายตัวของอนุภาคของยางผงที่ได้ รวมทั้งมีผลต่อการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และการประยุกต์ใช้งานยางผงต่อไป ได้แก่

- กลุ่มยางผงขนาดใหญ่ (500 – 1,400 ไมโครเมตร) นำไปผลิตผลิตภัณฑ์บล็อกยาง แผ่นยางปูพื้น และวัสดุรองรับการกระแทก ฯลฯ

- กลุ่มยางผงขนาดเล็ก (300 – 500 ไมโครเมตร) นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางรีเคลมเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

- กลุ่มยางผงขนาดละเอียด (75 – 300 ไมโครเมตร) ใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ท่อน้ำ กระถาง แผ่นยางปูพื้น รวมไปถึงการนำไปผสมยางมะตอยเพื่อปูพื้นถนนหรือบ่อน้ำ

- กลุ่มยางผงขนาดละเอียดมาก (ต่ำกว่า 75 ไมโครเมตร) ใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรในการผลิตยางล้อรถยนต์ ซึ่งในบางบริษัทอาจใช้ขนาดน้อยกว่า 20 ไมโครเมตร

อย่างไรก็ตาม การแปรรูปยางล้อรถยนต์ที่ใช้แล้วให้เป็นยางผงซึ่งเป็นวัตุดิบในการผลิตภัณฑ์ต่างๆ ยังมีข้อจำกัดเรื่องการขึ้นรูปและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ เช่น ความแข็งแรง ความทนทาน เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าวนั้นไม่ได้เกิดกระบวนการที่สร้างความแข็งแรงจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งอาจส่งผลให้ยางผงดังกล่าวอาจหลุดลอกโดยขึ้นอยู่กับการใช้งาน เวลา และสภาวะแวดล้อมที่ใช้งาน

5.3.3 เทคโนโลยีการเผาไหม้เพื่อให้ได้พลังงานทดแทน (Incineration)

การบำบัดกากอุตสาหกรรมด้วยเตาเผาเป็นการเผาไหม้กากอุตสาหกรรมในเตาเผาหรืออาจจะเป็นการเผาไหม้ร่วมกับกระบวนการเผาไหม้อื่นๆ เช่น การเผาไหม้ร่วมในเตาผลิตปูนซิเมนต์ กระบวนการเผาไหม้จะมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของกากอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภท รวมถึงลักษณะสมบัติของกาก เช่น ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ องค์ประกอบของขยะ อัตราการเผาไหม้ ค่าความร้อน เป็นต้น

กากอุตสาหกรรมบางชนิดสามารถนำไปเผากำจัดในเตาอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีสภาพการเผาไหม้ที่เหมาะสมได้ โดยเตาอุตสาหกรรมประเภทเตาเผาปูนซีเมนต์ที่สามารถกำจัดกากอุตสาหกรรมได้โดยไม่มีเถ้าหรือเศษเหลือให้ต้องนำไปฝังกลบ และใช้กันอย่างแพร่หลายคือเตาเผาปูนซีเมนต์ ซึ่งจะใช้ประโยชน์จากกากอุตสาหกรรมที่เผาในรูปของการทดแทนวัตถุดิบบางส่วนหรือพลังงานความร้อนบางส่วนหรือทั้งสองอย่าง ทั้งนี้จะต้องมีการควบคุมคุณสมบัติและปริมาณของกากอุตสาหกรรมที่จะนำไปเผาไม่ให้เกิดผลกระทบกับคุณภาพของปูนซีเมนต์ต่อผู้บริโภค ตลอดจนคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในประเทศไทย ผู้ผลิตปูนซีเมนต์ที่สามารถเผากำจัดกากอุตสาหกรรมในเตาเผาปูนซีเมนต์ได้อย่างถูกต้องตามกฎหมายจะต้องได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเป็นโรงงานกำจัดของเสียลำดับที่ 101 (โรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม) เท่านั้น

ขยะยางล้อรถยนต์ นับได้ว่าเป็นเชื้อเพลิงทดแทนประเภทหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่มีค่าความร้อนในตัว อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาและการสังเกตการณ์พบว่าปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนจากการเผาขยะยางล้อรถยนต์น้อยลงทั้งในโรงงานปูนซีเมนต์และการผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องการจัดการมลภาวะและความคุ้มทุนในการแปรรูปไปเป็นพลังงานต้องการ

5.3.4 เทคโนโลยีการดีวัลคาไนเซชั่น (Devulcanization)

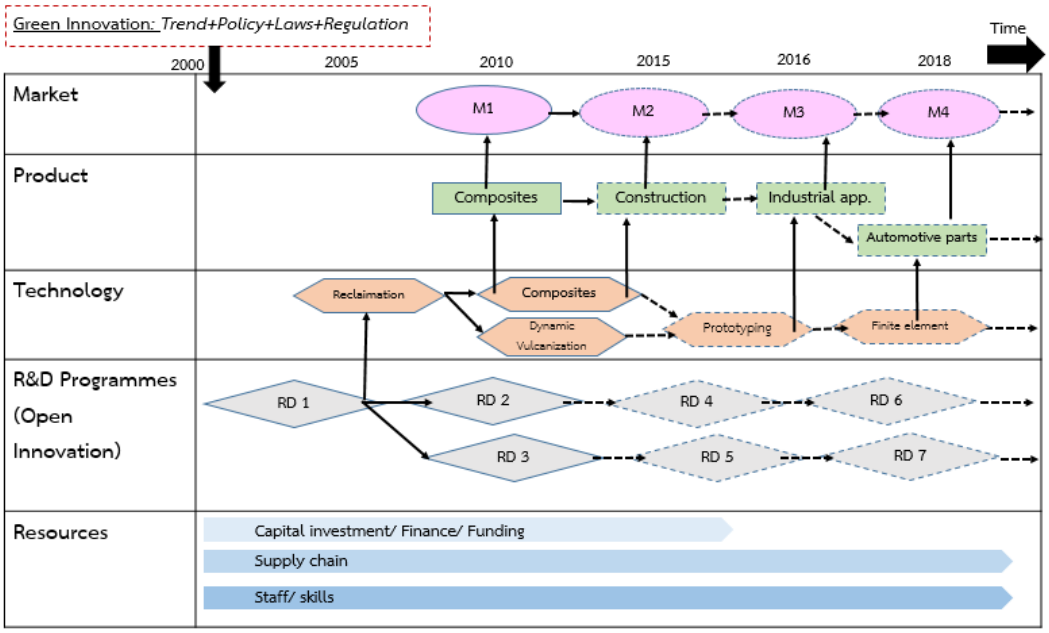
จากผลการศึกษา พบว่า ผู้ประกอบการมีการบดขยะยางล้อรถยนต์ให้เป็นผงและต้องทำลายพันธะเชื่อมโยงโมเลกุลก่อน ด้วยกระบวนการดีวัลคาไนเซชั่น (Devulcanization) และยางที่ผ่านการดีวัลคาไนเซชั่น เรียกว่า ยางผงรีเคลม (Reclaimed Tire Rubber; RTR) เพื่อจำหน่ายเป็นวัตถุดิบหรือขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น แผ่นยาง ยางปูพื้น ฯลฯ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการนำยางรีเคลมไปผลิตเป็นวัสดุคอมพอสิต จากบทที่ 2 พบว่า วัสดุคอมพอสิตจากยางรีเคลมเป็นนวัตกรรมที่น่าสนใจ เป็นที่ต้องการของตลาดและอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีคุณสมบัติโดดเด่นตรงตามความต้องการ และสามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบโดยมีความจำเป็นต้องใช้กระบวนการบริหารจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อสร้างโอกาสทางด้านธุรกิจต่อไป

5.4 แผนที่นำทางเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

เนื่องจากแผนที่นำทางเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาวะทางด้านเทคโนโลยีและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาความชัดเจนและกำหนดเป้าหมายในช่วงก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้มีโอกาสประสบความสำเร็จ

โดยแนวคิดในการวิจัยดังกล่าวนี้เป็นการนำแผนที่นำทางเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และสามารถจัดทำแผนที่นำทางเทคโนโลยีสำหรับเทคโนโลยีการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ โดยเมื่อพิจารณาจากวัตุประสงค์ในการสร้างนวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถจัดกลุ่มการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการบริหารจัดการ การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี (Lee and Park,2005) ร่วมกับกระบวนการจัดทำ TRM แบบหลายชั้น (EIRMA,1997) ซึ่งใช้ปัจจัยเวลาเป็นเกณฑ์และองค์ประกอบเป็นชั้นๆ ซึ่งมักจะรวมถึงทัศนวิสัยเชิงพาณิชย์และเชิงเทคโนโลยี แผนที่รูปแบบนี้เปิดโอกาสให้มีการสำรวจศึกษาวิวัฒนาการของตลาด ผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยี รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างทัศนวิสัยหลากหลายมุมมอง



หมายเหตุ ตลาดเม็ดพลาสติก (M1) ตลาดวัสดุก่อสร้าง (M2) ตลาดสินค้าอุปโภค (M3) ตลาดชิ้นส่วนยานยนต์ (M4)
งานวิจัย 1 (RD1) งานวิจัย 2 (RD2) งานวิจัย 3 (RD3) งานวิจัย 4 (RD4) งานวิจัย 5 (RD5) งานวิจัย 6 (RD6) งานวิจัย 7 (RD7)

รูปที่ 27 แผนภาพเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ของประเทศไทย (ที่ได้จากงานวิจัยนี้)

จากรูปที่ 27 จัดทำแผนภาพเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม พบว่าจากการจัดทำ TRM นั้น ประกอบด้วยการพิจารณาหลายๆ มิติ จากการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ผ่านผู้เชี่ยวชาญรายกลุ่มสาขา ดังนี้

1.เวลา มิติด้านเวลาสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมตามลักษณะของเทคโนโลยี การตลาด และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยให้สอดคล้องกับแนวโน้มความต้องการทางด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นโยบายของภาครัฐ กฎ ระเบียบข้อบังคับ ในการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ รวมไปถึงความพยายามในการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ทดแทนวัสดุที่มีใช้อยู่แล้ว หรือเป็นวัสดุใหม่เพิ่มทางเลือกให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ให้ตรงกับคุณสมบัติและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

2.ระดับชั้น แกนแนวตั้งของ TRM มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีความจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับประเทศ ซึ่งในบริบทการจัดทำ TRM นี้ ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์สภาวะทางด้านเทคโนโลยี การตลาด ผลิตภัณฑ์ งานวิจัย และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องเพื่อหาความสัมพันธ์เชื่อมโยงและมีการต่อยอดงานวิจัยแบบบูรณาการมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมตอบสนองความต้องการของทุกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับขยะยางล้อรถยนต์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการในการพัฒนา TRM ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ขั้นตอนในการดำเนินงาน ตามแนวคิดของ Daim and T. Oliver (2008) โดยใช้ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นจากการหาความต้องการของตลาด และปัจจัยที่เป็นตัวขับเคลื่อน (Driver) ความต้องการนั้น

2. หาผลิตภัณฑ์จะที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการและตัวขับเคลื่อนดังกล่าว

3. หาเทคโนโลยีที่สนับสนุน และสามารถนำมาซึ่งผลิตภัณฑ์ตามที่ตลาดต้องการ

4. สร้างความเชื่อมโยงระหว่างมิติของเวลา ตลาด ผลิตภัณฑ์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทรัพยากร

5. วางแผนและกำหนดกลยุทธ์เพื่อให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ และปัจจัยต่างๆ เหล่านั้น

6. จัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอต่อการพัฒนาหรือได้มาซึ่งเทคโนโลยี

จากแผนภาพเทคโนโลยีในการสร้างนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม (รูปที่ 27) พบว่า

1.ตลาด (Market) จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยทางการตลาด พบว่า ตลาดที่น่าสนใจและมีความต้องการคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมที่มีคุณสมบัติหลากหลายนั้น ประกอบด้วย ตลาดเม็ดพลาสติก (M1) ตลาดวัสดุก่อสร้าง (M2) ตลาดสินค้าอุปโภค (M3) ตลาดชิ้นส่วนยานยนต์ (M4)

2.ผลิตภัณฑ์ (Product) จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยการตลาด พบว่า เมื่อตลาดมีความต้องการที่ชัดเจนและเห็นโอกาสทางธุรกิจ ควรศึกษาช่องทางการตลาดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการมากที่สุด โดยดูปัจจัยความพร้อมด้านต่างๆ ให้เหมาะสมที่สุด

3.เทคโนโลยี (Technology) จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยทางการตลาด และผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงเทคโนโลยีที่สนับสนุน และพร้อมต่อยอดในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองตลาด โดยพิจารณาถึงความเชื่อมโยงในแต่ละปัจจัย ซึ่งพบว่าเทคโนโลยีหลักที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เทคโนโลยีรีเคลม (Reclaimation Technology) เทคโนโลยีคอมพอสิต (Composite Technology) เทคโนโลยีไดนามิกวัลคาไนเซชั่น (Dynamic Vulcanization Technology) เทคโนโลยีการขึ้นรูปต้นแบบ (Prototyping Technology) และเทคโนโลยีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Technology)

4.งานวิจัย (R&D Programmes) จากการวิเคราะห์ทางด้านการตลาด ผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยีแล้วนั้น การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์มีความจำเป็นในการต่อยอดจากงานวิจัยพัฒนาหรือในบางกรณีมีความจำเป็นต้องเสาะหาองค์ความรู้ใหม่ๆ ซึ่งมีทั้งกระบวนการนวัตกรรมแบบปิด (Closed Innovation Process) และกระบวนการนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation

process) ซึ่งในการพัฒนานวัตกรรมเน้นกระบวนการนวัตกรรมแบบเปิด เนื่องจากการสร้างองค์ความรู้ใหม่ใช้ระยะเวลานาน จึงควรมองหางานวิจัยหรือเทคโนโลยีนอกองค์กร ทั้งภายในและต่างประเทศที่สามารถสนับสนุนให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมให้เร็วที่สุดและสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ทันตามมิติของเวลา

5.ทรัพยากร (Resources) เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการสนับสนุนส่งเสริมให้การดำเนินกิจกรรมการพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวประสบความสำเร็จ ได้แก่ เงินลงทุนหรือทุนสนับสนุนในการดำเนินการในแต่ละกิจกรรม ห่วงโซ่อุปทาน พนักงานและทักษะ ซึ่งการดำเนินงานที่ดีควรมีการบริหารจัดการทรัพยากรให้ตรงวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพสูงสุด

การนำแผนที่นำทางเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดควรคำนึงถึงเสมอว่าแผนที่นำทางดังกล่าวนี้ ควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอเมื่อมีเหตุที่ต้องปรับปรุง เช่น เมื่อมีแนวโน้มในตลาดใหม่ๆ นโยบาย หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับตลาด ผลิตภัณฑ์หรือระบบธุรกิจ สิ่งเหล่านี้ที่ผ่านมาอาจยังไม่ได้รับการคำนึงถึงในแผนที่นำทางอย่างเต็มที่นัก จึงควรมีการหาข่าวและวิเคราะห์ข้อมูลข่าวกรองเกี่ยวกับตลาด (Market Intelligence) รวมไปถึงการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆ (Emerging Technologies) อยู่เสมอ มีการปรับปรุงแผนที่นำทางให้มีความคล่องตัวและเหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุดต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

การคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิต จากยางล้อรถยนต์รีเคลม

ใช้กระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Fuzzy Front-End; FFE) เพื่อคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทำจากวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อเพิ่มมูลค่าของนวัตกรรมและเพิ่มโอกาสให้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมและการดำเนินธุรกิจ ดังนั้น ขั้นตอนการวิจัยดังกล่าวนี้จึงเป็นการวิเคราะห์โอกาส (Opportunity Identification) โดยศึกษาข้อมูลทุติยภูมิเพื่อวิเคราะห์โอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ซึ่งประกอบด้วยความเป็นไปได้ทางด้านเทคโนโลยี ความเป็นไปได้ทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดและธุรกิจ

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เริ่มจากการวิเคราะห์ FFE ซึ่งเป็นกระบวนการพิจารณาก่อนการตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ตรงกับความต้องการ ซึ่งคำนึงถึงตลาด เทคโนโลยี และผลิตภัณฑ์ ร่วมกับปัจจัยต่างๆ เช่น แนวโน้มความต้องการ กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ ขีดความสามารถ และทรัพยากรต่างๆ เป็นต้น

การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity Identification) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ในระยะ FFE เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากผลการวิเคราะห์ภาพรวมของอุตสาหกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม พบว่าในประเทศไทยเริ่มมีอุตสาหกรรมต้นน้ำที่เริ่มมีการนำขยะยางล้อรถยนต์มาบดให้เป็นผงผ่านกระบวนการดีวัลคาไนเซชั่น เรียกว่า “ยางรีเคลม” ซึ่งนับได้ว่าเป็นวัตถุดิบหลักในกลุ่มซัพพลายเออร์สำหรับการพัฒนานวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม โดยจากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตร ปี พ.ศ.2553 – 2557 พบว่า มีปริมาณการผลิตยางรีเคลมมากขึ้นดังนี้ 33.49 ล้านบาท (พ.ศ. 2553) 60.71 ล้านบาท (พ.ศ. 2554) 58.70 ล้านบาท (พ.ศ. 2555 97.50 ล้านบาท (พ.ศ. 2556) และ 133.90 ล้านบาท (พ.ศ.2557) และปริมาณการผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม ดังกล่าว ส่วนใหญ่จะเป็นการส่งออกขายต่างประเทศในราคาค่อนข้างต่ำ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจากยางรีเคลมเนื่องจากโอกาสทางการตลาดและธุรกิจ รวมทั้งการสูญเสียโอกาสจากการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ขยะยางล้อรถยนต์ จากรูปที่ 23 ข้อมูลเชิงปริมาณของขยะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย พ.ศ.2555-2558 พบว่าจากมีสัดส่วนในการจัดการขยะยางล้อรถยนต์ ดังนี้คือ การนำกลับมาใช้

ใหม่ (Reused) ร้อยละ 14 การนำไปเผาให้เกิดพลังงานในกระบวนการไพโรไลซิส ร้อยละ 3 การนำกลับมารีไซเคิลร้อยละ 20 และคงเหลือขยะยางล้อรถยนต์อยู่ถึงร้อยละ 63 ที่ยังถูกปล่อยทิ้งไว้ตามสถานที่ต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษ เสียโอกาสทางด้านการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและเสียโอกาสทางธุรกิจ

จากการศึกษายังไม่พบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมที่เกิดจากสูตรส่วนผสมระหว่างยางรีเคลม พลาสติกชนิดต่างๆ และ/หรือ เส้นใย ที่มีคุณสมบัติหลากหลายตอบโจทย์ทุกความต้องการในหลายอุตสาหกรรมในตลาดทั้งในประทศและต่างประเทศ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เกิดจากการนำยางรีเคลม หรือยางบด (Grounded Tire Rubber; GTR) ไปผสมกับยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ปูนซีเมนต์ และวัสดุอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามต้องการ

จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนั้นพบว่า มีงานวิจัยที่มีโอกาสในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ดังแสดงในตารางที่ 14

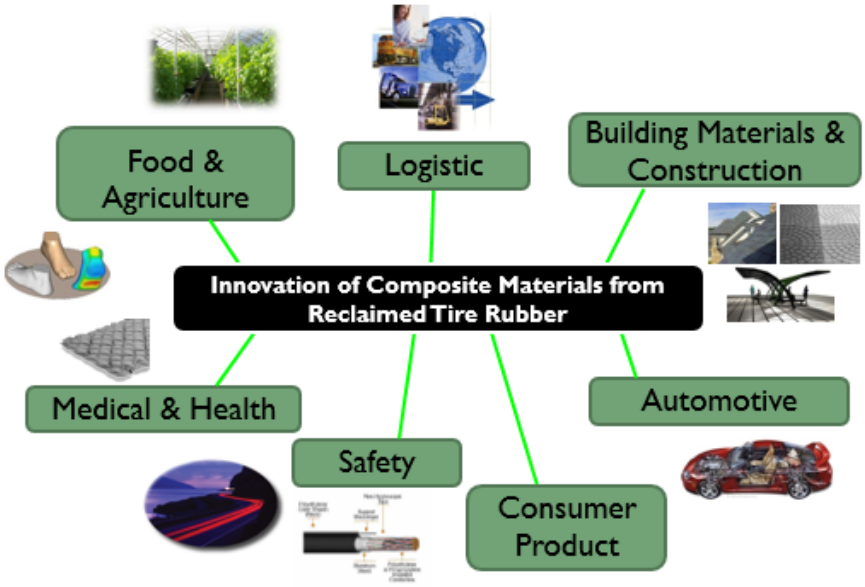
ตารางที่ 14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางรถยนต์รีเคลม

งานวิจัย	สูตรส่วนผสมหลัก	ผู้วิจัย
ศึกษาการคงรูปเชิงพลวัตของของผสม พอลิโพรพิลีน (Polypropylene) และยางธรรมชาติ (Natural Rubber) แล้วเติมไม้ยางพารา (Rubberwood)	NR+PP+ rubber wood	Ismail และคณะ (2001)
ศึกษาสมบัติเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ของของผสมพอลิโพรพิลีน ยางธรรมชาติ และยางที่นำกลับมาใช้ใหม่	NR+ used NR+PP	Ismail และคณะ (2002)
ศึกษาสมบัติการเสริมแรงของพอลิโพรพิลีนและยางรีเคลม	RTR+PP	Juikham และ Tantayanon (2004)
ศึกษาการคงรูปเชิงพลวัตจากการผสมของยางรถยนต์รีเคลมขนาด	RTR + HDPE	Punnarak และคณะ (2006)

งานวิจัย	สูตรส่วนผสมหลัก	ผู้วิจัย
500-600 ไมครอน และพอลิเอทิลีนหนาแน่นสูง (HDPE)		
ศึกษาการปรับปรุงสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก โดยการผสมเส้นใยในคอมพอสิตพอลิโพรพิลีน เมื่อใช้ยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็ม	NR+EPDM+PP+Fiber	Ruksakulpiwat และคณะ (2009)
ศึกษากระบวนการฉีดโดยใช้พอลิโพรพิลีนผสมกับยางล้อรถยนต์บดเป็นผง	GTR+PP	Xin และคณะ (2010)
สูตรส่วนผสมของพอลิโพรพิลีน ยางรีเคลม และผงขี้เลื่อย สำหรับการขึ้นรูปแบบฉีด	RTR+PP+Sawdust	Sriboonruang และคณะ (2011)
การเตรียมของผสมพอลิโพรพิลีน/ยางล้อรถยนต์รีเคลมเสริมแรงด้วยอีพอกซีเรซิน	RTR+PP+Epoxy Resin	Wanichpinyo และคณะ (2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักวิจัยมีความสนใจและมองเห็นความสำคัญในการนำขยะยางล้อรถยนต์กลับมาใช้ใหม่ โดยเน้นการสร้างมูลค่าเพิ่ม มีการปรับคุณสมบัติของคอมพอสิตให้มีความหลากหลาย มีการเพิ่มส่วนประกอบหลัก เช่น เส้นใย หรือสารเสริมแรงต่างๆ รวมทั้งมีการปรับคุณสมบัติด้วยสารเติมแต่งให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวส่วนใหญ่ยังเป็นงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นทางด้านการเตรียมวัสดุคอมพอสิตให้ตรงตามต้องการโดยขาดการวิจัยเพิ่มเติมทางด้านกระบวนการผลิตและต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถ้าหากพิจารณาถึงคุณสมบัติคอมพอสิตดังกล่าวแล้วนั้น พบว่ามีคุณสมบัติหลากหลายสามารถตอบโจทย์ความต้องการของอุตสาหกรรมได้ในวงกว้าง ดังแสดงในรูปที่ 28



รูปที่ 28 ความเป็นไปได้ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ
ที่มา: รายงานการวิจัยเชิงธุรกิจ “นวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม”(จิรัชญา, 2554)

จากรูปที่ 28 แสดงความเป็นไปได้ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ (จิรัชญา,2554) พบว่า ตลาดที่น่าสนใจในระยะเวลาใกล้เคียงกัน และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้วัสดุคอมพอสิตดังกล่าวแล้ว ได้แก่ ตลาดวัสดุก่อสร้าง ตลาดอุปกรณ์และชิ้นส่วนยานยนต์ ตลาดสินค้าอุปโภค ตลาดผลิตภัณฑ์ความปลอดภัย ตลาดอุปกรณ์การแพทย์ ตลาดอาหารและการเกษตร และตลาดอุปกรณ์การขนส่ง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านการตลาดเบื้องต้น พบว่าตลาดที่น่าสนใจและมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ ตลาดวัสดุก่อสร้าง

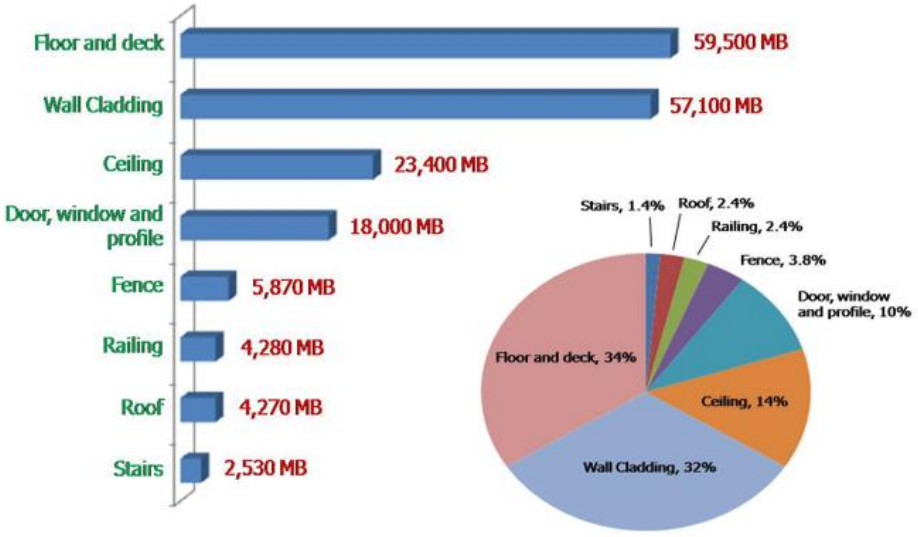
สภาพตลาดวัสดุก่อสร้างในปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมานับว่าเป็นปีที่ท้าทายของธุรกิจในแขนงต่างๆ รวมถึง ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างและธุรกิจวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากผลกระทบทางเศรษกิจโลกและเศรษฐกิจไทยที่เหมือนยังรอคอยปัจจัยด้านบวกอยู่ทำให้ตลาดวัสดุก่อสร้างลดลงถึง ร้อยละ 3 จากปี 2557 แต่ด้วยนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจของภาครัฐในปลายปีที่ผ่านมาทำให้เห็นว่ากลุ่มผู้บริโภคมีการสำรองเงินทุนและรอคอยการดีขึ้นของเศรษฐกิจไทยทำให้ตลาดวัสดุก่อสร้างในปี 2559 นี้ถูกคาดการณ์ว่าจะมีอัตราการเติบโตกลับมาที่ร้อยละ 3-4

ปัจจัยที่คาดว่าจะทำให้ตลาดวัสดุก่อสร้างปี 2559 เติบโตร้อยละ 3-4

1. นโยบายของภาครัฐ: ด้วยนโยบายโครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐ เป็นปัจจัยด้านบวกของภาคธุรกิจวัสดุก่อสร้างและรับเหมา เนื่องจากการขยายตัวของภาคคมนานคมจะส่งผลให้เกิดการลงทุนและมีการใช้จ่ายในด้านอสังหาริมทรัพย์เป็นจำนวนมาก

2. นโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจ: จากปลายปีที่ผ่านมา โครงการช้อปลดภาษี ทำให้เห็นว่าผู้บริโภคชาวไทยยังมีกำลังซื้อที่มหาศาลอยู่ ส่งผลให้ปีนี้ภาครัฐถูกคาดหวังว่าจะมีโครงการอะไรเพื่อช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจอีก ซึ่งทั้งหมดจะเป็นผลดีต่อตลาดด้วย

3. ความมั่นใจของภาคเอกชน: เมื่อภาครัฐแสดงให้เห็นว่า นโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจได้ผล ภาคเอกชนที่นิ่งเพื่อรอดูก่อนหน้านี้ก็จะกลับมาแข่งขันกันในด้านต่างๆ มากขึ้น ซึ่งก็จะส่งผลให้ตลาดวัสดุก่อสร้างกลับมาคึกคักมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 29 วิเคราะห์ตลาดของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง (พ.ศ.2557)
ที่มา: วัสดุก่อสร้างเอสซีจี

จากรูปที่ 29 ผลการวิเคราะห์ตลาดของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง (พ.ศ.2557) พบว่าผลิตภัณฑ์ประเภทพื้นและชั้น (Floor and deck) มีส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด คือ ร้อยละ 34 คิดเป็นมูลค่า 59,500 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทตกแต่งผนัง (Wall Cladding) มีส่วนแบ่งการตลาดรองลงมา คือ ร้อยละ 32 คิดเป็นมูลค่า 57,100 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทเพดาน (Ceiling) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 14 คิดเป็น 23,400 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทประตู หน้าต่าง และส่วนประกอบ (Door, window and profile) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 10 คิดเป็น 18,000 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทรั้ว (Fence) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 3.8 คิดเป็น 5,870 ล้านบาท

ผลิตภัณฑ์ประเภทราว (Railing) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 2.4 คิดเป็น 4,280 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทหลังคา (Roof) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 2.4 คิดเป็น 4,270 ล้านบาท และผลิตภัณฑ์ประเภทบันได (Stairs) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 1.4 คิดเป็น 2,530 ล้านบาท

ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสำหรับวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ ข้างต้นนั้น คือ วัสดุคอมพอสิตทดแทนไม้จริงหรือไม้เทียมและเน้นคุณสมบัติที่เหนือกว่า เนื่องจากวัสดุไม้จริงหรือไม้เทียมเป็นที่ต้องการในทุกๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น พื้น ชั้น ผนัง เพดาน ประตู หน้าต่าง รั้ว ราว หลังคา และบันได ถึงแม้ว่าจะมีวัสดุหลายประเภทให้เลือกใช้ แต่ความนิยมและส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด คือ ไม้จริงหรือไม้เทียม

จากการศึกษาความต้องการวัสดุประเภทไม้ของธุรกิจก่อสร้าง (แผนยุทธศาสตร์องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2557) พบว่าการเติบโตของธุรกิจก่อสร้างส่งผลต่ออุปสงค์ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูป พิจารณาจากผลิตภัณฑ์ไม้นำเข้าและส่งออก ปี พ.ศ.2555 และกำไรสุทธิของกลุ่มอุตสาหกรรมป่าไม้และการทำไม้ อุตสาหกรรมเพิ่มมูลค่าไม้ และอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเรือน พบว่า ปัจจุบันที่กระแสการขยายตัวของสังคมเมือง (Urbanization) และการเติบโต ของเศรษฐกิจในภูมิภาคอื่นๆ นอกเขตกรุงเทพ (และปริมณฑล) ที่อยู่ในระดับสูง ตลอดจนมูลค่าการค้าตามชายแดนที่เพิ่มมากขึ้น เป็นปัจจัยสนับสนุนให้ธุรกิจก่อสร้างเติบโตสูงมากในต่างจังหวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน จังหวัดที่มีความสำคัญในภูมิภาคต่างๆ และจังหวัดตามแนวชายแดน

ในปัจจุบัน ธุรกิจเกี่ยวข้องกับการสร้างโครงสร้างพื้นฐานตามนโยบายรัฐบาล มุ่งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคมและระบบการขนส่ง ภายใต้จำนวนเงินกว่า 2.2 ล้านล้านบาทนั้น นโยบายดังกล่าวนอกจากส่งเสริมให้อุปสงค์ไม้และไม้แปรรูปเพิ่มสูงขึ้นในทางตรงแล้ว ยังส่งผลกระตุ้นอุปสงค์โดยรวมของประเทศส่งผลกระทบทางบวกต่ออุปสงค์ไม้ และไม้แปรรูปในทางอ้อมตามการขยายตัวของประชากร และอสังหาริมทรัพย์ในประเทศ รวมทั้งมีการส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้และไม้แปรรูปอีกด้วย

วิเคราะห์ธุรกิจและผลิตภัณฑ์ไม้ซุง

ธุรกิจขายไม้ซุงนับว่าเป็นธุรกิจหลักของอุตสาหกรรมป่าไม้เนื่องจากหารปลูกป่าทดแทนหรือการปลูกป่าเพื่อการพาณิชย์ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงเกิดการพัฒนาสินค้าที่ใช้ทดแทนไม้ซุงหลายประเภทและมีจำนวนมาก แต่ก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกับไม้ นอกจากนี้ความต้องการไม้ในตลาดยังคงมีอยู่สูง อย่างไรก็ตามอาจมีจุดอ่อนอยู่ที่ไม้ซุงเป็นสินค้าโภคภัณฑ์ ไม่มีการพัฒนาหรือแปรรูป ทำให้ไม่มีความแตกต่างในผลิตภัณฑ์และไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มเท่าใดนักทั้งนี้สภาวการณ์ของอุตสาหกรรมป่าไม้พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรคาดว่าอุตสาหกรรมป่าไม้จะขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ประมาณร้อยละ 1.0-2.0 ซึ่งปัจจัยสนับสนุนมาจากยอดการส่งออก

เฟอร์นิเจอร์ที่สูงถึง 40,000 ล้านบาท และวัสดุก่อสร้าง 60,000 ล้านบาท ต่อปี เพราะฉะนั้น อุตสาหกรรมป่าไม้จึงเติบโตดีทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ ขณะที่ความเสี่ยงอื่นๆ ที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ตลาดไม้นำเข้าและการค้าไม้เถื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะยาวหากไม่สามารถใช้ประโยชน์จากการเป็นผู้ผลิตไม้ในประเทศอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ก็อาจทำให้เสียเปรียบเรื่องต้นทุนให้กับธุรกิจไม้นาเข้าจากต่างชาติ เพราะไม้จากต่างชาติมีราคาต่ำกว่า ถึงแม้จะมีกฎหมายห้ามนำเข้าไม้สักบางชนิด

วิเคราะห์ธุรกิจและผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูป

ธุรกิจแปรรูปไม้คิดเป็นสัดส่วนเพียงไม่เกินร้อยละ 10 ของปริมาณไม้ที่ตัดในแต่ละปี ซึ่งการแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสินค้าที่แปรรูป เนื่องจากการแปรรูปไม้สามารถทำได้หลากหลายทั้งไม้แผ่น ไม้ท่อน จนไปถึงเฟอร์นิเจอร์เครื่องใช้ต่างๆ การแข่งขันจึงอยู่ในระดับสูงทั้งในเชิงของจำนวนผู้ผลิต ตราสินค้า การแข่งขันด้านรูปลักษณ์ของสินค้า ความสวยงาม ภาพลักษณ์ทันสมัย รวมถึงกระบวนการในการแปรรูป สำหรับอุตสาหกรรมการแปรรูป เป็นอุตสาหกรรมที่เน้นใช้ปัจจัยทุนเข้มข้นทั้งเทคโนโลยีและเงินทุนโดยลดการพึ่งพาแรงงาน ดังนั้นอุตสาหกรรมนี้มักใช้เครื่องจักรที่ทันสมัย และระบบการทำงานที่ดี เพื่อช่วยลดระยะเวลา และเพิ่มปริมาณการผลิตสินค้าได้ อย่างไรก็ดีอุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมที่จำเป็นต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากสินค้าไม้แปรรูปนั้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากกว่าการขายไม้ซุงมาก

มูลค่าการนำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีการนำเข้าสูงถึง 627.51 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณ 19,542.81 ล้านบาท โดยการนำเข้าไม้แปรรูปที่สูงนั้นแสดงถึงโอกาสและความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้จากรายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมรายไตรมาสในช่วงไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2556 (เดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2556) พบว่า มูลค่าการส่งออกในกลุ่มไม้และผลิตภัณฑ์ไม้แผ่น ประกอบด้วย ไม้แปรรูปแผ่น ไม้วีเนียร์ ไม้อัด ไม้ไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board) และผลิตภัณฑ์ไม้อื่นๆ ตลาดส่งออกที่สำคัญของไม้กลุ่มนี้คือ ประเทศจีน มาเลเซีย และเวียดนาม พบได้จากมูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มนี้ในไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2556 รวมทั้งสิ้น 441.66 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ขณะที่กลุ่มเครื่องเรือนและชิ้นส่วนประกอบด้วยเครื่องเรือนไม้ เครื่องเรือนอื่นๆ และชิ้นส่วนเครื่องเรือนนั้น ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหราชอาณาจักร สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ซึ่งมูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มนี้ในไตรมาสแรก ของปี พ.ศ. 2556 รวมทั้งสิ้น 236.26 ล้านดอลลาร์สหรัฐ โดยหากพิจารณามูลค่าการส่งออกในผลิตภัณฑ์ 2 กลุ่มนี้พบว่าจะมีมูลค่ารวมกันถึงว่า 677.92 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณ 2 หมื่นล้านบาท ในส่วนของการจำหน่ายไม้และเครื่องเรือนในไตรมาสของปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณถึง 1.09 ล้านชิ้น จากข้อมูลข้างต้น ควรมุ่งเน้นด้านอุตสาหกรรมแปรรูปไม้เพิ่มขึ้นเพื่อเป็นช่องทางในการหารายได้ตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ตลอดจนเป็นการสร้างความสามารถทางการแข่งขันทั้งทางด้านเทคโนโลยี นวัตกรรม และธุรกิจ

ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอุปสงค์ที่มากเกินอุปทานของผลิตภัณฑ์ไม้และไม้แปรรูปที่ผลิตจากไม้จริง กฎหมายป่าไม้และกฎหมายอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ รวมทั้งพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ และการส่งเสริมให้มีการปลูกป่าในเชิงพาณิชย์ก็ต้องใช้ระยะเวลานานในการปลูกและเก็บเกี่ยวส่งผลให้เกิดช่องว่างทางการตลาด ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมทดแทดไม้จริงดังกล่าวโดยพิจารณาจากข้อจำกัดทั้งในเรื่องปัจจัยทรัพยากร คุณสมบัติของไม้ทดแทนเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในวัสดุก่อสร้าง และปัจจัยทางการตลาดที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New product development; NPD)

เนื่องจากการศึกษาผ่านกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม หรือ FEE พบว่า การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity identification) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมนั้น พบว่า ตลาดวัสดุก่อสร้างเน้นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้จริงน่าสนใจที่สุด เนื่องจากมีมูลค่าทางการตลาดสูง และมีความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับข้อจำกัดไม้จริงทำให้ไม่สามารถผลิตไม้จริงได้เพียงพอกับความต้องการของตลาดวัสดุก่อสร้าง รวมทั้งคุณสมบัติของไม้ก็เป็นข้อจำกัดในการเลือกใช้วัสดุดังกล่าวอีกด้วย เนื่องจากไม้เป็นอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จึงมีส่วนที่เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิต เช่น แมลง ปลวก มอด ทำให้ไม้เสียหาย รวมทั้งการผุและสึกกร่อนเนื่องจากสาเหตุ ดังต่อไปนี้

- ทางชีววิทยา เช่น เชื้อแบคทีเรีย รา มอด ปลวก เพรียง
- ทางฟิสิกส์ เช่น การแตกร้าว บิด งอ เนื่องจากความชื้นหรือเนื่องจากสภาวะอากาศ
- ทางกล เช่น การถูกเหยียบย่ำ การกระแทก หรือหักพัง เนื่องจากการใช้น้ำหนัก หรือการสึกหรอตามธรรมชาติ
- ทางเคมี เช่น ถูกกรด สารละลาย หรือด่าง ทำให้เสื่อมคุณภาพ

นอกจากข้อจำกัดของไม้จากข้างต้น ยังมีปัจจัยในเรื่องการดูแลรักษาเนื้อไม้ให้พร้อมใช้งาน การตัดแต่ง ความสวยงามและความสมบูรณ์ของลวดลายไม้ การติดตั้ง รวมถึงคุณสมบัติความแห้ง ความหดตัว ความเปราะ และความทนทาน ก็ยังเป็นข้อจำกัดที่ทำให้เกิดสินค้าทดแทนไม้ ซึ่งในงานวิจัยพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการ NPD โดยพิจารณาถึงกลุ่มเป้าหมายทั้งกลุ่มเป้าหมายระหว่างธุรกิจ (Business to Business; B-B) และกลุ่มเป้าหมายที่เป็นผู้บริโภคโดยตรง (Business to Consumer; B-C) เพื่อประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

7.1 กระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ (Idea Generation)

ในการวิจัยนี้ใช้กระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ (Idea Generation) ได้มาจากการศึกษาปัจจัยความต้องการของผู้บริโภคที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้จริงจากนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิต ซึ่งได้วิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของ

ผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ โดยการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความแตกต่างตามรูปแบบการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ส่งผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงการศึกษาพฤติกรรมความต้องการ และทัศนคติของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ในรูปแบบการวิจัยโดยการสำรวจ (Survey Research) จากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการสำรวจ เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การกำหนดประชากร และการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ กลุ่มที่ 1: กลุ่มเจ้าของบ้าน หรือทาวน์เฮ้าส์ หรือคอนโดมิเนียม จำนวน 150 คน

กลุ่มที่ 2: กลุ่มตัวแทนเจ้าของโครงการบ้านจัดสรร วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมา และผู้ออกแบบ กลุ่มตัวแทนผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้และตัวแทนจำหน่าย จำนวน 100 คน

กลุ่มที่ 3: กลุ่มนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุศาสตร์ นวัตกรรม และการจัดการ และกลุ่มตัวแทนกรรมการและนักวิชาการในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (The 2014 IUPAC World Polymer Congress or MACRO 2014-Thailand, The International Conference on Social Sciences and Innovations 2014; ICSSI 2014-Spain, The 11th Asia Association of Learning, Innovation and Coevolution Studies International Conference; ASIALICS2014, South Korea) จำนวน 48 คน

กลุ่มที่ 4: กลุ่มตัวแทนกรรมการตัดสินรางวัลนวัตกรรม True innovation awards 2010, กรรมการตัดสินการประกวดแผนธุรกิจและนวัตกรรมกรีน ในการประกวดทั้งในและต่างประเทศ (The Mai Bangkok Business Challenge,2014-Thailand, Asia Venture Challenge 2014-Thailand, The New Venture Championship,2014- USA, The Global Venture Labs Investment Competition,2014-USA) จำนวน 65 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มประชากร 1 – 4 จำนวน 363 คน โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการของ Krejcie and Morgan (1970) เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของข้อมูล

ดังนั้น สามารถระบุจำนวนกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีการสุ่มแบบ Quota sampling โดยมีรายละเอียดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สถานะของผู้ตอบแบบสอบถามและให้การสัมภาษณ์

สถานะของผู้ตอบแบบสอบถาม/ให้การสัมภาษณ์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1	150	41.32
กลุ่มที่ 2	100	27.54
กลุ่มที่ 3	48	13.23
กลุ่มที่ 4	65	17.91
รวม	**363**	**100.00**

การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้รับการสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือทั้งทางภาครัฐและเอกชนเพื่อให้ได้ข้อมูลบรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัย ดังนี้

- หลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- Analytical service olefins and environmental division บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน)
- ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- สมาคมธุรกิจบ้านจัดสรร
- สมาคมธุรกิจรับสร้างบ้าน
- สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย
- ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์
- บริษัทในเครือบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ได้แก่ สำนักงานเทคโนโลยี เอสซีจี บริษัทเอสซีจี เคมิคอลส์ จำกัด บริษัท เอสซีจี เอ็กซพีเรียนซ์ จำกัด บริษัท เอสซีจี ผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง จำกัด และ บริษัทเอสซีจี ดิสทริบิวชั่น จำกัด
- บริษัท บุญถาวรเซรามิค จำกัด

- บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อหาความสัมพันธ์ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 363 คน

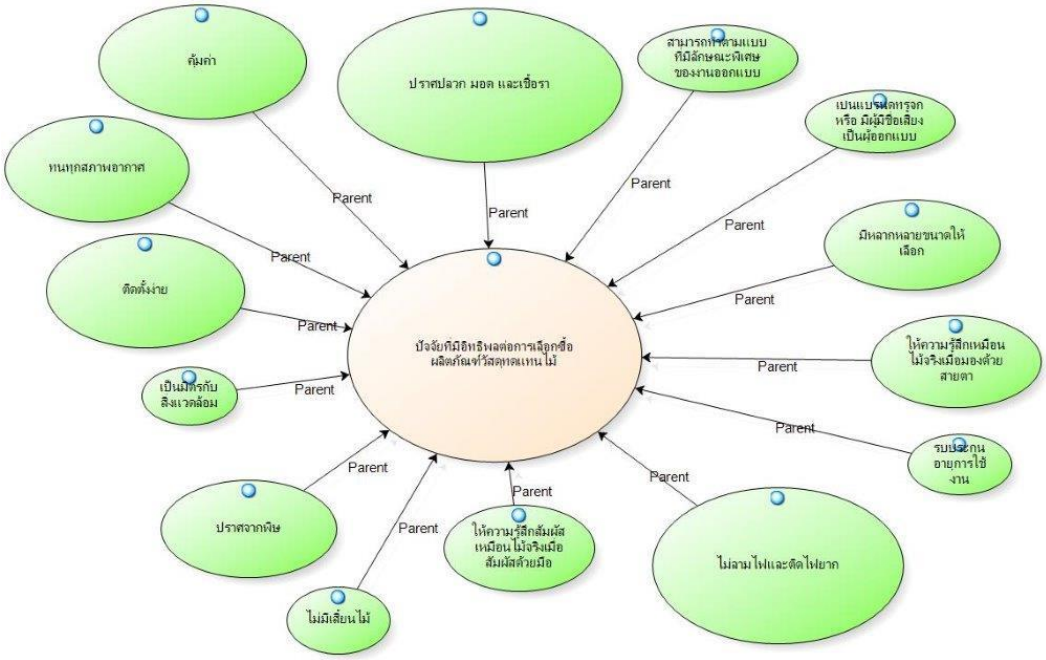
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อวัสดุปูพื้น	Pearson Chi-Square	ความสัมพันธ์
1 ปราศจากปลวก มอด และเชื้อรา	136.450	สัมพันธ์
2 ไม่ลามไฟและติดไฟยาก	109.033	สัมพันธ์
3 คุ้มค่า	86.929	สัมพันธ์
4 ติดตั้งง่าย	81.396	สัมพันธ์
5 ปราศจากสารพิษ	76.153	สัมพันธ์
6 ทนทุกสภาพอากาศ	73.305	สัมพันธ์
7 ให้ความรู้สึกสัมผัสเหมือนไม้จริงเมื่อสัมผัสด้วยมือ	57.874	สัมพันธ์
8 มีหลากหลายขนาดให้เลือก	46.086	สัมพันธ์
9 ให้ความรู้สึกเหมือนไม้จริงเมื่อมองด้วยสายตา	37.838	สัมพันธ์
10 เป็นแบรนด์ที่รู้จัก หรือ มีผู้ที่มีชื่อเสียงเป็นผู้ออกแบบ	13.787	สัมพันธ์
11 สามารถทำตามแบบที่มีลักษณะพิเศษของงานออกแบบ	4.009	สัมพันธ์
12 ไม่มีเสี้ยนไม้	1.598	สัมพันธ์
13 รับประกันอายุการใช้งาน	1.070	สัมพันธ์
14 เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	0.421	สัมพันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากตารางที่ 16 สรุปได้ความสัมพันธ์ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อวัสดุทดแทนไม้ต่อปัจจัยด้าน ปราศจากปลวก มอด และเชื้อรา (Pearson Chi-Square= 136.450) ไม่ลามไฟและติดไฟยาก (Pearson Chi-Square= 109.033) คุ้มค่า(Pearson Chi-Square= 86.929) ติดตั้งง่าย(Pearson Chi-Square=81.396) ปราศจากสารพิษ(Pearson Chi-Square=76.153) ทนทุกสภาพอากาศ (Pearson Chi-Square=73.305) ให้ความรู้สึกสัมผัสเหมือนไม้จริงเมื่อสัมผัสด้วยมือ (Pearson Chi-Square=57.874) มีหลากหลายขนาดให้เลือก (Pearson Chi-Square=46.086) ให้ความรู้สึกเหมือนไม้จริงเมื่อมองด้วยสายตา(Pearson Chi-Square=37.838) เป็นแบรนด์ที่รู้จัก หรือ มีผู้ที่มีชื่อเสียงเป็นผู้ออกแบบ (Pearson Chi-Square=13.787) สามารถทำตามแบบที่มีลักษณะของงาน

ออกแบบ (Pearson Chi-Square=4.009) มีการรับประกันอายุการใช้งาน (Pearson Chi-Square=1.070) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pearson Chi-Square=0.421) ตามลำดับความสัมพันธ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 30 โมเดลปัจจัยเงื่อนไขภายใต้ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากโปรแกรม Nvivo 11

จากรูปที่ 30 โมเดลปัจจัยเงื่อนไขภายใต้ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากโปรแกรม Nvivo 11 ซึ่งเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องต่อปัจจัยที่มีอิทธิพลอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ ได้แก่ ปัจจัยด้านปราศจากปลวก มอด และเชื้อรา ไม่ลามไฟและติดไฟยาก ปัจจัยความคุ้มค่า ปัจจัยการติดตั้งง่าย ปัจจัยปราศจากสารพิษ ปัจจัยทนทุกสภาพอากาศ ปัจจัยที่ให้ความรู้สึกสัมผัสเหมือนไม้จริงเมื่อสัมผัสด้วยมือ ปัจจัยผลิตภัณฑ์ที่มีหลากหลายขนาดให้เลือก ปัจจัยที่ให้ความรู้สึกเหมือนไม้จริงเมื่อมองด้วยสายตา ปัจจัยแบรนด์ที่รู้จักหรือมีผู้ที่มีชื่อเสียงเป็นผู้ออกแบบ ปัจจัยที่สามารถทำตามแบบที่มีลักษณะของงานออกแบบ ปัจจัยที่มีการรับประกันอายุการใช้งาน ปัจจัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

ดังนั้น กระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ที่ผ่านการเก็บข้อมูลสถิติเชิงปริมาณและคุณภาพ ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากกลุ่มตัวอย่างเป็นข้อมูลในการพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องตอบสนองความต้องการของตลาดต่อไป

7.2 กระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิด (Screening and Evaluation)

กระบวนการคัดกรองและประเมินแนวคิด (Screening and Evaluation) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการคัดเลือกและประเมินแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมวัสดุทดแทนไม้ โดยใช้เครื่องมือการให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weight Scoring) ด้วยการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและการตลาด ได้สรุปแนวคิดจากกระบวนการสร้างแนวความคิดใหม่ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากแนวคิด 4 แนวคิด ได้แก่

- แนวคิดที่ 1 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก
- แนวคิดที่ 2 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประกอบรั้ว
- แนวคิดที่ 3 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง
- แนวคิดที่ 4 ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา

จากตาราง 17 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินเทคโนโลยี โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring โดยการวิจัยแบบเฉพาะกลุ่ม (Focus Group) ด้วยเกณฑ์ปัจจัยความเป็นไปได้ของเทคโนโลยี ปัจจัยการถูกลอกเลียนแบบ ปัจจัยเทคโนโลยีทดแทน ปัจจัยการสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน ปัจจัยระดับการลงทุน ปัจจัยความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีที่มีอยู่ ปัจจัยวัตถุดิบ ปัจจัยอายุการใช้งาน ปัจจัยความยากง่ายในการพัฒนา และปัจจัยระดับการเข้าถึงตลาด จากแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4 แนวคิด พบว่า แนวคิดที่ 1: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก คิดเป็น 4.1 คะแนน แนวคิดที่ 2: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประกอบรั้ว คิดเป็น 3.5 คะแนน แนวคิดที่ 3: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง คิดเป็น 2.9 คะแนน แนวคิดที่ 4: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา คิดเป็น 2.8 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 17 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินเทคโนโลยี โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring

เงื่อนไขในการประเมินเทคโนโลยี	หลักเกณฑ์ในการประเมิน	Alternatives								
		Weight	Idea 1		Option 2		Idea 3		Option 4	
			Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score
ความเป็นไปได้ของเทคโนโลยี	สูง--ต่ำ	0.1	5.0	0.5	5.0	0.5	4.0	0.4	4.0	0.4
การถูกลอกเลียนแบบ	ยาก---ง่าย	0.1	3.0	0.3	3.0	0.3	3.0	0.3	3.0	0.3
เทคโนโลยีทดแทน	สูง--ต่ำ	0.1	3.0	0.3	3.0	0.3	2.0	0.2	2.0	0.2
การสนับสนุนจากโครงสร้าง	สูง--ต่ำ	0.1	5.0	0.5	4.0	0.4	4.0	0.4	3.0	0.3
ระดับการลงทุน	> 1 ล้านบาท --- < 0.1 ล้านบาท	0.1	5.0	0.5	4.0	0.4	3.0	0.3	3.0	0.3
ความเข้ากันได้กับเทคโนโลยีที่มี	สูง--ต่ำ	0.1	4.0	0.4	3.0	0.3	2.0	0.2	2.0	0.2
วัตถุดิบ	ยาก---ง่าย	0.1	4.0	0.4	3.0	0.3	3.0	0.3	3.0	0.3
อายุการใช้งาน	10 ปี --- 1ปี	0.1	4.0	0.4	3.0	0.3	3.0	0.3	3.0	0.3
ความยากง่ายในการพัฒนา	ยาก---ง่าย	0.1	4.0	0.4	4.0	0.4	3.0	0.3	3.0	0.3
ระดับการเข้าถึงตลาด		0.1	4.0	0.4	3.0	0.3	2.0	0.2	2.0	0.2
	รวม	1.0		4.1		3.5		2.9		2.8

จากตารางที่ 18 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring โดยการวิจัยแบบเฉพาะกลุ่ม (Focus group) ด้วยเกณฑ์ปัจจัยเงื่อนไขทางการตลาด โดยมีการระบุความต้องการเป็นอย่างดี ปัจจัยผลิตภัณฑ์ที่คิดจะต้องตอบสนองต่อความต้องการ ปัจจัยตลาดมีขนาดใหญ่และมีการเติบโต ปัจจัยอัตรากำไรของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยความสามารถในการระบุกลุ่มลูกค้าเป้าหมายได้ง่าย และปัจจัยความสามารถในการหาแหล่งเงินทุนได้ง่าย จากแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4 แนวคิด พบว่า แนวคิดที่ 1: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก คิดเป็น 5.2 คะแนนแนวคิดที่ 2: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประกอบรั้วคิดเป็น 4.1 คะแนน แนวคิดที่ 3: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง คิดเป็น 2.82 คะแนน แนวคิดที่ 4: ผลิตภัณฑ์วัสดุไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา คิดเป็น 2.7 คะแนน ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 การประเมินแนวคิดตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring

เงื่อนไขในการประเมินตลาด	หลักเกณฑ์ในการประเมิน	Alternatives								
		Weight	Option 1		Option 2		Option 3		Option 4	
			Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score	Rating	Score
มีการระบุความต้องการเป็นอย่างดี	ระบุได้ --- ไม่สามารถระบุได้	0.2	5.0	1.0	4.0	0.8	3.0	0.6	2.0	0.4
ผลิตภัณฑ์ที่คิดจะต้องตอบสนองต่อความต้องการ	ตอบสนองได้ --- ตอบสนองไม่ได้	0.2	5.0	1.0	4.0	0.8	3.0	0.6	2.0	0.4
ตลาดมีขนาดใหญ่และมีการเติบโต	>100 ล้านบาท --- < 10 ล้านบาท	0.2	5.0	1.0	4.0	0.8	3.0	0.6	3.0	0.6
อัตรากำไรของผลิตภัณฑ์จะสูง	>40% --- < 20%	0.2	5.0	1.0	3.0	0.6	3.0	0.1	3.0	0.6
สามารถระบุกลุ่มลูกค้าเป้าหมายได้ง่าย	ระบุได้ --- ไม่สามารถระบุได้	0.2	4.0	0.8	4.0	0.8	3.0	0.6	2.0	0.4
สามารถหาแหล่งเงินทุนได้ง่าย	ยาก---ง่าย	0.1	4.0	0.4	3.0	0.3	3.0	0.3	3.0	0.3
	รวม	1.0		5.2		4.1		2.8		2.7

ตารางที่ 19 การประเมินแนวคิดภาพรวม ตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางเทคโนโลยีและปัจจัยทางการการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring

ผลสรุปจากการประเมินในภาพรวม	น้ำหนัก	Option 1		Option 2		Option 3		Option 4	
		Score	Final	Score	Final	Score	Final	Score	Final
เงื่อนไขในการประเมินเทคโนโลยี	0.5	4.1	2.1	3.5	1.8	2.9	1.5	2.8	1.4
เงื่อนไขในการประเมินตลาด	0.5	5.2	2.6	4.1	2.1	2.8	1.4	2.7	1.4
รวม			4.7		3.8		2.9		2.8

จากตารางที่ 19 การประเมินแนวคิดภาพรวมตามเงื่อนไขในการประเมินปัจจัยทางเทคโนโลยีและปัจจัยทางการการตลาด โดยใช้เครื่องมือ Weight Scoring จากแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4 แนวคิด พบว่า แนวคิดที่ 1: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก คิดเป็น 4.7 คะแนนแนวคิดที่ 2: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประกอบรั้วคิดเป็น 3.8 คะแนน แนวคิดที่ 3: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง คิดเป็น 2.9 คะแนน แนวคิดที่ 4: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา คิดเป็น 2.8 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจากผลการพิจารณาในภาพรวมดังกล่าวแล้ว แนวคิดที่ควรได้รับการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือ แนวคิดที่ 1: ผลิตภัณฑ์วัสดุไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก สำหรับแนวคิดที่ควรได้รับการพัฒนาผลิตภัณฑ์รองลงมาตามลำดับคือ แนวคิดที่ 2: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประกอบรั้ว แนวคิดที่ 3: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทประตูและหน้าต่าง แนวคิดที่ 4: ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตประเภทหลังคา ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7.3 กระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบ (Concept Development and Testing)

จากกระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้างต้นแล้วนั้น พบว่า แนวคิดที่ 1: ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้พื้นภายนอก ควรได้รับการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุด ขั้นต่อไปเป็นการนำแนวความคิดที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนั้น เข้าสู่กระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบมาพัฒนาให้มีความชัดเจนมากขึ้นภายใต้ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อวัสดุทดแทนไม้ต่อปัจจัยด้าน ปราศจากปลวก มอด และเชื้อรา(Pearson Chi-Square= 136.450) ไม่ลามไฟและติดไฟยาก (Pearson Chi-Square= 109.033) คุ้มค่า(Pearson Chi-Square= 86.929) ติดตั้งง่าย (Pearson Chi-Square=81.396) ปราศจากสารพิษ(Pearson Chi-Square=76.153) ทนทุกสภาพอากาศ(Pearson Chi-Square=73.305) ให้ความรู้สึกสัมผัสเหมือนไม้จริงเมื่อสัมผัสด้วยมือ (Pearson Chi-Square=57.874) มีหลากหลายขนาดให้เลือก (Pearson Chi-Square=46.086) ให้ความรู้สึกเหมือนไม้จริงเมื่อมองด้วยสายตา (Pearson Chi-Square=37.838) เป็นแบรนด์ที่รู้จัก หรือมีผู้ที่มีชื่อเสียงเป็นผู้ออกแบบ (Pearson Chi-Square=13.787) สามารถทำตามแบบที่มีลักษณะของงานออกแบบ (Pearson Chi-Square=4.009) มีการรับประกันอายุการใช้งาน (Pearson Chi-Square=1.070) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Pearson Chi-Square=0.421) ตามลำดับความสัมพันธ์ และนำไปทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เพื่อศึกษาความรู้สึกและการยอมรับในผลิตภัณฑ์ใหม่ สำหรับรายละเอียดในกระบวนการพัฒนาแนวความคิดและการทดสอบนั้นเป็นความพยายามของผู้ผลิตหรือนวัตกรในการสร้างความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยวิธีการตั้งคำถามให้กับด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น ใครเป็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ คุณค่าของผลิตภัณฑ์คืออะไร โอกาสที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งคำถามเหล่านี้จะทำให้สามารถกำหนดทางเลือกเกี่ยวกับแนวคิดผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม

จากการวิจัยพบว่า การพัฒนาแนวความคิดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตพื้นภายนอก มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของไม้จริงและวัสดุทดแทนไม้ซึ่งเป็นสินค้าที่มีอยู่ในท้องตลาด

- ไม้จริง

ปัจจุบันเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ไม้จริงจะถูกแยกประเภทตามหนังสือของกรมป่าไม้ กส.0702/6679 (3 พฤษภาคม 2517) เรื่องข้อกำหนดเกี่ยวกับไม้ที่ใช้ในการสร้างในส่วนราชการของกรมป่าไม้ ซึ่งมีใจความสำคัญดังต่อไปนี้

1. ให้แบ่งไม้ออกเป็น 3 ประเภท โดยอ้างอิงค่าความแข็งแรงในการดัดของไม้แห้ง และความทนทานต่อธรรมชาติของไม้นั้นๆ เป็นเกณฑ์ พิจารณาจากตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การแบ่งประเภทของไม้โดยอ้างอิงค่าความแข็งแรง

ประเภทของไม้	ความแข็งแรง (Kg/Cm^3)	ความทนทาน (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	สูงกว่า 1,000	สูงกว่า 6
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600 – 1,000	2-6
ไม้เนื้ออ่อน	ต่ำกว่า 600	ต่ำกว่า 2

ที่มา: ดัดแปลงจากข้อมูลกรมป่าไม้ กส.0702/6679

2. สำหรับงานก่อสร้างถาวร หากมีการกำหนดในรายละเอียดแบบแปลนให้มีการใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลางหรือไม้เนื้ออ่อนได้ ซึ่งต้องผ่านการอาบน้ำยาด้วยปริมาณที่มาตรฐานกำหนดหน่วยปริมาตรเป็นลูกบาศก์เมตรของไม้ที่อาบน้ำยาเสียก่อนและไม่ต่ำกว่ากำหนด

3. ไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญ วงกบประตูหน้าต่าง บานประตูหน้าต่าง แม่บันได ขั้นบันได และพื้นในร่ม เป็นต้น สำหรับงานที่เห็นว่าต้องการความเรียบร้อยสวยงามเป็นพิเศษให้กำหนดชนิดไม้ไว้ให้ชัดเจนโดยไม่ให้ใช้ไม้เนื้อแข็งแทนและต้องใช้ไม้ที่มีการอบแห้งและอาบน้ำยาแล้วเสมอ

4. ไม้ที่ใช้จะต้องไม่มีตำหนิที่ทำให้ไม้เสียกำลังอย่างสำคัญ กระพี้ไม้ทุกชนิดก็ไม่ให้มีตำหนิ

จากข้อ 1 – 4 จะพบว่าข้อจำกัดของไม้มีค่อนข้างมาก รวมทั้งทรัพยากรไม้ค่อนข้างจำกัดเช่นกันจึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เพียงพอ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไม้เนื้อแข็งที่เป็นที่รู้จัก และนิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น

- ไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ไม้สัก ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้แดง ไม้ตะเคียน ไม้ตะแบก ไม้พะยอม ไม้มะค่าแต้ ฯลฯ
- ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ได้แก่ ไม้กระบาก ไม้นนทรี ไม้มะม่วงป่า ไม้ยาง ไม้ยางนา ไม้สนสองใบ ไม้สนสามใบ ฯลฯ
- ไม้เนื้ออ่อน ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้กะเบาลิง ไม้เตยหนาม ไม้ทุเรียน ไม้ปอแดง ไม้มะยมป่า ไม้สยาขาว ฯลฯ

มาตรฐานไม้ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม หรือ มอก. (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม) ประกอบด้วย

1. มอก.421 – 2525 หมายถึง ไม้แปรรูปและข้อกำหนดทั่วไป
2. มอก.422 – 2525 หมายถึง ไม้สักแปรรูป

3. มอก.423 – 2525 หมายถึง กระยาเลยแปรรูป

4. มอก.424 – 2525 หมายถึง ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

5. มอก.497 – 2526 หมายถึง ไม้แปรรูปอบ

6. มอก.516 –2527 หมายถึง ไม้อัดน้ำยา CCA

ซึ่งในมาตรฐานดังกล่าวจะกล่าวถึง ขอบข่าย kบทนิยาม ชั้นคุณภาพ วัสดุและการทำคุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่าง และเกณฑ์การตัดสิน

มาตรฐานของไม้แปรรูปนั้นมีมิติ (ขนาด) เป็นมิลลิเมตร ซึ่งกำหนดตาม มอก.421-2525 ดังนี้

1.ขนาด ไม้แปรรูปมาตรฐานมีขนาดดังต่อไปนี้

ความหนา: 12, 16, 19, 22, 25, 32, 38, 44, 50, 63, 75, 88, 100, 113, 125, 138, 150 และ 200 มิลลิเมตร

ความกว้าง: 25, 38, 50, 63, 75, 88, 100, 113, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350 และ 400 มิลลิเมตร (ยกเว้นไม้สักเหลี่ยมแปรรูป มอก.ไม้สักแปรรูป 422 – 2525)

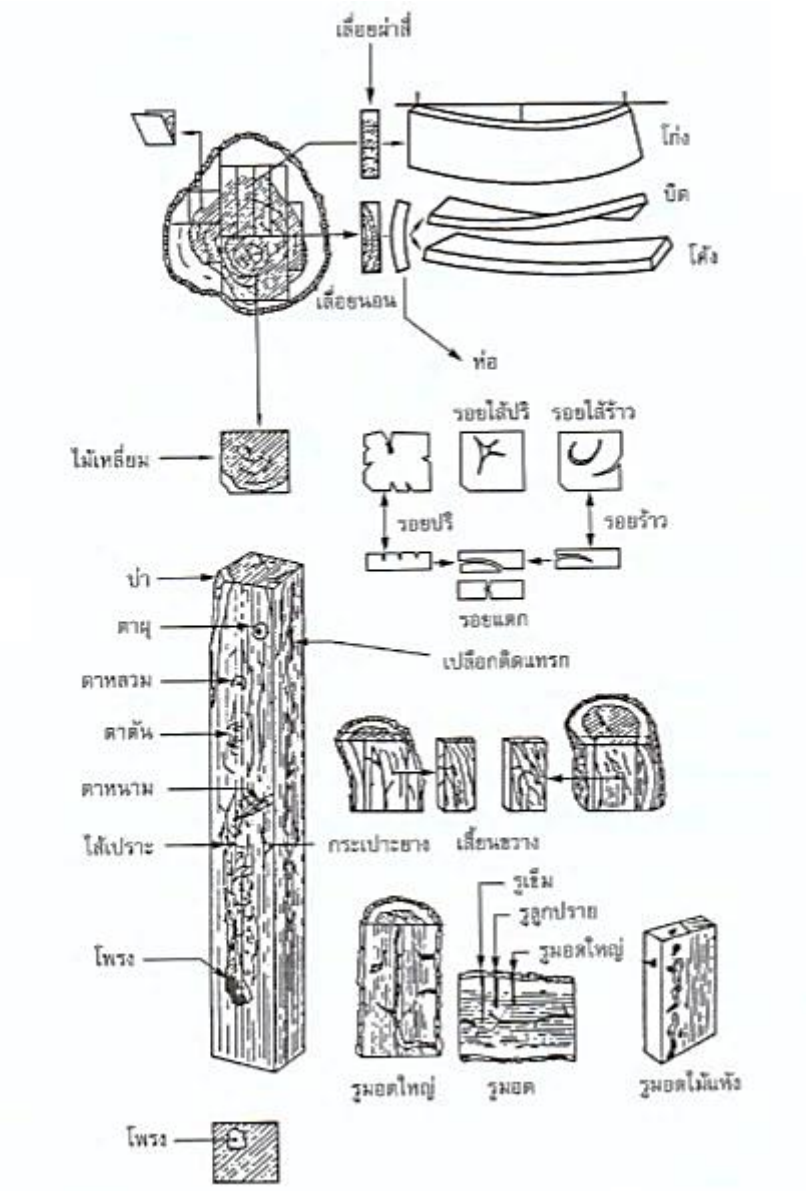
ความยาว: สำหรับไม้สักเริ่มตั้งแต่ 0.30 เมตร และให้ความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 0.15 เมตร ส่วนไม้กระยาเลยเริ่มตั้งแต่ 0.30 เมตร และให้ความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 0.30 เมตร

2.การเรียกชื่อขนาด ให้เรียกชื่อขนาดไม้เรียงตามลำดับ ดังนี้

ความหนา × ความกว้าง × ความยาว

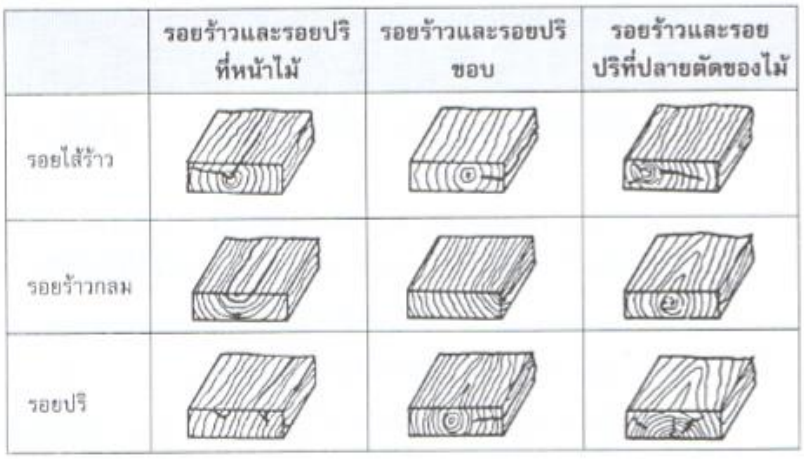
3.การแปรรูป ต้องแปรรูปให้ส่วนยาวของไม้แปรรูปขนานกับความยาวของท่อนซุง ด้านทั้ง 4 ด้านต้องเรียบเป็นแนวเส้นตรง มีขนาดสม่ำเสมอกันตลอดความยาวของแผ่น และภาคตัดขวางหัวท้ายต้องเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 31 รอยตำหนิในเนื้อไม้

ที่มา: ดัดแปลงจากวัสดุก่อสร้าง (พงศ์พัน วรสุนทรโรสถ & วรพงศ์ วรสุนทรโรสถ, 2544)



รูปที่ 32 รอยร้าวชนิดต่างๆ ของไม้

ที่มา: ดัดแปลงจากวัสดุก่อสร้าง (พงศ์พัน วรสุนทรโรสถ & วรพงศ์ วรสุนทรโรสถ, 2544)

รูปที่ 33 ตาไม้ชนิดต่างๆ ที่ทำให้ทิศทางแนวเสี้ยนสะดุด

ที่มา: ดัดแปลงจากวัสดุก่อสร้าง (พงศ์พัน วรสุนทรโรสถ & วรพงศ์ วรสุนทรโรสถ, 2544)s

เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอุปสงค์ที่มากเกินอุปทานของผลิตภัณฑ์ไม้และไม้แปรรูปที่ผลิตจากไม้จริง กฎหมายป่าไม้และกฎหมายอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ และการส่งเสริมให้มีการปลูกป่าในเชิงพาณิชย์ก็ต้องใช้ระยะเวลานานในการปลูกและเก็บเกี่ยว รวมทั้งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไม้ที่เกิดความเสียหายได้ง่าย (รูปที่ 31 32 และ 33) จากปัจจัยทางชีววิทยา (เชื้อแบคทีเรีย ปลวก มอด แมลง และเพรียง) จากปัจจัยทางฟิสิกส์ (แตกร้าว บิด งอ เนื่องจากความชื้นหรือสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง) ปัจจัยทางกล (การถูกเหยียบย่ำ การกระแทก หักพังเนื่องจากการรับน้ำหนัก หรือการสึกหรอตามธรรมชาติ) และปัจจัยทางเคมี (กรด สารละลาย หรือด่างทำให้เสื่อมคุณภาพ) ส่งผลให้เกิดช่องว่างทางการตลาด ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

นวัตกรรมทดแทนไม้จริงดังกล่าวโดยพิจารณาจากข้อจำกัดทั้งในเรื่องปัจจัยทรัพยากร คุณสมบัติของไม้ทดแทนเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในวัสดุก่อสร้าง และปัจจัยทางการตลาดที่เหมาะสม

- ***วัสดุทดแทนไม้*** พิจารณาจากผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ที่ใช้ปูพื้นในท้องตลาด ประกอบด้วย

1. ไม้พื้นลามิเนต

พื้นไม้แบบลามิเนต เป็นพื้นไม้ที่ถูกผลิตขึ้นด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ โดยมีไม้เป็นส่วนประกอบแค่บางส่วนเท่านั้น ข้อดีของพื้นไม้ลามิเนต คือ สามารถเลือกสี หรือลายไม้ตามแบบที่ต้องการได้ ส่วนมากพื้นไม้ลามิเนตหนึ่งแผ่นจะประกอบด้วยชั้นต่างๆ กัน 3-4 ชั้น แล้วนำมาอัดด้วยแรงดัน และความร้อนสูงทำให้พื้นไม้แบบลามิเนต มีการพองและหดตัวน้อยกว่าไม้จริงหลายเท่า

- ไม้พื้นลามิเนตชั้นบน เป็นชั้นที่แสดงถึงลายไม้ จึงต้องมีความทนทานสูง เพื่อไม่ให้เกิดริ้วรอยบนพื้นไม้ ลวดลายบนพื้นไม้ลามิเนตนั้นมาจากการใช้ภาพถ่ายลายไม้เสมือนจริง หรือออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ และนำไปเคลือบทับด้วย เมลามีน ลามิเนต เพื่อให้ทนทานต่อการเกิดรอย นอกจากนี้ยังเคลือบด้วยเรซินที่ทนทาน

- ไม้พื้นลามิเนตชั้นกลาง จะเป็นชั้นที่หนาที่สุดในพื้นไม้แบบลามิเนต และทำจากไม้ที่ย่อยเป็นผงแล้วมาอัดเข้าแผ่นด้วยความดันสูง หรือที่เรียกกันว่า HDF Board ผู้ผลิตบางรายอาจจะใส่สารป้องกันความชื้นลงในชั้นนี้ด้วย

- ไม้พื้นลามิเนตชั้นล่างจะเป็นชั้นที่ป้องกันความชื้น โดยผู้ผลิตบางรายจะเคลือบด้วยเมลามีนเพื่อให้เกิดความแข็งแรง และป้องกันความชื้นได้ดียิ่งขึ้น

ข้อจำกัดของลามิเนต คือ ความสวยงามซึ่งในบางผลิตภัณฑ์มีการพิมพ์ลายแต่ยังให้ความรู้สึกแตกต่างจากไม้จริง ผิวหน้าไม่แข็งแรง ไม่ทนรอยขีดข่วน ไม่ทนน้ำ สารเคมี ความร้อน และแรงกระแทก รวมทั้งอาจเกิดปัญหาปลวก มอด ได้ง่าย ดังนั้น ด้วยคุณสมบัติที่มีข้อจำกัดจึงไม่เหมาะต่อการใช้งานสำหรับพื้นภายนอก

2. ไม้เทียม

ไม้เทียม หมายถึงวัสดุในงานช่างที่ไม่ได้ทำมาจากไม้ แต่นำวัสดุอื่นๆ มาผสมกับไม้และสารเคมีบางอย่าง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติ และการใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรมเหมือนกับไม้ โดยสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ตามวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตได้หลายชนิด เช่น ไม้เทียมที่ทำจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้สนซึ่งมีช่องว่างในเนื้อไม้มากแล้ว ใช้ซิลิโคนอัดลงไปในช่องว่างของเนื้อไม้ ทำให้ไม้มีความแข็งมากขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า และสามารถป้องกันแมลงได้เกือบถาวร ไม้เทียมชนิดนี้มีข้อจำกัด คือ มีราคาแพงและยากต่อการบิดให้โค้งงอ เพื่อให้เป็นรูปทรงตามที่ต้องการ ไม้เทียมอีกชนิดหนึ่ง

ได้มาจากการนำเศษไม้มาอัดให้แน่นเป็นแผ่นชิ้นใหญ่ๆ เรียกว่า MDB (Medium Density Board) แล้วเคลือบผิวหน้าด้วยวัสดุอื่นๆ ไม้เทียมชนิดนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พาร์ทิเคิลบอร์ด (Particle Board) โดยมีส่วนที่เป็น Particle คือส่วนที่นำเศษไม้หรือชานอ้อยมาอัดแน่น ส่วนที่แตกต่างกันคือวัสดุที่นำมาเคลือบผิวของ Particle ไม้เทียมประเภทนี้หากผลิตไม่ได้มาตรฐานจะทำให้เปื่อยยุ่ยได้ง่าย

ไม้เทียม ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาจากผู้ผลิตหลายราย ซึ่งแต่ละรายอาจจะมีกรรมวิธีในการผลิตและใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติและจุดเด่นจุดด้อยที่แตกต่างกัน เช่น

ไม้เทียมคอนวูด (conwood) ผลิตโดยบริษัท คอนวูด จำกัด ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มบริษัท ปูนซีเมนต์ นครหลวง จำกัด (มหาชน) ไม้เทียมคอนวูดเป็นการผลิตไม้เทียมที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเซลลูโลสไฟเบอร์เป็นส่วนผสม จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับไม้ธรรมชาติ มีความแข็งแรงทนทานเทียบเท่าคอนกรีต ไม้เทียมคอนวูดใช้ในงานก่อสร้างได้หลายอย่าง เช่น ใช้เป็นไม้พื้น ไม้เชิงชาย ไม้ระแนง ไม้บัวพื้น ไม้ผนังบันได ไม้บังตา ไม้มอบ และไม้จบบัว ฯลฯ เป็นต้น

ไม้เทียมสมาร์ทวูด ตราช้าง (SmartWood) ผลิตโดยบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ไม้เทียมสมาร์ทวูดเป็นผลิตภัณฑ์ไม้สังเคราะห์อีกประเภทหนึ่งที่ได้ยกเลิกการใช้ใยหินเป็นส่วนผสม และใช้เส้นใยเซลลูโลสแทน ทำให้ได้เนื้อไม้เทียมที่มีความเหนียวมากขึ้น ดัดโค้งงอได้ง่าย ทนแดด ทนฝน ใช้ได้ทั้งงานภายในและภายนอกอาคาร

ไม้เทียมเฌอร่า (Shera) ผลิตโดยบริษัท มหพันธไฟเบอรซีเมนต จำกัด (มหาชน) ไม้เทียมเฌอร่า เป็นไม้เทียมที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ ทรายละเอียด ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำ ผลิตภายใต้เทคโนโลยีออโต้เคลฟ ที่ใช้ความดันไอน้ำและอุณหภูมิสูง เพื่อขับไล่ความชื้นจากผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ของไม้เทียมเฌอร่ามีคุณสมบัติที่แข็งแกร่ง ทนแดด ทนฝนและมีความสวยงามเหมือนไม้จริง

ไม้เทียม (Nature Wood) ผลิตโดยบริษัท เนเจอร์คอนเนอร์ จำกัด เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งของไม้เทียมที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ของ nature wood มีคุณสมบัติที่เด่นๆ คือ ไม่ซึมน้ำ ป้องกันแมลงกินไม้ได้ทุกชนิด ทนทานกับสภาพภูมิอากาศได้ดี

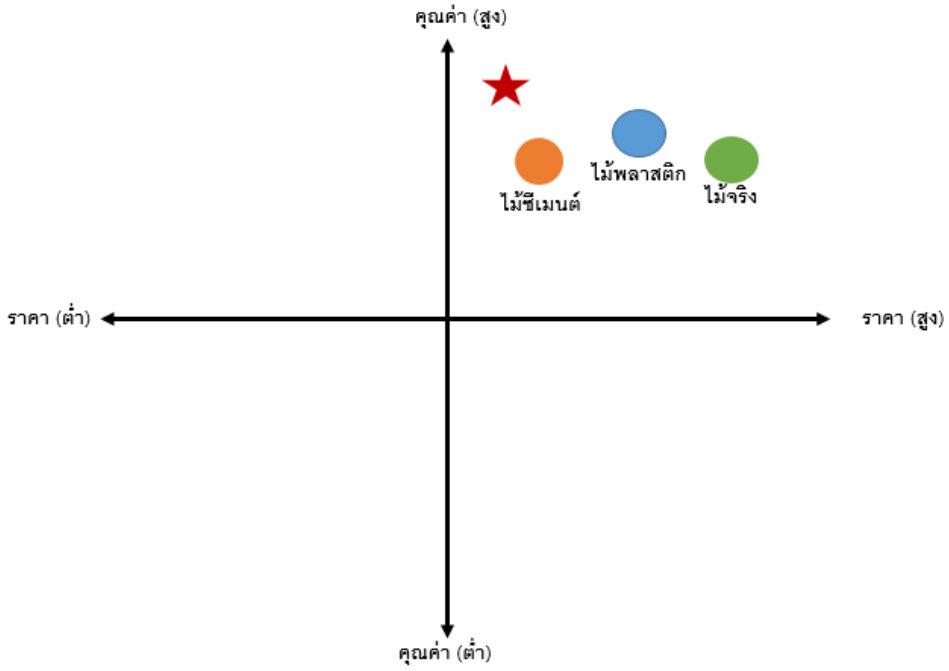
ไม้เทียมจากหญ้าแฝก เป็นการนำใบหญ้าแฝกมาบดเป็นผง และกรอเป็นเส้นใยแล้วนำไปผสมกับพลาสติกสามชนิดคือ พีวีซี โพลีเอธิลีน และโพลีโพรพิลีน โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปพลาสติกทำให้เป็นไม้เทียม สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารหรือทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ จากการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานพบว่าไม้เทียมจากหญ้าแฝกทนต่อปลวก มีเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่าไม้ทั่วไป แต่ชนิดที่มีส่วนผสมของพีวีซีเหมาะกับการใช้งานภายในอาคาร ส่วนที่ผสมกับโพลีเอทธิลีนและโพลีโพรพิลีนเหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคาร เนื่องจากทนแดดทนฝนได้ดีกว่า

ด้วยคุณสมบัติของไม้เทียมที่มีความโดดเด่นในเรื่องการทนแดดทนฝน และทนต่อทุกสภาพภูมิอากาศ จึงได้มีการนำไม้เทียมมาใช้ในงานก่อสร้างและงานตกแต่งกันอย่างแพร่หลาย เช่น ใช้ทำพื้นระเบียงกลางแจ้งริมสระน้ำ ทำเก้าอี้สนามและงานตกแต่งอื่นๆ ในสวน การใช้ไม้เทียมนั้นนอกจากจะเกิดประโยชน์กับผู้ใช้แล้ว ไม้เทียมยังมีส่วนช่วยในการบรรเทาปัญหาโลกร้อน เนื่องจากเป็นการนำเศษไม้เหลือใช้มาเป็นส่วนผสม ลดการตัดต้นไม้มาใช้โดยตรง และยังสามารถช่วยให้นำพลาสติกเหลือใช้มาหลอมใช้ใหม่ นับเป็นการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่าและมีผลดีต่อสภาพแวดล้อมในส่วนรวมอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ไม้เทียมก็มีข้อจำกัดในส่วนของวัตถุดิบตั้งต้น เช่น ถ้าไม้เทียมผลิตจากของผสมหลักคือพลาสติก (รูปที่ 34) จะมีข้อจำกัดเรื่องความเปราะ รอยขีดข่วน ความคงทน น้ำหนักเบาเกินไป การติดตั้งซึ่งโดยทั่วไปไม่สามารถตอกตะปู หรือโค้งงอได้ตามต้องการ และถ้าไม้เทียมผลิตจากของผสมหลักคือปูนซีเมนต์ (รูปที่ 35) จะมีข้อจำกัดเรื่องความเปราะ แตกหักง่าย การอมน้ำ รอยขีดข่วน ความคงทน น้ำหนักมากเกินไป ซึ่งโดยทั่วไปไม่สามารถตอกตะปู หรือโค้งงอได้ตามต้องการในการติดตั้ง

รูปที่ 34 ข้อจำกัดของไม้เทียม (ไม้พลาสติก) หลังติดตั้ง 1 ปี

รูปที่ 35 ข้อจำกัดของไม้เทียม (ไม้ซิเมนต์) หลังติดตั้ง 1 ปี

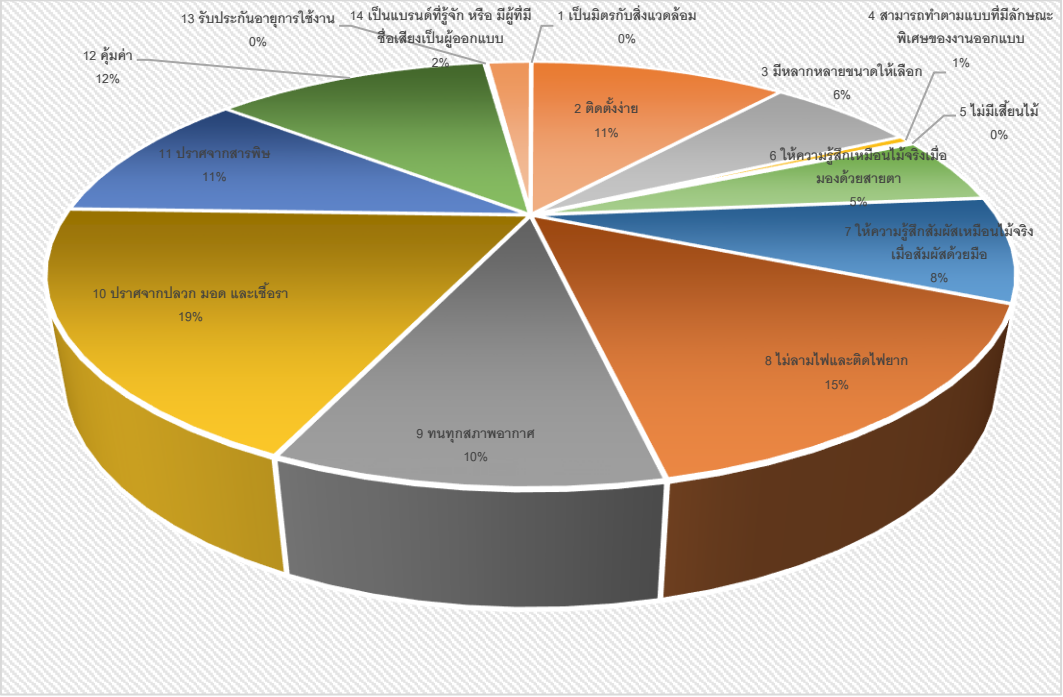
การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Product Positioning) รูปที่ 36 เป็นการพิจารณาถึงลักษณะสินค้าของบริษัทและคู่แข่งขันตามความรู้สึกของผู้บริโภค โดยต้องเลือกว่าจุดเด่นของผลิตภัณฑ์คืออะไร เพื่อที่จะนำมากำหนดตำแหน่งของผลิตภัณฑ์เบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งและพิจารณาถึงโอกาสทางธุรกิจ



รูปที่ 36 กำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Product Positioning)

3. การทดสอบแนวความคิด (Concept Testing) เป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์กับกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเป้าหมาย เพื่อหาแนวคิดที่สามารถจูงใจและเป็นที่ต้องการของกลุ่มผู้บริโภคได้ (Armstrong & Kotler, 2007) หรือเป็นการนำความคิดที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วไปทดสอบกับผู้บริโภค เพื่อสังเกตปฏิกิริยาของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ร่วมกัน (Conjoint Analysis) จากรูปที่ 37 เป็นการวัดความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ร่วมกัน เป็นวิธีการทดสอบความคิดเห็นวิธีหนึ่งโดยผู้วิจัยพัฒนาคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของผลิตภัณฑ์เดิม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับความต้องการของผู้บริโภคแล้วนำมาปรับปรุงคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ มากหรือน้อยตามลำดับความต้องการของผู้บริโภค วิธีนี้จะวัดความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สำหรับทางเลือกต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะใช้เพื่อพิจารณาลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถจูงใจได้สูงสุด ซึ่งจะสามารถพยากรณ์ยอดขายและส่วนครองตลาดได้

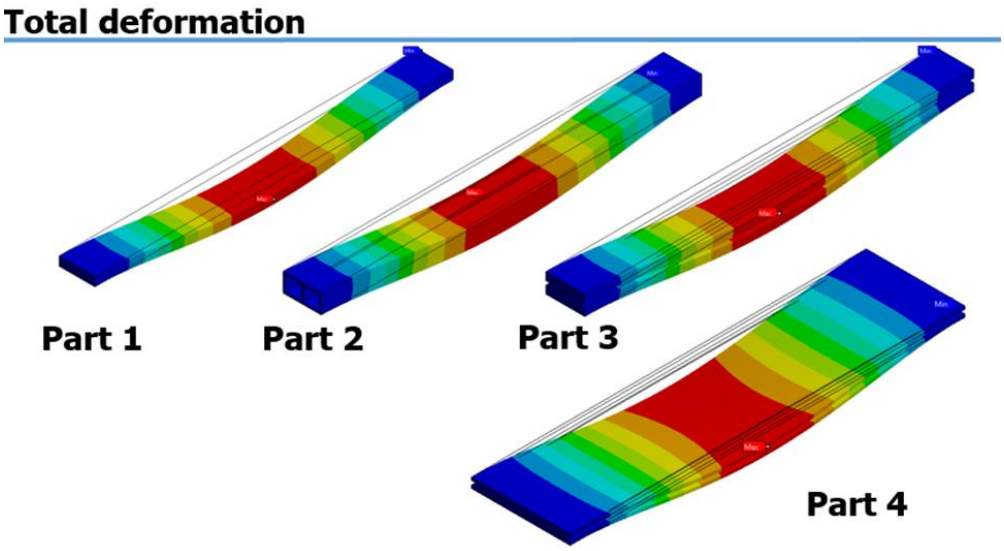


รูปที่ 37 การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ร่วมกัน (Conjoint Analysis)

7.4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development)

การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมและการขึ้นรูปต้นแบบ (Upscaling & Prototyping)

หลังจากพัฒนาสูตรส่วนผสมและเลือกสูตรส่วนผสมตามต้องการ และพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนั้น รวมทั้งมีการทดสอบการขึ้นรูปและคุณสมบัติในระยะก่อนการการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรม (Pre-upscaling) ดังแสดงในรูปที่ 38 เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Upscaling) และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ซึ่งในการวิจัยดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาโรงงานผลิตในระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่เอื้อต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้จากวัสดุคอมพอสิตยางรถยนต์รีเคลม ซึ่งธุรกิจที่โรงงานดังกล่าวผลิตไม้พลาสติก (รูปที่ 39) และมีแบบแม่พิมพ์พร้อมในการขึ้นรูปเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดอยู่แล้ว โดยได้ทดลองการผลิตด้วยวัตถุดิบของผสม 1 ตัน



รูปที่ 38 การทดสอบการขึ้นรูปและคุณสมบัติในระยะ pre-upscaling ด้วยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 39 โรงงานกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลองผลิตไม้คอมพอสิตเพื่อใช้ในการ upscaling

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตไม้พลาสติก ซึ่งสินค้าไม้พลาสติกของโรงงานมีความหลากหลายทั้งลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติต่างๆ ที่แตกต่างกัน ทำให้มีแม่พิมพ์ให้เลือกใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนมาก โดยสายการผลิตของโรงงานสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มสายการผลิต คือ สายการผลิตแบบอัด (Extrude Line Production) เป็นสายการผลิตสำหรับผลิตสินค้ากลุ่ม A, B, C และ D และสายการผลิตแบบฉีด (Injected Line Production) เป็นสายการผลิตสำหรับผลิตสินค้ากลุ่ม E-Specialty โดยมีรายละเอียดเฉพาะของสินค้าแสดงดังตารางที่ 21

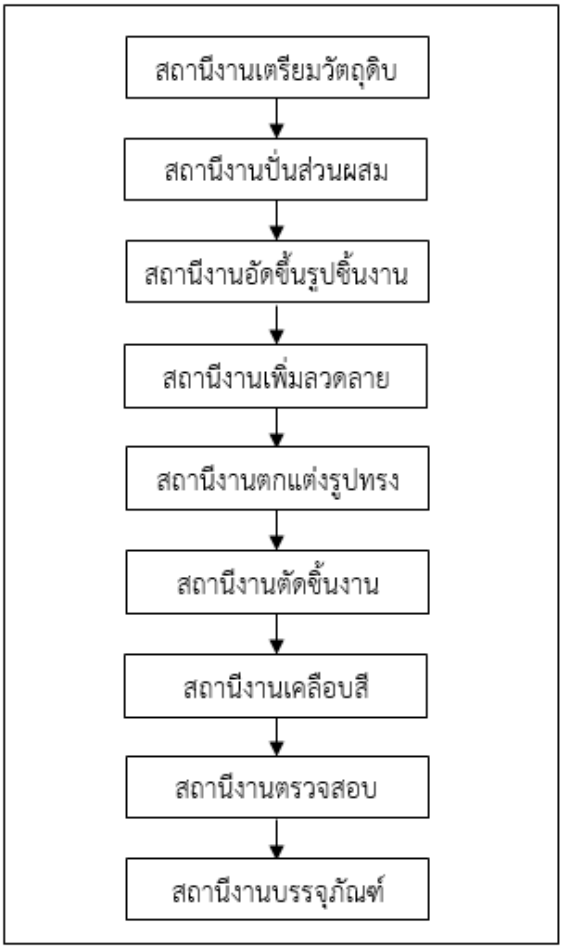
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 รายละเอียดเฉพาะของกลุ่มสินค้าไม้ประกอบสำเร็จรูป

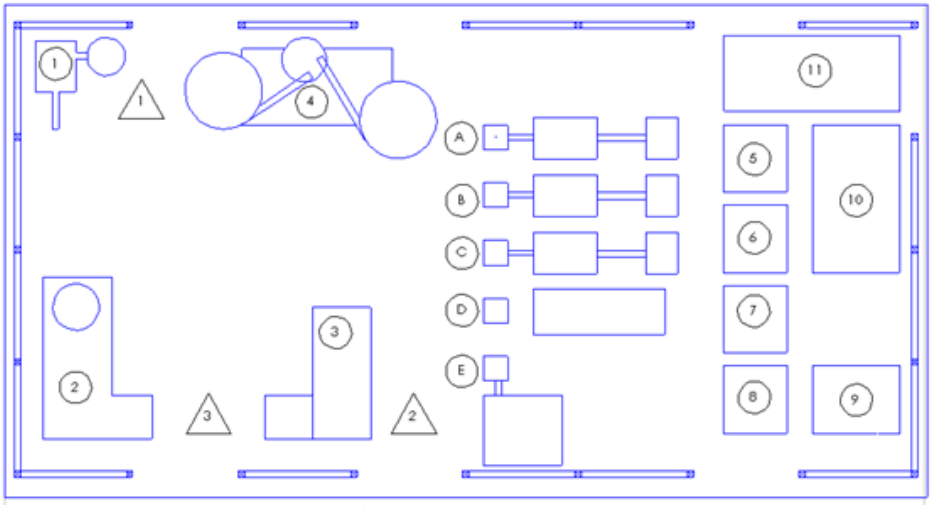
ชื่อผลิตภัณฑ์	ลักษณะ
A	สินค้าเพื่อทดแทนไม้ตกแต่งภายนอกและภายใน
B	สินค้าเพื่อทดแทนไม้ตกแต่งภายนอกเน้นลวดลายจากผิวเนื้อ
C	สินค้าเพื่อทดแทนไม้ปูพื้นและผนังภายในและภายนอก
D	สินค้าเพื่อทดแทนไม้สำหรับปูพื้นภายในลักษณะลามิเนต
E-Specialty	สินค้าเพื่อทดแทนไม้ในลักษณะรูปร่างพิเศษ

การดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการศึกษากับกระบวนการผลิตไม้ประกอบพลาสติกในกลุ่มสายการผลิตแบบ Extrusion ซึ่งในการทดลองการผลิตได้ดำเนินการตามกระบวนการผลิตของโรงงาน

ดังแสดงในรูปที่ 40 โดยกระบวนการการผลิตเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการรับและตรวจสอบวัตถุดิบไปจนถึงการจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า ตามผังของโรงงานดังแสดงในรูป 41 และ ตารางที่ 22 และ 23



รูปที่ 40 ผังแสดงกระบวนการผลิต



รูปที่ 41 ผังของโรงงานผลิต

ตารางที่ 22 รายละเอียดของสัญลักษณ์หลักของผังโรงงานการผลิต ในภาพที่ 53

สัญลักษณ์	รายละเอียด
①	เครื่องร่อนขี้เลื่อย
②	เครื่องอบแห้งขี้เลื่อย
③	เครื่องอบเม็ดพลาสติก
④	เครื่องปั่นส่วนผสม
⑤	สถานีเพิ่มลวดลายผิว
⑥	สถานีตกแต่งรูปทรง
⑦	สถานีตัดชิ้นงาน
⑧	สถานีเคลือบสี
⑨	เครื่องอบสี
⑩	สถานีตรวจสอบ
⑪	สถานีบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 23 รายละเอียดของสัญลักษณ์รองของผังโรงงานการผลิต ในภาพที่ 51

สัญลักษณ์	รายละเอียด
△1	จุดตรวจรับขี้เลื่อย
△2	จุดตรวจรับพลาสติก
△3	จุดตรวจรับสารประกอบ
Ⓐ	สายการผลิตแบบอัด A
Ⓑ	สายการผลิตแบบอัด B
Ⓒ	สายการผลิตแบบอัด C
Ⓓ	สายการผลิตแบบฉีด D
Ⓔ	สายการผลิตแบบฉีด E

กระบวนการผลิตหลัก แสดงดังรูปที่ 42 จากแผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) แสดงให้เห็นถึงกรรมวิธีการผลิตของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มสายการผลิตที่เลือกศึกษาโดยใช้วัตถุดิบอัตราส่วน และปัจจัยการผลิตเพื่อทดลองขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร Extrusion โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการผลิต ดังนี้

- **ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)**

วัตถุดิบหลักทั้ง 3 ชนิด คือ ผงยางล้อรถยนต์รีเคลม เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ขี้เลื่อย และสารประกอบ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยในแต่ละสูตรส่วนผสมจะมีขั้นตอนที่คล้ายกัน แตกต่างกันในรายละเอียด เช่น ขนาดอนุภาค ค่าความชื้น ค่าอุณหภูมิ และปริมาณสัดส่วน เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบดังนี้

ผงยางล้อรถยนต์รีเคลม มีขั้นตอนในการตรียมวัตถุดิบ คือ ตรวจสอบคุณสมบัติ ขนาดอนุภาค ค่าความชื้น ปริมาณสารตกค้างให้อยู่ในข้อกำหนดของวัตถุดิบตามต้องการ

เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน มีขั้นตอนในการตรียมวัตถุดิบ คือ ตรวจสอบคุณสมบัติ ขนาดอนุภาค ค่าความชื้น ปริมาณสารตกค้างให้อยู่ในข้อกำหนดของวัตถุดิบตามต้องการ ซึ่งในบางกรณีอาจเข้ากระบวนการลดขนาดเมล็ดพลาสติกด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าเพื่อทำให้ได้ขนาดเม็ดพลาสติกตามสูตรส่วนผสมเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเข้ากันของของผสมและลดระยะเวลาในการผลิต

ขี้เลื่อย มีขั้นตอนในการตรียมวัตถุดิบ คือ ตรวจสอบคุณสมบัติ แยกขนาดอนุภาคด้วยเครื่องร่อนให้ได้ขนาดอนุภาคตามต้องการ และการอบแห้งด้วยเครื่องทำความร้อน เพื่อทำให้ขี้เลื่อยสามารถเข้าสู่กระบวนการถัดไปมีความชื้นและอุณหภูมิตามสูตรส่วนผสมเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่ม

สารประกอบและสารตกแต่ง มีขั้นตอนในการตรียมวัตถุดิบ คือ ตรวจสอบ Specification ของสาร ชั่งน้ำหนักของสารประกอบตามสูตรการผลิตในแต่ละกลุ่ม ตามอัตราส่วนของของผสมที่ต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- **ขั้นตอนการปั่นของผสม (Mixing)**

ก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอัดรีด (Extrusion) ทั้ง 3 วัตถุดิบหลักทั้งหมดต้องผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นส่วนผสมขนาด 1,000 กิโลกรัม เครื่องปั่นส่วนผสมประกอบด้วยถังรับวัตถุดิบขาเข้า 3 ช่อง และออก 1 ช่องสำหรับวัตถุดิบที่ผ่านการปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว เครื่องปั่นส่วนผสมเดิมถูกตั้งค่าให้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)

- **ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน (Extrusion)**

ขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่สำคัญในสายการผลิตแบบ Extrusion ของโรงงาน ซึ่งโรงงานมีเครื่องอัดขึ้นรูป 3 เครื่อง โดยแบ่งเป็นสายการผลิต A , B และ C

ความสามารถในการผลิตแต่ละสายการผลิตนั้นแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงานมีลักษณะที่เหมือนกันคือ หลังจากชั่งและนำส่วนผสมต่างๆ เข้าไปในช่องขาเข้าวัตถุดิบ จะถูกลำเลียงไปเข้าสู่กระบอกที่ให้ความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้าที่ให้อุณหภูมิที่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของเม็ดพลาสติก หลังจากนั้น เครื่องจักรจะบีบอัดส่วนผสมทั้งหมดในสถานะของเหลวให้ไหลผ่านแบบแม่พิมพ์ที่ได้มีการติดตั้งตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ส่วนผสมที่ถูกดันผ่านแม่พิมพ์จะถูกลดอุณหภูมิให้ต่ำลงอย่างรวดเร็วจากการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยรางน้ำที่อุณภูมิปกติ ผลจากลดอุณหภูมิจะทำให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง และได้ชิ้นงานออกมาเป็นแผ่นต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ตามสายพานลำเลียงที่มีน้ำ ณ อุณหภูมิห้องหล่อท่วมชิ้นงานตลอด เป็นระยะทาง 10 เมตร เพื่อให้พื้นผิวชิ้นงานสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำจนเปลี่ยนเป็นให้ชิ้นงานเป็นสถานะของแข็งทั้งหมด เมื่อชิ้นงานไหลต่อเนื่องด้วยสายพานลำเลียงแห้งได้ขนาดเท่ากับ 4 เมตร เครื่องตัดจะตัดชิ้นงานออกเป็นชิ้นๆ และจัดเก็บในพื้นที่แนวกันชน (Buffer) เพื่อรอเข้าสู่ขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานเป็นขั้นตอนต่อไป

- **ขั้นตอนการตกแต่ง (Make up)**

ชิ้นงานที่มีความยาวตามมาตรฐานจะถูกตกแต่งเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ลักษณะตามกลุ่มของสินค้าที่กำหนดไว้ หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งในแต่ละกลุ่มสินค้าจะเข้ากระบวนการตกแต่งชิ้นงานในสถานีงานย่อยที่แตกต่างกันไป ซึ่งสถานีงานย่อยในกระบวนการตกแต่งมีรายละเอียดดังนี้

- สถานีย่อยเพิ่มลวดลายผิว เป็นขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงานโดยการเพิ่มลวดลายลงบนผิวเนื้อชิ้นงานตามกลุ่มของสินค้า

- สถานีย่อยตกแต่งรูปทรง เป็นขั้นตอนตกแต่งลักษณะรูปทรงในลักษณะพิเศษ เช่น การลบมุม (Fillet) ซึ่งแม่พิมพ์ในกระบวนการอัดขึ้นรูปไม่สามารถทำขึ้นมาได้

- สถานีย่อยตัด เป็นขั้นตอนตัดชิ้นงานให้มีขนาดความหนาของชิ้นงานให้บางลงกว่าขนาดความหนาที่ได้จากแม่พิมพ์ของเครื่องอัดชิ้นงาน

- สถานีย่อยเคลือบสี เป็นขั้นตอนการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยสีน้ำมัน และเป่าสีให้แห้งด้วยใบพัด เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานและเพิ่มความสามารถในการใช้งานภายใต้สภาวะอากาศต่างๆ

- **ขั้นตอนการตรวจสอบ (Checking)**

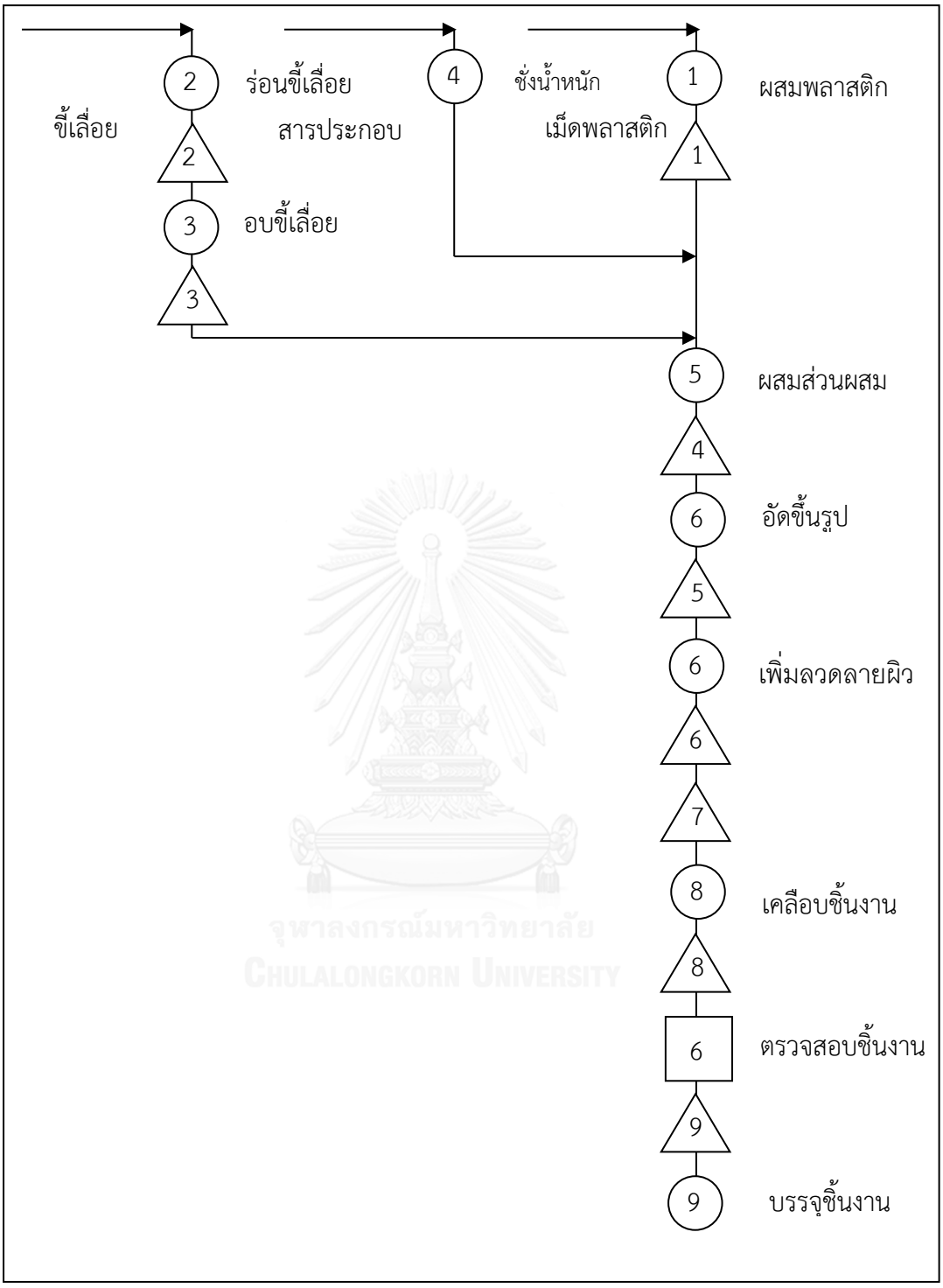
หลังจากชิ้นงานถูกเคลือบสีเรียบร้อยแล้วจะถูกตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานเพื่อควบคุมให้ผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการและข้อตกลงไว้กับลูกค้า ในกรณีตรวจสอบชิ้นงานแล้วไม่พบข้อบกพร่อง พนักงานจะจัดเรียงชิ้นงานให้เป็นกลุ่มๆ ละ 12 ชิ้นงานหลังจากนั้นพนักงานจะติด

เครื่องหมายระบุเลขที่ผลิตให้กลุ่มชิ้นงาน เพื่อเป็นการรับรองถึงคุณภาพในการผลิต และใช้เป็นการตรวจสอบกลับหากพบว่าสินค้ามีปัญหาไม่ได้ตามมาตรฐานคุณภาพตามที่ตกลงไว้กับลูกค้า และในกรณีที่พนักงานตรวจสอบชิ้นงานพบว่าเกิดข้อบกพร่องขึ้น ชิ้นงานดังกล่าวจะถูกประเมินว่าสามารถแก้ไขได้หรือไม่ หากสามารถแก้ไขได้จะถูกส่งต่อไปยังพนักงานฝ่ายผลิตที่ทำหน้าที่แก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงาน เมื่อเสร็จแล้วชิ้นงานจะถูกส่งกลับมาให้พนังงานฝ่ายตรวจสอบอีกครั้ง แต่หากชิ้นงานถูกประเมินว่าไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะนำชิ้นงานนั้นไปทำลายทิ้ง หรือจำหน่ายในราคาที่ต่ำกว่าราคาปกติ

- **ขั้นตอนการบรรจุ (Packing)**

ชิ้นงานที่ถูกจัดเป็นกลุ่มในสภาพที่พร้อมส่ง ซึ่งต่อไปขอเรียกว่าสินค้าสำเร็จรูปเมื่อมาถึงกระบวนการนี้ซึ่งจะมีการบรรจุชิ้นงานด้วยเครื่องมัดระบบอัตโนมัติ หลังจากสินค้าถูกมัดเรียบร้อยพร้อมจัดส่งให้ลูกค้าจะถูกนำเข้าเก็บในคลังสินค้าเพื่อรอจำหน่ายต่อไปด้วยรถโฟล์คลิฟท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 42 แผนภูมิกระบวนการผลิต (Operation Process Chart)

จากการทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพื่อขึ้นรูปไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม สามารถผลิตได้ตามปัจจัยที่ศึกษาในเบื้องต้น โดยต้องมีการปรับสภาวะการผลิตตามหน้างานเล็กน้อย รวมทั้งอาจมีการเพิ่มกระบวนการตกแต่งรูปทรง เคลือบชิ้นงาน และตัดแต่งตามต้องการเพื่อให้ชิ้นงาน

สมบูรณ์และสวยงามที่สุด ได้แก่ แผ่นไม้คอมพอสิตต้องขึ้นรูปได้เต็มแม่พิมพ์ มีลวดลายที่ชัดเจนตามต้องการ พื้นผิวเรียบ และสีผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 43

รูปที่ 43 ต้นแบบชิ้นงานที่ผลิตได้ในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรม

7.5 กระบวนการทดสอบ (Testing)

หลังจากขึ้นรูปต้นแบบไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมแล้ว จำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไม้เทียม และการติดตั้งไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อใช้งานที่เกี่ยวข้องโดยเปรียบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.5.1 การทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์

ทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ตามเงื่อนไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์เทียบเคียงไม้จริงและไม้พลาสติก โดยผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์

รายการ	สมบัติทางกล	ผลการทดสอบ	หน่วย
1	ความแข็งแรงของการดัดตัว	28.0 ± 1	เมกะปาสคาล
2	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่อการดัดตัว	3,600 ± 220	เมกะปาสคาล
3	ความแข็งแรงต่อการดึง	19.0 ± 0.2	เมกะปาสคาล
4	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่อการดึง	4,300 ± 400	เมกะปาสคาล
5	ความแข็งแรงของพื้นผิว	2H	ความแข็งของดินสอ
6	การรับแรงกด	20	เมกะปาสคาล
รายการ	**สมบัติทางกายภาพ**	**ผลการทดสอบ**	**หน่วย**
1	อัตราการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมง	< 0.5	เปอร์เซ็นต์
2	ความถ่วงจำเพาะ	1.1–1.3	--
3	ความหนาแน่น	1,100–1,300	กิโลกรัม/ลบ.ม.
4	ความชื้นสะสม	1	เปอร์เซ็นต์
5	ความทนทานต่อมอด	100	เปอร์เซ็นต์
6	ความทนทานต่อปลวก	100	เปอร์เซ็นต์
7	สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน	$1.4–2.4 \times 10^{-5}$	มม./มม.องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์

ลำดับ	รายการ	ไม้	ไม้คอมพอสิต	ไม้พลาสติก
สมบัติทางกายภาพ				
1	ความยืดหยุ่น	✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔
2	ความทนทานต่อความชื้น	✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔
3	ความทนทานต่อปลวก มอด และเชื้อรา	✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔
4	ความทนทานต่อแสง UV	✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔
5	ความทนทานต่อเชื้อรา	✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔
6	ความปลอดภัย	✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔
7	ระยะเวลาการใช้งาน	✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔
สมบัติทางเคมี				
8	ไม่มีส่วนประกอบของสารก่อมะเร็ง	✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔
9	ความปลอดภัยในการสัมผัส	✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔
10	การเผาไหม้	✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔
การติดตั้งและการดูแลรักษา				
11	การดูแลรักษา	✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔
12	อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้กับไม้และการปูพื้น (ความเข้ากันได้ของระบบการก่อสร้าง: Compatibility)	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔ ✔ ✔	✔ ✔

(** ✔ = ควรปรับปรุง, ✔ ✔ = ปานกลาง, ✔ ✔ ✔ ✔ = ดีมาก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 แสดงผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับไม้จริงและไม้พลาสติก พบว่า ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตมีคุณสมบัติที่ดีกว่าไม้จริงและไม้พลาสติก ซึ่งคุณสมบัติที่น่าสนใจคือ มีความยืดหยุ่น มีความทนทานต่อความชื้น ความทนทานต่อปลวก มอด และเชื้อรา มีความทนทานต่อแสง UV มีความทนทานต่อเชื้อรา ไม่มีส่วนประกอบของสารก่อมะเร็ง ปลอดภัยในการสัมผัส มีความทนทานต่อการเผาไหม้ สามารถติดตั้งและดูแลรักษาได้ง่าย

7.5.2 การทดสอบการติดตั้งผลิตภัณฑ์

หลังจากมีการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ มีความจำเป็นในการทดสอบการติดตั้งผลิตภัณฑ์ ดังนี้

การเลื่อย การตอกตะปู การถอนตะปู

รูปที่ 44 การทดสอบการเลื่อย การตอกและถอนตะปู ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การทดสอบการเลื่อยและตอกตะปู

จากการทดสอบการเลื่อยต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น (รูปที่ 44) สามารถเลื่อยได้ง่ายกว่าไม้จริงและไม้พลาสติก ในขณะที่ไม้ซิเมนต์ไม่สามารถเลื่อยได้ และจากการทดสอบการตอกและถอนตะปู พบว่า ต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถตอกตะปูและถอนตะปูได้ รวมทั้งยังสามารถตอกตะปูซ้ำได้ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้ไม่สามารถทำได้ในไม้จริง ไม้พลาสติก และไม้ซิเมนต์ ดังนั้นคุณสมบัติดังกล่าวของต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตนี้เป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจและได้เปรียบผลิตภัณฑ์เทียบเคียง

รูปที่ 45 การทดสอบการขันสกรู

- การทดสอบการขันสกรู

จากการทดสอบการเลื่อยต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถขันสกรูได้และเนื่องจากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตดังกล่าว พบว่าสามารถขันสกรูซ้ำรอยเดิมได้ ซึ่งไม่พบคุณสมบัติดังกล่าวในไม้จริง ไม้พลาสติก และไม้ซิเมนต์ ดังนั้นคุณสมบัติดังกล่าวของต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตนี้เป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจและได้เปรียบผลิตภัณฑ์เทียบเคียง (ภาพที่ 45)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

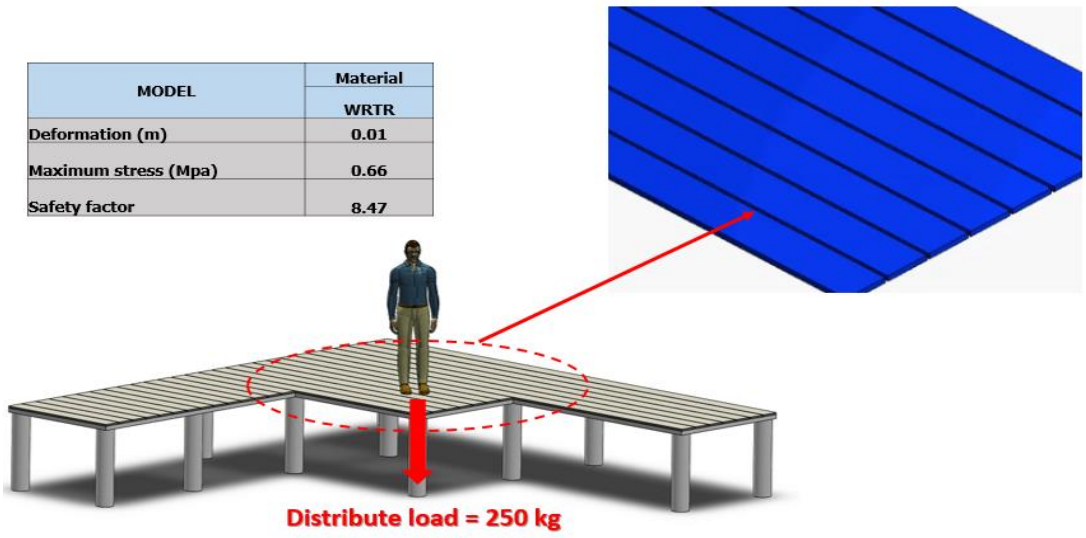
รูปที่ 46 การทดสอบการดัดโค้งงอ ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การทดสอบการดัดโค้งงอ

จากการทดสอบการดัดโค้งงอต้นแบบไม้คอมพอสิตที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถดัดโค้งงอได้ และเนื่องจากคุณสมบัติความยืดหยุ่นของต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตดังกล่าว พบว่าหลังจากการดัดโค้งงอแล้วสามารถดัดกลับให้อยู่สภาพเดิมเป็นแนวตรงได้ ซึ่งไม่พบคุณสมบัติดังกล่าวในไม้จริง ไม้พลาสติก และไม้ซิเมนต์ ดังนั้นคุณสมบัติดังกล่าวของต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตนี้เป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจและได้เปรียบผลิตภัณฑ์เทียบเคียง (รูปที่ 46)

- การทดสอบก่อนการติดตั้งโดยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การทดสอบก่อนการติดตั้งโดยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (รูปที่ 47) พบว่าในการติดตั้งพื้นด้วยต้นแบบไม้คอมพอสิตสามารถรับน้ำหนักเฉลี่ยได้ถึง 250 กิโลกรัม และสามารถวิเคราะห์ความทนทานต่อการรับแรงได้ก่อนตัดสินใจเลือกใช้ต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตเกรดและคุณสมบัติต่างๆ ตามความต้องการ



รูปที่ 47 การทดสอบก่อนการติดตั้งโดยการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรม
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ณ ศูนย์วิศวกรรมการออกแบบ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

- การทดสอบการติดตั้ง

รูปที่ 48 การทดสอบการติดตั้ง

จากรูปที่ 48 การทดสอบการติดตั้งในหน้างานจริงเพื่อเป็นพื้นไม้ภายนอกตัวบ้านหรือตัวอาคาร พบว่าในการติดตั้งพื้นด้วยต้นแบบวัสดุทดแทนไม้คอมพอสิตสามารถติดตั้งโดยวิธีติดตั้งบนคานเหล็กเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้ดี วิธีในการติดตั้งเบื้องต้นเป็นการขันสกรูน็อตเข้ากับคานเหล็กร่วมกับการเข้าลิ่มตามแบบก่อสร้าง มีความสวยงาม มีความเหมาะสม และมีความปลอดภัยในการใช้งาน

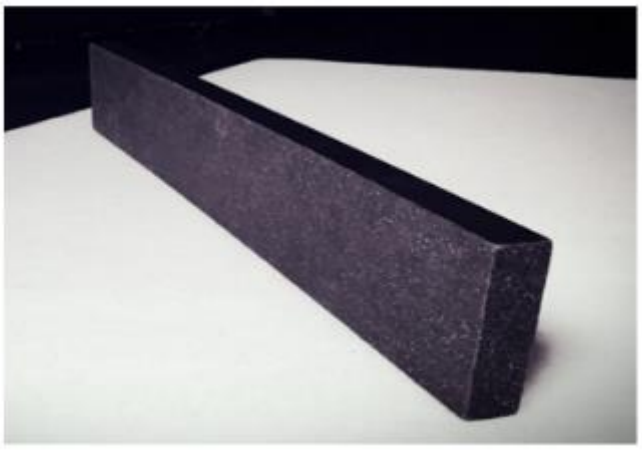
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8

การวิเคราะห์ตลาด กำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา

8.1 การวิเคราะห์ตลาดและกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ

เนื่องจากการพัฒนาผลิตนวัตกรรมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ที่มีคุณสมบัติเด่นและได้เปรียบผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด รวมทั้งการพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวนี้เป็นการต่อยอดงานวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงธุรกิจและกลยุทธ์ธุรกิจ จะพิจารณาภายใต้เงื่อนไขการใช้ประโยชน์จากทรัพย์สินทางปัญญาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพิจารณาในบริบทการเปรียบเทียบการเข้าสู่ตลาดของผลิตภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์เทียบเคียงที่มีอยู่ในท้องตลาด เช่น ไม้จริง ไม้พลาสติก และไม้ซิเมนต์



รูปที่ 49 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

8.1.1 ผลิตภัณฑ์

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม (รูปที่ 49) หากเป็นสีเนื้อวัสดุที่แท้จริงจะเป็นสีดำ น้ำตาลเข้ม และสีเทา ขึ้นอยู่กับส่วนผสมและสัดส่วนของสูตรในการผลิตผลิตภัณฑ์ และสามารถเคลือบสีได้ตามต้องการเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กลุ่มสถาปนิกหรือกลุ่มเป้าหมายในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวบนพื้นฐานความสวยงาม คุณสมบัติที่เหนือกว่าผลิตภัณฑ์เทียบเคียง

ซึ่งแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 24) ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 25) และผลการทดสอบการติดตั้งผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 48)

8.1.2 การวิเคราะห์ตลาด (Market Analysis)

ตลาดไม้สำหรับปูพื้นของประเทศไทยในปัจจุบันนั้นคู่แข่งหลักของอุตสาหกรรมไม้คอมพอสิตหรือไม้เทียม คือ ไม้จริงที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งโดยลักษณะการจับกลุ่มตลาดของไม้จริงนั้นจะจับกลุ่มตลาดพรีเมี่ยมหรือตลาดบนประกอบกับทัศนคติของกลุ่มเป้าหมายยังมีแนวคิดที่ว่าไม้จริงย่อมดีกว่าไม้เทียม แต่ในแง่การใช้งานนั้นไม้จริงมีข้อจำกัดด้านความคงทน เช่น การเสื่อมสภาพตามอายุ ปัญหาด้านปลวกมอดและแมลง รวมทั้งมีข้อจำกัดด้านความสวยงาม เช่น ตาไม้ รอยร้าว ความเรียบเสมอกันทั้งแผ่น และข้อจำกัดด้านความปลอดภัย เช่น เสี้ยนไม้ และการติดไฟ โดยข้อจำกัดเหล่านี้ไม้คอมพอสิตหรือไม้เทียมสามารถแก้ไขทั้งหมดได้หมด ทำให้ไม้คอมพอสิตหรือไม้เทียมมีโอกาสและได้รับการยอมรับจากกลุ่มเป้าหมายมากขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติที่ดีกว่า การติดตั้งได้ง่ายและมีรูปแบบที่หลากหลาย คู่แข่งเริ่มเปลี่ยนจากไม้จริงเป็นไม้ผสมซีเมนต์ โดยจะแข่งขันด้านราคาเป็นหลักซึ่งไม้พลาสติกเสียเปรียบเพราะเม็ดพลาสติกมีราคาสูงกว่าซีเมนต์มาก แต่ด้วยคุณสมบัติของไม้ซีเมนต์มีความเปราะแตกหักง่ายและดูดความชื้น ส่งผลให้ตลาดไม้พลาสติกเติบโตขึ้นตลาดงานก่อสร้างมีการตอบรับไม้พลาสติกมากยิ่งขึ้น โดยเมื่อตลาดเริ่มตอบรับมากขึ้นก็มีอุปสรรคตามมา คือ มีการผลิตไม้พลาสติกที่ไม่มีคุณภาพแต่นำออกขายในราคาสูงเพื่อตีตลาด จึงเป็นสาเหตุให้ตลาดไม้พลาสติกในปัจจุบันเริ่มแปรปรวน

ผลการวิเคราะห์ตลาดของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง (พ.ศ.2557) พบว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทพื้นและชั้นมีส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด คือ ร้อยละ 34 คิดเป็นมูลค่า 59,500 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทตกแต่งผนังมีส่วนแบ่งการตลาดรองลงมา คือ ร้อยละ 32 คิดเป็นมูลค่า 57,100 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทเพดานมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 14 คิดเป็น 23,400 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทประตู หน้าต่าง และส่วนประกอบ มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 10 คิดเป็น 18,000 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทรั้วมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 3.8 คิดเป็น 5,870 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทราวมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 2.4 คิดเป็น 4,280 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ประเภทหลังคามีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 2.4 คิดเป็น 4,270 ล้านบาท และผลิตภัณฑ์ประเภทบันไดมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 1.4 คิดเป็น 2,530 ล้านบาท

และจากการวิเคราะห์ตลาดไม้สังเคราะห์ พ.ศ. 2557 มีมูลค่า 6,000 ล้านบาท และ พ.ศ. 2558 มีมูลค่า 6,180 ล้านบาท (ตราช้าง, 2558) จะเห็นได้ว่าตลาดไม้เทียมมีอัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้น และจากงานวิจัยของผู้วิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสำหรับวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ ข้างต้นนั้น

คือ วัสดุคอมพอสิตทดแทนไม้จริงหรือไม้เทียมและเน้นคุณสมบัติที่เหนือกว่า เนื่องจากวัสดุไม้จริงหรือไม้เทียมเป็นที่ต้องการในทุกๆ ผลิตภัณฑ์ เช่น พื้น ชั้น ผนัง เพดาน ประตู หน้าต่าง รั้ว ราว หลังคา และบันได ถึงแม้ว่าจะมีวัสดุหลายประเภทให้เลือกใช้ แต่ความนิยมและส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด คือ ไม้จริงหรือไม้เทียม และด้วยข้อจำกัดข้อไม้พลาสติกในเรื่องความคงทนและการติดตั้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตจากขยะยางล้อรถยนต์ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีกว่าและการติดตั้งที่ง่ายกว่ามีโอกาสทางด้านการตลาดมากขึ้น

8.1.3 การวิเคราะห์คู่แข่ง (Competitor Analysis)

- ผลิตภัณฑ์คู่แข่งทางตรง

สำหรับการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์คู่แข่ง จะพิจารณาจากความคล้ายคลึงกันในด้านรูปลักษณะภายนอก การสัมผัส และคุณสมบัติ ไม่พบผลิตภัณฑ์คู่แข่งทางตรง เนื่องจากในตลาดปัจจุบันพบผลิตภัณฑ์ไม้จริง และไม้เทียม เช่น ไม้พลาสติก และไม้ซีเมนต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันด้านรูปลักษณะภายนอก การสัมผัส และคุณสมบัติ

- ผลิตภัณฑ์คู่แข่งทางอ้อม

การวิจัยนี้ ให้ความสนใจและเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์คู่แข่งทางอ้อมที่มีรูปแบบเป็นไม้เทียม เช่น ไม้พลาสติกและไม้ซิเมนต์ ซึ่งพบในตลาดปัจจุบัน

ทั้งนี้ จากการสำรวจตลาด สามารถสรุปได้ในตารางที่ 26 ดังนี้

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบราคาเฉลี่ยของไม้แต่ละประเภทจากการสำรวจตลาด

ประเภทไม้	ราคาเฉลี่ย (บาท)/ตร.ม.
ไม้จริง (ไม้สัก)	1,590 – 2,500
ไม้พลาสติก	1,250 – 2,250
ไม้ซิเมนต์	870 – 1,500
ไม้คอมพอสิต	250 - 675

8.1.4 การตัดสินใจเลือกซื้อนวัตกรรม

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้โมเดลการรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) ร่วมกับทฤษฎีพฤติกรรมที่วางแผนไว้ (Theory of Planned Behavior) เพื่อศึกษาถึงตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่นำไปสู่การอธิบายการรับเทคโนโลยีของกลุ่มเป้าหมายได้ และมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อนวัตกรรมไม้คอมพอสิต

งานวิจัยนี้กำหนดกรอบของการประเมินคุณค่าเป็น 2 ด้านคือด้านประโยชน์ที่ได้รับและการเสียสละที่น้อย โดยในด้านประโยชน์วัดจาก (A1) ประโยชน์ด้านหน้าที่ เป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์หรือสามารถเติมเต็มเป้าหมายการซื้อของลูกค้า คุณค่านี้วัดได้ในด้านคุณภาพ ความปลอดภัย การใช้สอยที่ดี คุณค่าด้านนี้ตอบสนองต่อปัญหาที่นำมาสู่การบริโภค (A2) ประโยชน์ด้านประสบการณ์หรือเชิงอารมณ์ หมายถึงส่วนที่สร้างประสบการณ์ ความรู้สึก หรืออารมณ์ให้กับลูกค้า ตอบสนองความรู้สึกยินดี เช่น ความรู้สึกตื่นเต้น สบาย ยินดี สุนทรี (A3) ประโยชน์ด้านสัญลักษณ์หรือการบ่งบอกผู้อื่น หมายถึงส่วนที่ลูกค้าได้รับจากการเชื่อมโยงความหมาย สัญลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ในมิติทางจิตวิทยา คุณค่านี้ตอบสนองความต้องการด้านบทบาท การแสดงตัวตน การเป็นสมาชิกของกลุ่มหนึ่งๆ จึงตั้งสมมุติฐานได้ว่า

H_1 การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Benefits) ที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนมีอิทธิพลทางบวกต่อการรับรู้คุณค่าของผู้บริโภค (Perceived Consumer Value)

ด้านการรับรู้สิ่งที่ต้องเสียสละที่หมายถึงความรู้สึกของบุคคลที่จะต้องเสียหรือยอมเลิกบางสิ่งทั้งที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายเงินหรือทรัพยากรอื่นๆ หรือความกังวลจิตใจ เช่น การรับรู้ความเสี่ยง ซึ่งเป็นความคาดหมายในทางลบของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ โดยแบ่งได้หลายด้าน ได้แก่ ความเสี่ยงด้านการเงิน (Financial Risk) เป็นความกังวลว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคาแพงกว่าที่ควรจะเป็น ความเสี่ยงด้านสังคม (Social Risk) เป็นความกังวลว่าจะไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้อื่น ความเสี่ยงด้านกายภาพ (Physical Risk) เป็นความกังวลว่าจะไม่ปลอดภัย ความเสี่ยงด้านหน้าที่ (Function Risk) เป็นความกังวลว่าผลิตภัณฑ์ไม่ทำหน้าที่หรือใช้สอยได้ดังที่คาดหวังไว้ ความเสี่ยงด้านเวลา (Time Risk) เป็นความกังวลว่าจะเสียเวลาและเกิดความไม่สะดวกหากเกิดความผิดพลาดจากผลิตภัณฑ์

งานวิจัยจำนวนมากสรุปว่าเมื่อผู้บริโภคต้องจ่ายเงินมากขึ้นหรือการรับรู้การต้องเสียสละมากขึ้นและมีผลให้การรับรู้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ลดลง ในทางกลับกัน การรับรู้การต้องจ่ายเงินไม่สูงหรือทรัพยากรที่ต้องเสียสละไม่มากไปกว่าผลิตภัณฑ์เดิมที่เคยมีประสบการณ์ จึงมีผลทางบวกต่อการรับรู้คุณค่าโดยนำมากำหนดสมมติฐานได้เป็น

H_2 การรับรู้การเสียสละที่น้อย (Perceived Least Sacrifice) ในการซื้อใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนมีอิทธิพลทางบวกต่อการรับรู้คุณค่าของผู้บริโภค

ความตั้งใจซื้อ

ความตั้งใจซื้อหมายถึงความโน้มเอียงของผู้บริโภคที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ ความตั้งใจซื้อรวมถึงความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์และความเป็นไปได้ที่จะซื้อ การวัดความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคจะอยู่ในรูปแบบของการวัดทัศนคติและอยู่บนสมมติฐานว่าผู้บริโภคจะมีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับทัศนคติของตน

การรับรู้คุณค่ากับความตั้งใจซื้อ

การรับรู้คุณค่าเป็นการประเมินภาพรวมประโยชน์กับต้นทุน โดยที่มีงานวิจัยในอดีตหลายชิ้นที่ยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้คุณค่ากับความตั้งใจซื้อ โดยการรับรู้คุณค่ามีอิทธิพลโดยตรงและทางบวกต่อความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค การให้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีผลต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์ นำมากำหนดสมมติฐานได้คือ

H_3 การรับรู้คุณค่าของผู้บริโภคมีอิทธิพลทางบวกต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีน

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีเชิงปริมาณ โดยทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 797 ตัวอย่างทั่วประเทศ คำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ได้ไม่เกิน (+/-) 4% โดยใช้การสุ่มแบบสะดวกเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิในการวิจัยครั้งนี้คือแบบสอบถามประกอบไปด้วย 7 ส่วน ได้แก่ (1) ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง (2) การรับรู้ประโยชน์ต่อการใช้งาน (3) การรับรู้ประโยชน์เชิงสัญลักษณ์ (4) การรับรู้ประโยชน์ทางด้านความรู้สึก (5) การรับรู้ทางด้านราคา (6) การรับรู้การเสียสละที่น้อยในการซื้อผลิตภัณฑ์ (7) การรับรู้คุณค่าผู้บริโภค และ (8) การตั้งใจซื้อสินค้า โดยคำถามส่วนที่ 1 ใช้มาตรวัดนามบัญญัติ (Nominal scale) ในขณะที่ ส่วนที่ 2-7 ใช้มาตรวัดอัตรภาค (Interval Scale) โดยให้ผู้ตอบประเมินค่า (Rating) ตามแบบวิธีของลิเคิร์ท (Likert) 5 ระดับ

ด้านการประเมินคุณภาพเครื่องมือวัดทำในสองลักษณะคือ ความตรง (Validity) โดยวัดความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากทฤษฎีและการตรวจสอบความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นอัลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha) ได้ผลการตรวจสอบว่า คำถามในแบบสอบถามทุกหมวดที่เป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability alpha) ไม่น้อยกว่า 0.700 ดังตารางที่ 28 จึงสรุปว่าแบบสอบถามซึ่งเป็นเครื่องมือวัดในการวิจัยครั้งนี้ มีคุณภาพดีเพียงพอ

สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (รูปที่ 55)

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีสัดส่วนร้อยละ 54.0 เพศชายร้อยละ 46.0 ด้านอายุมีสัดส่วนพอๆ กัน ทุกลุ่มช่วงอายุคือ 20-29 ปี, 30-39 ปี, 40-49 ปี และ 50 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนร้อยละ 24.5, 25.1, 24.3, และ 26.1 ตามลำดับ ด้านการศึกษา กลุ่มตัวอย่างมากกว่าครึ่งหนึ่งมีการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 55.3 ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 27 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสำรวจ

เพศ	ความถี่	ร้อยละ
ชาย	367	46.0
หญิง	430	54.0
อายุ	ความถี่	ร้อยละ
20-29	195	24.5
30-39	200	25.1
40-49	194	24.3
50 up	208	26.1
การศึกษา	ความถี่	ร้อยละ
ต่ำกว่าปริญญาตรี	239	30.0
ปริญญาตรี	441	55.3
สูงกว่าปริญญาตรี	117	14.7
รวม	797	100.0

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า ค่าเฉลี่ยการรับรู้ประโยชน์ด้านภาพลักษณ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.565 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.879 รองลงไปได้แก่ด้านหน้าที่/ประโยชน์ใช้สอย มีค่าเฉลี่ยที่ 3.513 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.793 รายละเอียดดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยแต่ละด้านและค่า Cronbach's Alpha

Factors	Mean	Std. Deviation	Cronbach's Alpha
Functional Benefits	3.5129	.79280	0.912
Image Benefit	3.5650	.87945	0.919
Emotional Benefits	3.4297	.81488	0.897
Competitive Price	3.4856	.79570	0.790
Least Efforts	3.4383	.80997	0.869
Customer Value	3.4765	.79877	0.902
Purchase Intention	3.4158	.83365	0.922

N=797

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LISREL 8.10 โดยเริ่มจากการตรวจสอบเพื่อหาค่าความตรง (Validity) และความเที่ยง (Reliability) ของโมเดล โดยด้านความเที่ยงใช้การวัดตามวิธีของครอนบัค ได้ค่า Cronbach Alpha ทุกค่ามากกว่า 0.70 โดยค่าต่ำสุดของโมเดลการวัดที่ได้คือ 0.901 แปลความหมายได้ว่าโมเดลการวัดมีความเที่ยงสูง ด้านความตรงใช้การคำนวณหาค่า AVE (Average Variance Extracted) พบว่าทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.5 โดยค่าต่ำสุดที่คำนวณได้คือ 0.705 จึงกล่าวได้ว่าโมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) สูง ดังตารางที่ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ค่า Cronbach's Alpha และค่า AVE ของโมเดลการวัด

Constructs	Cronbach's Alpha	AVEs
Perceived Benefits	0.956	0.705
Perceived Least-Sacrifice	0.901	0.789
Customer Value	0.902	0.880
Purchase Intention	0.922	-

จากวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยใช้วิธีประมาณค่า Parameters แบบ Maximum likelihood และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกันระหว่างแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) พบว่าแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างมีค่า Chi-Square = 11.19, degree of freedom = 8, ค่า p-value = 0.191 มากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองสมการเชิงโครงสร้างมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาค่าสถิติอื่นๆ ประกอบพบว่า ได้ค่า CMIN/DF = 1.399, GFI = 1.0, AGFI = 0.990, CFI = 1.00, NFI=1.00, NNFI=1.00, RMSEA = 0.022, SRMR=.0048 ซึ่งค่าสถิติทุกตัวให้ผลยืนยันความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังตารางที่ 33

ตารางที่ 30 ค่าสถิติและเกณฑ์ในการประเมินโมเดลสมการโครงสร้าง

Statistic	Criteria	Statistical Value	Result
CMIN/DF	<2.00	1.120	Passed
GFI	≥0.95	0.970	Passed
AGFI	≥0.95	0.950	Passed
CFI	≥0.95	1.000	Passed
NFI	≥0.95	0.990	Passed
NNFI	≥0.95	1.000	Passed
RMSEA	≤0.07	0.022	Passed
SRMR	≤0.08	0.004	Passed

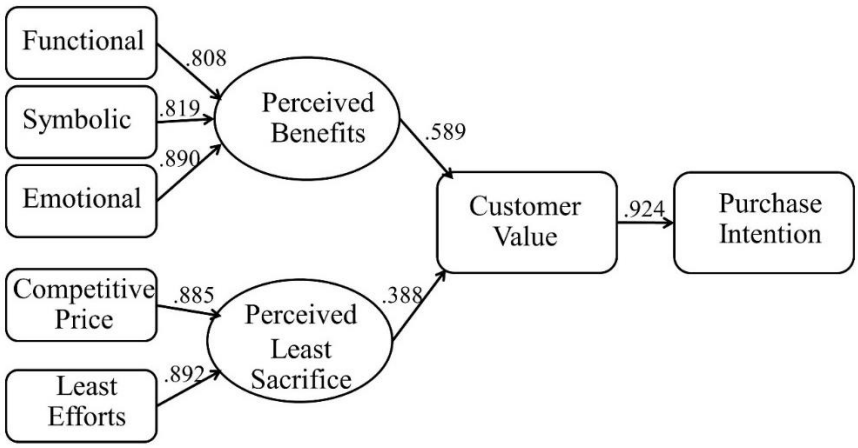
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์เส้นทาง

การวิเคราะห์เส้นทางแสดงค่ามาตรฐาน ให้ค่า t-value ซึ่งทุกค่ามีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ทั้งสามข้อ โดยการรับรู้คุณค่าของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนมีผลทางบวกต่อความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์ และการรับรู้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ และการรับรู้การเสียสละทรัพยากรในการซื้อและใช้ที่น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ทางเลือกอื่นที่ผู้บริโภคเคยมีประสบการณ์ แต่ละปัจจัยมีผลทางบวกต่อการรับรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีน ดังตารางที่ 31 และรูปที่ 50

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เส้นทางและการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

Hypo-thesis	Path	Proposed Effect	Standardized path estimate	t-value	Significant & Results
H1	Benefits -> Consumer Value	+	0.589	5.449	Sig./H1 is supported
H2	Least Sacrifice -> Consumer Value	+	0.388	3.595	Sig./H2 is supported
H3	Consumer Value -> Purchase Intention	+	0.924	47.090	Sig./H3 is supported



รูปที่ 50 ผลการวิเคราะห์ Structural equation model from LISREL 8.10

จากการวิเคราะห์รายละเอียดค่ามาตรฐาน การวิจัยนี้ยังพบว่าในด้านประโยชน์ของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีน ผู้บริโภคให้น้ำหนักกับประโยชน์ด้านอารมณ์หรือประสบการณ์มากที่สุดเป็นอันดับแรก รองลงไปเป็นประโยชน์ด้านสัญลักษณ์หรือภาพลักษณ์ และประโยชน์ด้านหน้าที่ตามลำดับ เนื่องจากผู้บริโภคเชื่อว่านวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์มากกว่าทางเลือกเดิมจากการที่สามารถช่วยลดอัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อน เพิ่มคุณภาพของอากาศและลดการใช้พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ็อกไซด์จึงให้ความสำคัญกับประโยชน์ที่ได้มีส่วนร่วมในการทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นมากกว่าประโยชน์พื้นฐานในเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเมื่อคุณสมบัติของนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่ด้อยกว่าทางเลือกเดิมซึ่งสอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Medeiros, Ribeiro, and Cortimiglia (2013) ที่อ้างอิงงานวิจัยของ Brecard et al., 2009; Brouhle and Khanna, 2012) ว่าการสื่อสารความเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผู้บริโภครับรู้ และเกิดทัศนคติด้านบวกมีความสำคัญไม่น้อยกว่าเรื่องคุณภาพผลิตภัณฑ์

โมเดลคุณค่าของผู้บริโภคที่เกิดจากการรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับด้านหน้าที่ ด้านภาพลักษณ์และด้านอารมณ์ เปรียบเทียบกับราคาและต้นทุนอื่นที่ต้องใช้หรือให้ไปในการซื้อหรือบริโภคผลิตภัณฑ์นวัตกรรม สามารถอธิบายการรับนวัตกรรมวัดจากความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยมีตัวแปรการให้คุณค่าของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนเป็นตัวแปรคั่นกลาง (Mediator variable) ข้อมูลเชิงประจักษ์ยืนยันสมมติฐานการวิจัยทั้งหมดและยืนยันโมเดลทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจการรับนวัตกรรมกรีนของผู้บริโภค ว่าประโยชน์ด้านอารมณ์หรือประสบการณ์ ความรู้สึกว่ามีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญ นักการตลาดจึงควรใช้แนวทางการสื่อสารในเชิงอารมณ์นอกเหนือจากการสื่อสารให้เกิดการรับรู้ประโยชน์ใช้สอย นอกจากนี้งานวิจัยยังพบข้อสรุปด้วยว่า สำหรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีน ราคาไม่ใช่ปัจจัยหลักที่มีน้ำหนักเหนือกว่าปัจจัยอื่นที่ผู้บริโภคต้องจ่ายหรือเสียเพื่อการซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น ความพยายามในการซื้อ หรือต้นทุนความกังวลใจ นักการตลาดจึงควรวางแผนด้านช่องทางการจำหน่าย รวมทั้งแนวทางที่ช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจซื้อ เช่น การรับประกัน หรือบริการหลังการขายด้วย การวิเคราะห์ด้วยสถิติดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาโมเดลการรับนวัตกรรมกรีนของผู้บริโภคในภาพกว้าง กล่าวคือผู้ตอบแบบสำรวจกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้มีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้ในระยะ 6 เดือนข้างหน้ารวมทั้งไม่ได้เป็นผู้มีอิทธิพลในการซื้อของผู้อื่น ประเด็นนี้อาจเป็นข้อจำกัดของผลการวิเคราะห์ ดังนั้นการวิเคราะห์หรือวิจัยในอนาคตควรทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบโมเดลโดยใช้ multiple group analysis โดยเปรียบเทียบโมเดลที่เป็นข้อสรุปจากการวิจัยนี้กับโมเดลที่ใช้ข้อมูลเฉพาะผู้ตอบที่มีความสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือมีโอกาสเป็นผู้แนะนำหรือมีอิทธิพลเหนือผู้อื่นในการแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนเท่านั้น เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของกันของสองโมเดลหรือสองกลุ่ม

8.1.5 กำหนดกลยุทธ์ธุรกิจ

เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวได้เป็นส่วนหนึ่งของสิทธิบัตรการประดิษฐ์ชื่อ “สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากวัสดุพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม และขี้เลื่อย” โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นเจ้าของสิทธิบัตร ดังนั้น การกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจจะเน้นการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อขายหรืออนุญาตให้ใช้สิทธิในการใช้สูตรส่วนผสมเพื่อผลิตแผ่นไม้คอมพอสิตที่เกิดขึ้นมาใหม่จากผู้วิจัยแก่ผู้ประกอบการที่สนใจในการนำไปใช้ผลิตในระดับอุตสาหกรรมในเชิงพาณิชย์ต่อไป

- การบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา

การจัดการทรัพย์สินทางปัญญาของผลิตภัณฑ์ไม้แผ่นคอมพอสิตดังกล่าวนี้ เป็นส่วนหนึ่งของสิทธิบัตรการประดิษฐ์ชื่อ “สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากวัสดุพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม และขี้เลื่อย” ยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ.2555 โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นเจ้าของสิทธิบัตร และมีผู้ประดิษฐ์ 3 ท่าน ได้แก่ ศ.ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์ นางสาวสุนารี ศรีบุญเรือง และนางสาวจิรัชญา ดวงบุรงค์ เป็นผู้ประดิษฐ์ เป็นการขายหรืออนุญาตให้ใช้สิทธิในการใช้สูตรส่วนผสมเพื่อผลิตแผ่นไม้คอมพอสิตที่เกิดขึ้นมาใหม่จากผู้วิจัย ผ่านกระบวนการการจัดการทรัพย์สินทางปัญญา ซึ่งทรัพย์สินทางปัญญาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนั้นจะต้องถูกได้รับการจัดการทรัพย์สินทางปัญญาช่วงการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา (Protection) หรือ IP Protection และการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญา ซึ่งการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจดสิทธิบัตร การจดอนุสิทธิบัตร หรือความลับทางการค้า ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการและรายละเอียดของผลงาน

เมื่อพิจารณาถึงสิทธิบัตรที่มีความใกล้เคียงในฐานข้อมูลของกรมทรัพย์สินทางปัญญาประเทศไทย ฐานข้อมูลสิทธิบัตร WIPO (The World Intellectual Property Organization) ฐานข้อมูลสิทธิบัตร KIPO ของประเทศเกาหลี ฐานข้อมูลสิทธิบัตร EPO ของยุโรป ฐานข้อมูลสิทธิบัตร IP AUSTRALIA ของประเทศออสเตรเลีย ฐานข้อมูลสิทธิบัตร JPO ของประเทศญี่ปุ่น ฐานข้อมูลสิทธิบัตร USPTO ของประเทศสหรัฐอเมริกา ฐานข้อมูล DPMA ของประเทศเยอรมัน พบว่าสิทธิบัตรที่มีความใกล้เคียงคือ สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมของพอลิเอทิลีนกับยางรีเคลมจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว เลขที่คำขอ 0501004815 ยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรเมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ. 2548 โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นเจ้าของสิทธิบัตร และมีผู้ประดิษฐ์ 3 ท่าน ได้แก่ ศ.ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์ ผศ.ดร.วราวุฒิ ตั้งพสุธาดล และ นายภานุ พรรณรักษ์ ซึ่งมีสูตรส่วนผสมและกระบวนการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน รวมทั้งสิทธิบัตรดังกล่าวยังเป็นจุดเริ่มต้นขององค์ความรู้ของผู้ประดิษฐ์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการพัฒนาสูตรส่วนผสมคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม

สำหรับสิทธิบัตรที่ใกล้เคียงในการพัฒนาสูตรส่วนผสมสำหรับคอมพอสิตนั้น ยังไม่มีการใช้ยางล้อรถยนต์รีเคลม แต่เป็นการใช้ยางผง (Grounded Tire Rubber; GTR) ผสมกับพลาสติกหลายๆ ชนิด ยางมะตอย และซิเมนต์ เท่านั้น

ดังนั้น สิทธิบัตร “สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากวัสดุพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม และขี้เลื่อย” ที่ยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรไปแล้วนั้น นับว่ามีมูลค่าและมีโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ทั้งในและต่างประเทศ

การประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญา เป็นการประเมินมูลค่าของทรัพย์สินออกมาเป็นรูปของตัวเงิน เป็นราคาของทรัพย์สินที่ใช้ตกลงซื้อขายกันได้ระหว่างผู้เต็มใจขายกับผู้เต็มใจซื้อ ณ วันที่ประเมิน ภายใต้เงื่อนไขการซื้อขายปกติที่ผู้ซื้อและผู้ขายไม่มีผลประโยชน์เกี่ยวเนื่องกัน ทั้งนี้การประเมินมูลค่าราคาหรือการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญา ควรใช้มูลค่าจากกระแสเงินสดสุทธิ และทอนเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราคิดลด (Income Approach) ด้วยวิธี Discount Cash Flow (DCF) ซึ่งป็นวิธีที่นิยมสำหรับสินทรัพย์ที่ไม่มีตัวตน เป็นวิธีคำนวณกระแสรายได้สุทธิในอนาคต แล้วทอนเป็นมูลค่าปัจจุบันด้วยอัตราคิดลดที่เหมาะสม โดยปกติระยะเวลาในการคำนวณอัตราคิดลดจะสั้นกว่าระยะเวลาที่ก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจหรือระยะเวลาที่กฎหมายคุ้มครองทรัพย์สินที่ไม่มีตัวตนนั้น โดยเอกสารที่ต้องนำมาใช้ประกอบเพื่อการประเมินราคาแบบ Income Approach ด้วยวิธี Discount Cash Flow (DCF) นั้นประกอบด้วย

1. ผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยี โดยจะต้องระบุถึงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีว่ามีรายละเอียดอย่างไร มีสินค้าหรือเทคโนโลยีทดแทนหรือไม่ ความยากง่ายของเทคโนโลยี ระยะเวลาในการประดิษฐ์หรือคิดค้นเทคโนโลยีนั้นๆ

2. ต้นทุนขาย ซึ่งหมายถึง ต้นทุนของสินค้าหรือสินค้าที่ผลิตจากเทคโนโลยีนั้นๆ โดยต้นทุนของสินค้าที่ขายจะรวมราคาซื้อและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่จำเป็น เพื่อให้สินค้าอยู่ในสภาพพร้อมที่จะขาย ส่วนในกิจการผลิตเพื่อขาย ต้นทุนของสินค้าที่ขายคือ ต้นทุนการผลิตของสินค้านั้น ซึ่งประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงานและโสหุ้ยการผลิต

3. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอันเองมาจากการขายสินค้าและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบริหาร อันเป็นส่วนรวมของการดำเนินงาน ดังแสดงตามตารางที่

ตารางที่ 32 ตัวอย่างรายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	**ค่าใช้จ่ายต่อสัปดาห์ (หรือต่อเดือน) (บาท)**
1.. ค่าใช้จ่ายโรงงานหรือค่าโสหุ้ยในการผลิต (เช่น เงินเดือน/โบนัส/เบี้ยเลี้ยงของพนักงาน, ค่าประกัน ฯลฯ)	
2.. ค่าใช้สอย (เช่น ค่าไฟ, ค่าน้ำ, ค่าโทรศัพท์, ฯลฯ)	
3. ค่าวัสดุสำนักงานและคใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	
4. ค่าบำรุงรักษา	
5. ค่าเช่า (ถ้ามี)	
6. ค่าใช้จ่ายทางด้านการตลาด	
7. อื่นๆ (โปรดระบุ)	

4. ข้อมูลด้านการตลาด หมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในด้านคู่แข่ง ขนาดของตลาด การเติบโตของตลาด ส่วนแบ่งตลาด การจัดจำหน่าย การส่งเสริมการขาย และการกำหนดราคา ซึ่งรวมไปถึงความต้องการของผู้บริโภคด้วย

จากนั้นจะนำข้อมูลทั้งเข้าสู่การประเมินมูลค่าของทรัพย์สินออกมาแบบ Income Approach ด้วยวิธี Discount Cash Flow (DCF) ดังตัวอย่างตามรูปที่ 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

IP Valuation Report
Technology XXX

		Amount (Baht)				
	Projection Variable	**Year 1**	**Year 2**	**Year 3**	**Year 4**	**Year 5**
	Revenue	18,000,000	20,790,000	24,012,450	30,255,687	38,122,166
(-)	Cost of sales*	15,540,000	17,744,100	20,289,836	25,221,993	31,436,512
=	Gross profit	2,460,000	3,045,900	3,722,615	5,033,694	6,685,654
(-)	Operating expenses	1,500,000	1,719,300	1,970,836	2,462,457	3,077,055
=	Earning before interest and taxes	960,000	1,326,600	1,751,779	2,571,237	3,608,599
(-)	Interest expense	553,226	442,581	331,936	221,291	110,645
=	Profit before taxes	406,774	884,019	1,419,843	2,349,946	3,497,954
(-)	Corporate income tax expense	122,032	265,206	425,953	704,984	1,049,386
=	Profit after tax	284,742	618,813	993,890	1,644,962	2,448,567
	Discount period	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
X	Present value discount factor (based on capitalization rate of 17%)	*0.9245*	*0.7902*	*0.6754*	*0.5772*	*0.4934*
=	Discounted profit after tax	263,244	488,986	671,273	949,472	1,208,123
(sum)	Sum of discounted profit after tax	**฿3,581,098**				
X	Percentage corresponding to technology*	**25%**				
=	**IP Value Indication**	**฿895,274.62**				

Note: Remaining useful life of the technology is approximately 5 years.
*Referred to the technology that is the subject of this valuation

	Projected Revenue Growth Rate*	**Product**		**Total Revenue (Baht)**
		Quantity (ton)	**Price (Baht/ton)****	
Year 1	*launch*	18.000	1,000,000	18,000,000
Year 2	10%	19.800	1,050,000	20,790,000
Year 3	10%	21.780	1,102,500	24,012,450
Year 4	20%	26.136	1,157,625	30,255,687
Year 5	20%	31.363	1,215,506	38,122,166
		Total		**131,180,303**

*Based on inventor's projections, verified and adjusted by NIA.
**Average selling price; increasing 5% per year (approx.)

		Amount (Baht)				
Component		**Year 1**	**Year 2**	**Year 3**	**Year 4**	**Year 5**
	*raw material cost (Baht/ton)**	400,000	420,000	441,000	463,050	486,203
	quantity (ton)	18.000	19,800	21.780	26.136	31.363
Raw materials	*total*	7,200,000	8,316,000	9,604,980	12,102,275	15,248,866
Labor		2,520,000	2,910,600	3,361,743	4,235,796	5,337,104
Production utility expense		4,500,000	5,197,500	6,003,113	7,563,922	9,530,541
Depreciation expense		1,320,000	1,320,000	1,320,000	1,320,000	1,320,000
		15,540,000	**17,744,100**	**20,289,836**	**25,221,993**	**31,436,512**

*Average cost of raw material used per production unit; increasing 5% per year (approx.)

	Amount (Baht)						Growth Rates	
Component	**Year 1**	**Year 2**	**Year 3**	**Year 4**	**Year 5**		**Year 2-3**	**Year 4-5**
Overhead expense	540,000	623,700	720,374	907,671	1,143,665	Avg 3% of revenue		
Utilities & maintenance*	240,000	271,920	308,085	379,869	468,379		13.3%	23.3% (inflation 3.3% + growth)
Miscellaneous expenses (e.g. transportation, entertainment, professional services etc.)	360,000	407,880	462,128	569,804	702,568		13.3%	23.3% (inflation 3.3% + growth)
Marketing expenses	360,000	415,800	480,249	605,114	762,443	Allocate 2% of revenue		
Total	**1,500,000**	**1,719,300**	**1,970,836**	**2,462,457**	**3,077,055**			

Note: Assuming average inflation rate of 3.3%
* Including electricity, water, phone, other utilities and maintenance costs, but excluding utilities required for production.

	Loan Balance*	**Interest Rate**	**Amount (Baht)**
Year 1	8,511,175	6.5%	553,226
Year 2	6,808,940	6.5%	442,581
Year 3	5,106,705	6.5%	331,936
Year 4	3,404,470	6.5%	221,291
Year 5	1,702,235	6.5%	110,645
	Total		**1,659,679**

Assumption: Total investment approximate 14,185,292 Baht
D/E ratio 6:4*
5 yr paid-back period
฿1,702,235 principal payment per year

*Based on financial projections

	Taxable Income*	**Income Tax Rate**	**Amount (Baht)**
Year 1	406,774	30%	122,032
Year 2	884,019	30%	265,206
Year 3	1,419,843	30%	425,953
Year 4	2,349,946	30%	704,984
Year 5	3,497,954	30%	1,049,386
	Total		**2,567,561**

Assumption: No (special) deduction available other than costs of operating the business

*Maximum taxable income

Investment & Resources	**Corresponding Proportion of Income**
Tangible assets	30%
Capital	30%
Technology transferred (valuation subject)	**25%**
Organizational support and resources*	10%
Marketing and customer-related intangibles	5%

*Including human capital and other intellectual property, e.g. trademark, copyright, business know-how

รูปที่ 51 ตัวอย่างการประเมินมูลค่าของทรัพย์สินออกมาแบบ Income Approach ด้วยวิธี Discount Cash Flow (DCF)

หลังจากการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาแล้วก็สามารถนำเทคโนโลยีหรืองานวิจัยดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Licensing) โดยเป็นการที่เจ้าของเทคโนโลยีอนุญาตให้ผู้ขอรับอนุญาตใช้สิทธิในเทคโนโลยีตามขอบเขตและเงื่อนไขที่ตกลงกัน เช่น ผลิต ขาย ใช้ หรือมีไว้เพื่อขาย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นเจ้าของ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อนุญาตให้ใช้สิทธิแต่เพียงผู้เดียว (Exclusive Licensing) และ อนุญาตให้ใช้สิทธิโดยไม่จำกัดแต่เพียงผู้เดียว (Non-Exclusive Licensing) ซึ่งรายละเอียดเงื่อนไขการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Term of Licensing) ที่จะเจรจากันมีดังนี้

- ขอบเขตของเทคโนโลยีที่อนุญาตให้ใช้สิทธิ
- ระยะเวลาของการใช้สิทธิในเทคโนโลยี อยู่ในช่วง 3 - 5 ปี ขึ้น อยู่กับความเหมาะสมของเทคโนโลยีและตลาด
- บทบาท หน้าที่ และความรับผิดชอบของผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี (ผู้วิจัย) และผู้ขอรับอนุญาตใช้สิทธิในเทคโนโลยี (บริษัท)
- ค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยี บริษัทจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ค่าเปิดเผยเทคโนโลยี (Disclosure fee) เป็นค่าธรรมเนียมที่ผู้ขอรับอนุญาตชำระให้แก่ผู้อนุญาตเพื่อตอบแทนการเข้าถึงเทคโนโลยี และค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยี (Royalty Fee) เป็นค่าธรรมเนียมที่ผู้ขอรับอนุญาตชำระให้แก่ผู้อนุญาตเพื่อตอบแทนการใช้เทคโนโลยีนั้นๆ ปกติจะคิดเป็นร้อยละของยอดขายในแต่ละปี โดยอัตราที่คิดขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และสาขาเทคโนโลยี

ผลิตภัณฑ์แผ่นไม้คอมพอสิต จากงานวิจัย สามารถประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญา โดยมีมูลค่า 3,301,780.46 บาท ดังแสดงตามรูปที่ 52

IP Valuation Report

Summary

		Amount (Baht)				
	Projection Variable	**Year 1**	**Year 2**	**Year 3**	**Year 4**	**Year 5**
	Revenue	21,500,000	25,800,000	28,380,000	31,218,000	37,461,600
(-)	Cost of sales*	15,540,000	17,744,100	20,289,836	25,221,993	31,436,512
=	Gross profit	5,960,000	8,055,900	8,090,165	5,996,007	6,025,088
(-)	Operating expenses	1,740,000	2,088,000	2,296,800	2,526,480	3,031,776
=	Earning before interest and taxes	4,220,000	5,967,900	5,793,365	3,469,527	2,993,312
(-)	Interest expense	553,226	442,581	331,936	221,291	110,645
=	Profit before taxes	3,666,774	5,525,319	5,461,429	3,248,237	2,882,667
(-)	Corporate income tax expense	122,032	265,206	425,953	704,984	1,049,386
=	Profit after tax	3,544,742	5,260,113	5,035,476	2,543,253	1,833,281
	Discount period	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
X	Present value discount factor (based on capitalization rate of 17%)	*0.9245*	*0.7902*	*0.6754*	*0.5772*	*0.4934*
=	Discounted profit after tax	3,277,114	4,156,541	3,400,960	1,467,966	904,541
(sum)	Sum of discounted profit after tax	**฿13,207,122**				
X	Percentage corresponding to technology*	**25%**				
=	**IP Value Indication**	**฿3,301,780.46**				

Note: Remaining useful life of the technology is approximately 5 years.
*Referred to the technology that is the subject of this valuation

รูปที่ 52 การประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาของแผ่นไม้คอมพอสิต

หลังจากการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาแล้วก็สามารถนำเทคโนโลยีหรืองานวิจัยดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการอนุญาตให้ใช้สิทธิ (Licensing) โดยการให้อนุญาตให้ผู้ขอรับอนุญาตใช้สิทธิในเทคโนโลยีแบบอนุญาตให้ใช้สิทธิโดยไม่จำกัดแต่เพียงผู้เดียว (Non- Exclusive Licensing) โดยค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยี ผู้ขอรับอนุญาตจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ ค่าเปิดเผยเทคโนโลยี (Disclosure Fee) เป็นค่าธรรมเนียมที่ผู้ขอรับอนุญาตชำระให้แก่ผู้อนุญาตเพื่อตอบแทนการเข้าถึงเทคโนโลยี ซึ่งจะคิดร้อยละ 20 ของมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาที่ประเมินได้ ซึ่งเท่ากับ 660,356 บาท ซึ่งจะจัดสรรให้ผู้ประดิษฐ์หรือนักวิจัยร้อยละ 50 และมหาวิทยาลัยร้อยละ 50 คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 330,178 บาท ตามลำดับ และค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยี (Royalty Fee) ซึ่งเป็นค่าธรรมเนียมที่ผู้ขอรับอนุญาตชำระให้แก่ผู้อนุญาตเพื่อตอบแทนการใช้เทคโนโลยีนั้น โดยจ่ายตามระยะเวลาในสัญญา ซึ่งในกรณีนี้จะคิดค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยีแบบผสม กล่าวคือ คิดอัตราคงที่จำนวนหนึ่ง + เปอร์เซ็นต์จากรายได้ร้อยละ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 9

ข้อสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อสรุปงานวิจัย

จากการศึกษาสถานะยางล้อรถยนต์ในประเทศไทย ทำให้ทราบว่าการนำยางล้อรถยนต์ใช้แล้วไปใช้ประโยชน์นั้น มีอยู่เพียงร้อยละ 37 ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นการใช้ที่ไม่คุ้มค่า และเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าต่ำ ถึงแม้ว่าในจำนวนนี้จะมีส่วนที่นำไปทำเป็นยางล้อรถยนต์รีเคลมประมาณร้อยละ 3 แต่ทั้งหมดได้ใช้ทำเป็นยางแผ่นเท่านั้น และยังคงมีขยะยางล้อรถยนต์ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อยู่ถึงร้อยละ 63 ที่สามารถนำไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มูลค่าสูงได้ เนื่องจากได้มีรายงานวิจัยการผสมยางล้อรถยนต์รีเคลม กับพลาสติกพีพีและขี้เลื่อย ที่ทำให้ได้วัสดุคอมพอสิตที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี ดังนั้นจึงได้นำงานวิจัยดังกล่าวมาพัฒนาต่อ โดยปรับสัดส่วนของวัสดุทั้ง 3 ชนิด ได้เป็นสูตรส่วนผสมวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม รวมจำนวน 40 สูตร แต่ละสูตรใช้ผลิตวัสดุคอมพอสิตที่มีสมบัติเชิงกลแตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้สูตรส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติตามความต้องการใช้งานได้ แสดงให้เห็นว่า สามารถนำยางล้อรถยนต์รีเคลมมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ได้หลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์ส่วนประกอบและอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์ ผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่ออุปโภค และผลิตภัณฑ์เพื่อความปลอดภัยและการขนส่ง เป็นต้น

จากกระบวนการคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากยางล้อรถยนต์รีเคลมสำหรับใช้งานประเภทต่างๆ โดยเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด ด้วยการวิจัยเชิงปริมาณโดยการใช้แบบสอบถามและการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์กลุ่มแบบกึ่งโครงสร้างโดยคำนึงถึงขนาดตลาดที่ใหญ่และ มีมูลค่าสูง พบว่า สามารถคัดกรองแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากหลายๆ แนวคิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอก ประกอบรั้ว ทำประตู หน้าต่าง และหลังคา ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความสนใจตามความต้องการของตลาดในปัจจุบัน จากนั้นได้ประเมินแนวคิดต่าง ๆ ข้างต้นโดยใช้การประเมินเทคโนโลยีและการตลาดแบบถ่วงน้ำหนักร่วมกับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี การตลาด และการผลิต ทำให้สามารถสรุปแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เหมาะสมและน่าสนใจที่สุด ได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ซึ่งมีสมบัติเชิงกลและกายภาพที่ดีกว่าสินค้าใกล้เคียงในท้องตลาด หลังจากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการคัดเลือกสูตรส่วนผสมและขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตร่วมกับการวิเคราะห์การออกแบบทางด้านวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อสร้างความมั่นใจและลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดจากการพัฒนา

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบไม้คอมพอสิตที่มีส่วนผสมตามสมบัติที่ต้องการสำหรับใช้ปูพื้นภายนอก ต้นแบบผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตจะถูกนำมาทดลองผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรมโดยกำหนดสภาวะในกระบวนการผลิตเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตและการทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนด

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีน โดยการใช้แบบสอบถาม จำนวน 797 ราย เพื่อยืนยันว่าผลิตภัณฑ์ไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลมดังกล่าวนี้เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อโดยคำนึงถึงปัจจัยนวัตกรรมกรีนมีอิทธิพลทางบวกต่อการรับรู้คุณค่าของผู้บริโภค ซึ่งผลการทดสอบการยอมรับ พบว่า ในด้านประโยชน์ของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้คอมพอสิตสำหรับใช้ปูพื้นภายนอกที่ทำจากยางล้อรถยนต์รีเคลม ผู้บริโภคให้น้ำหนักกับประโยชน์ด้านอารมณ์หรือประสบการณ์มากที่สุดเป็นอันดับแรก รองลงไปเป็นประโยชน์ด้านสัญลักษณ์หรือภาพลักษณ์ และประโยชน์ด้านหน้าที่ตามลำดับ เนื่องจากผู้บริโภคเชื่อว่านวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์มากกว่าทางเลือกเดิมจากการที่สามารถช่วยลดอัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อน เพิ่มคุณภาพของอากาศและลดการใช้พลังงาน ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดอ็อกไซด์จึงให้ความสำคัญกับประโยชน์ที่ได้มีส่วนร่วมในการทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นมากกว่าประโยชน์พื้นฐานในเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเมื่อคุณสมบัติของนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่ด้อยกว่าทางเลือกเดิม

การจัดการทรัพย์สินทางปัญญาเป็นกระบวนการเตรียมความพร้อมเพื่อนำงานวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ โดยผลงานวิจัยนี้ทำให้สามารถยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรการประดิษฐ์ชื่อ “สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากวัสดุพอลิโพรพิลีน ยางล้อรถยนต์รีเคลม และขี้เลื่อย” เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2555 จากนั้นได้พัฒนาการผสมยางล้อรถยนต์รีเคลมกับวัสดุอื่นอีก และสามารถยื่นจดทะเบียนสิทธิบัตรการประดิษฐ์อีกเรื่องหนึ่งชื่อ “สูตรส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์จากคอมพอสิตพอลิโพรพิลีน ยางรถยนต์รีเคลม และอิพอกซีใช้แล้ว” เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2558 และได้ประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาจากสิทธิบัตรการประดิษฐ์ดังกล่าวด้วยวิธีการตีค่าด้วยวิธีแปลงรายได้เป็นมูลค่า (Income approach) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินราคาที่ใช้สำหรับทรัพย์สินที่ก่อให้เกิดรายได้ หรือประเมินราคาในแง่ของการลงทุน และเนื่องจากสิทธิบัตรดังกล่าวเป็นการปกป้องสูตรส่วนผสมของวัสดุคอมพอสิตที่มีหลายสูตรและมีสมบัติที่หลากหลายในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าได้หลายชนิดซึ่งการอนุญาตให้ใช้สิทธิในเทคโนโลยีควรเป็นแบบไม่จำกัดแต่เพียงผู้เดียว (Non- Exclusive Licensing) ดังนั้นเมื่อประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาของสิทธิภาพการประดิษฐ์นี้ จะสามารถประเมินมูลค่าได้เท่ากับ 3,301,780.46 บาท และกำหนดค่าตอบแทนการใช้สิทธิเทคโนโลยี ขั้นต่ำคิด

เป็นร้อยละ 3 ของรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ตามสัญญาถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อเป็นข้อมูลในการเจรจาต่อรองสำหรับผู้ประกอบการที่สนใจต้องการขออนุญาตใช้สิทธิเทคโนโลยีดังกล่าว

9.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

เนื่องจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจากวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลมนั้นผ่านกระบวนการนวัตกรรมและกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ทำให้ผู้วิจัยสามารถปรับปรุงสูตรอัตราส่วนของของผสม ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิตได้หลากหลาย ส่งผลให้มีความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณสมบัติตรงตามต้องการและเหนือกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาด รวมทั้งมองเห็นโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ไม้แบบเพื่อการก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกคอมพาวด์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปต่างๆ อุตสาหกรรมชิ้นส่วน ยานยนต์ ฯลฯ และด้วยข้อจำกัดเรื่องวัตถุดิบยางล้อรถยนต์รีเคลมซึ่งอาจมีไม่เพียงพอในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มกำลังการผลิตยางล้อรถยนต์รีเคลม และเสาะหาวัตถุดิบอื่น เช่น ยางธรรมชาติ เส้นใย และวัสดุเหลือทิ้ง ฯลฯ เพื่อใช้ในการพัฒนาสูตรส่วนผสมของวัสดุคอมพอสิตจากยางล้อรถยนต์รีเคลม รวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สวยงาม ง่ายต่อการติดตั้ง มีความคงทนถาวร เพื่อให้เกิดการสร้างมูลค่าเพิ่ม และเพิ่มโอกาสทางธุรกิจต่อไป

9.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวนี้ ดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2559 ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วน FFE เช่น ทิศทางแนวโน้มเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โอกาส และปัจจัยทางธุรกิจอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามเงื่อนไขของเวลา ดังนั้น หากมีความต้องการในการต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอื่นๆ ควรศึกษาวิจัยข้อมูลในส่วน FFE เพิ่มเติม รวมทั้งการประเมินมูลค่าทรัพย์สินทางปัญญาควรพิจารณา ณ ข้อมูลปัจจุบันเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด แนวโน้มเทคโนโลยี และสร้างความแม่นยำในการตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจและเพิ่มขีดความสามารถของประเทศในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนต่อไป

วัตถุดิบยางรีเคลมในปัจจุบันพบว่ามีกำลังการผลิตปริมาณน้อยซึ่งในอนาคตอาจไม่เพียงพอในการผลิตระดับอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์ด้วยสถิติเพื่อพัฒนาโมเดลการรับนวัตกรรมกรีนของผู้บริโภคมีข้อจำกัดบางประการ กล่าวคือผู้ตอบแบบสำรวจกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้มีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้ในระยะ 6 เดือนข้างหน้ารวมทั้งไม่ได้เป็นผู้มีอิทธิพลในการซื้อของผู้อื่น ประเด็นนี้อาจเป็นข้อจำกัดของผลการวิเคราะห์ ดังนั้นการวิเคราะห์หรือวิจัยในอนาคตควรทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบโมเดลโดยใช้ Multiple Group Analysis โดยเปรียบเทียบโมเดลที่เป็นข้อสรุปจาก

การวิจัยนี้กับโมเดลที่ใช้ข้อมูลเฉพาะผู้ตอบที่มีความสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือมีโอกาสเป็นผู้แนะนำหรือมีอิทธิพลเหนือผู้อื่นในการแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมกรีนเท่านั้น เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของกันของสองโมเดลหรือสองกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Bernauer, T. (2006). Explaining Green Innovation Ten Years after Porter's Win-Win Proposition: How to Study the Effects of Regulation on Corporate Environmental Innovation?

Blattel-Mink, B. (1998). Innovation Towards Sustainable Economy – the Integration of Economy and Ecology in Companies. *Sustainable Development, 6*, 49-58.

Booz, A. H. (1982). *New products management for the 1980s*. New York: Booz, Allen & Hamilton.

Charter, M., & Clark, T. (2007). *Sustainable Innovation*. Paper presented at the Key Conclusions from Sustainable Innovation Conferences 2003-2006, The Centre for Sustainable Development, University College for the Creative Arts.

Chen, C. (2001). Design for the environment: a quality-based model for green product development. *Management Science, 47*(2), 250-263.

Cooper, R. G. (2001). *Winning at New Products; accelerating the process from idea to launch* (3 ed.). Cambridge, MA: Basic Book.

Dean, T., .Fowler, D., & Miller, A. (1995). " Organizational adaptations for ecological sustainability: a resource-based examination of the competitive advantage hypothesis. Department of Management, University of Tennessee: Working paper.

Drucker, P. (1985). *Innovation and Entrepreneurship*. New York: Harper & Row Published.

EIRMA. (1997). Technology roadmapping - delivering business vision. Paris.

Engleberg, D. (1992). Is this the best community relations program in the country. *Environ Manager, 3*, 6-7.

Enkvist, P.-A., Naucler, T., & Oppenheim, J. M. (2008). Business Strategies for Climate Change: McKinsey Quarterly.

Fierman, J. (1991). The big muddle in green marketing. *Fortune*, 91-101.

Groenveld, P. (1997). Roadmapping integrates business and technology. *Research Technology Management, 40*(5), 48-55.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Hanssen, O. J. (1999). Sustainable product systems-experiences based on case projects in sustainable product development. *Journal of Cleaner Production, 7*, 27-41.

Hellstrom, T. (2006). Dimensions of Environmentally Sustainable innovation: The Structure of Eco-Innovation Concepts. *Sustainable Development, 15*, 148-159.

Hordern, T., Börjesson, S., & Elmquist, M. (2008). Managing Green Innovation : Present finding. In C.-C. f. B. Innovation (Ed.). Chalmers,Sweden.

James, P. (1997). The Sustainability Cycle: a new tool for product development and design. *Journal of Sustainable Product Design, 2*, 52–57.

Khurana, A., & Rosenthal, S. R. (1998). Towards holistic `front end' in new product development. *Journal of Product Innovation Management, 15*, 57-74.

Kim, J., & Wilemon, D. (2002). Strategic issues in managing innovation's fuzzy front-end. *European Journal of Innovation Management, 5*(1), 27-39.

Klemmer, P., Lehr, U., & Löbbe, K. (1999). *Environmental Innovation: Incentives and Barriers*: Analytica.

Koen, P. A., Ajamian, G. M., Boyce, S., Clamen, A., Fisher, E., Fountoulakis, S.,s Seibert, R. (2005). Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools and Techniques *PDMA Handbook of New Product Development.* . New Jersey, Canada: John Wiley & Son, Inc.

Miles, M. P., & Munilla, L. S. (1993). The Eco-orientation: An Emerging Business Philosophy? *Journal of Marketing Theory and Practice, 1*(2), 43-51.

Mirata, M., & Emtairah, T. (2005). Industrial Symbiosis Networks and the Contribution to Environmental Innovation: The Case of the Lanskrona Industrial Symbiosis Programme. *Journal of Cleaner Production, 13*, 993-1002.

OECD. (2008). Environmental Innovation and Global Markets. Paris.

Porter, M. E., & Linde, C. v. d. (1995). Green and Competitive: Ending the Stalemate. *Harv Bus Rev, September– October*, 120–133.

Rennings, K. (2000). Redefining Innovation – Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics, 32*, 319-332.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.

Schumpeter, J. A. (1951). *Ten great economists : from Marx to Keynes*. New York: Oxford University Press.

Shulman, V. L. (2011). Tyre Recycling. 297-320. doi: 10.1016/b978-0-12-381475-3.10021-x

Smith, D. (2010). *Exploring Innovation*. New York: McGraw-Hill Higher Education.

Tang, C. S., & Zhou, S. (2012). Research advances in environmentally and socially sustainable operations. *European Journal of Operational Research, 223*(3), 585-594.

Tidd, J., & Bessant, J. (2009). *Managing Innovation: intergrating technological, market and organizational change* (4 ed.). England: John Willey & Son Ltd.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product Design and Development* (6 ed.). New York: McGraw-Hill.

Umeda, Y., Takata, S., Kimura, F., Tomiyama, T., Sutherland, J. W., Kara, S., Duflou, J. R. (2012). Toward integrated product and process life cycle planning—An environmental perspective. *CIRP Annals - Manufacturing Technology, 61*(2), 681-702.

White, C., Stewart, E., Howes, T., & Adams, B. (2008). Aligned for Sustainable Design: An A-B-C-D Approach to Making Better Products.

Wilson, L. (2013). *Enchanted words, enchanted worlds: A theoretical examination of fantasy literature and re-enchantment.* (3560755 Ph.D.), California Institute of Integral Studies, Ann Arbor. Retrieved from http://search.proquest.com/docview/1357148449?accountid=15637 http://sfx.car.chula.ac.th:3410/sfxlcl41?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissertations+%26+theses&sid=ProQ:ProQuest+Dissertations+%26+Theses+Global&atitle=&title=Enchanted+words%2C+enchanted+worlds%3A+A+theoretical+examination+of+fantasy+literature+and+re-enchantment&issn=&date=2013-01-01&volume=&issue=&spage=&au=Wilson%2C+Laura&isbn=9781303072277&jtitle=&btitle=&rft_id=info:eric/ ProQuest Dissertations & Theses Global database.

Zhang, Q., & Doll, W. J. (2001). The fuzzy front end and success of new product development: a causal model. *European Journal of Innovation Management, 4*(2), 95-112.

พงศ์พัน วรสุนทรโรสถ, & วรพงศ์ วรสุนทรโรสถ. (2544). วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วงกต วงศ์อภัย. (2550, 23 กรกฎาคม). มูลค่าเพิ่มของยางรถยนต์เก่า, มติชน, p. 30.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2554). รายงานสรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2554 และแนวโน้มปี 2555. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ. (2555). นโยบายและแผนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2555 – 2564.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การรับรู้คุณค่าผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค

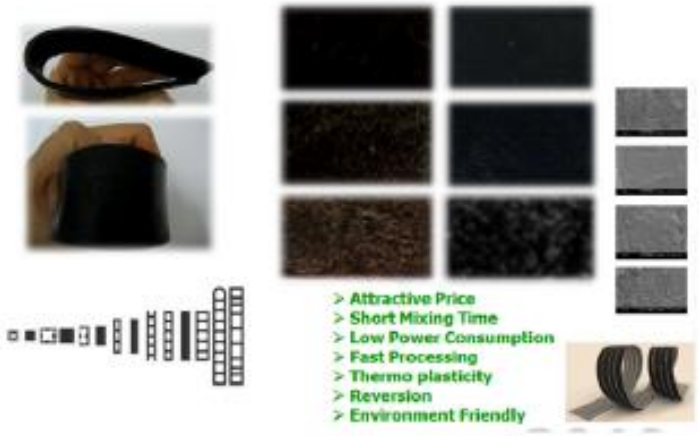
การสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาเอกหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจะนำผลการสำรวจไปใช้วิเคราะห์โดยภาพรวมเท่านั้นและจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลของท่าน จึงขอความร่วมมือท่านโปรดตอบคำถามตามความเป็นจริง หรือตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้.

น.ส. จิรัชญา ดวงบุรงค์ ผู้วิจัย

*จำเป็น

ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง ไม้สังเคราะห์เกรดพรีเมี่ยมโดยใช้เทคโนโลยีด้านเคมี องค์ประกอบวัสดุขั้นสูง และกระบวนการผลิตระดับมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยใช้วัตถุดิบหลักคือยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว พลาสติก และขี้เลื่อย มาสังเคราะห์เป็นไม้วิทยาศาสตร์ ที่มีคุณสมบัติดีกว่าเนื้อไม้ตัดจากต้น คือมีความทนทานต่ออุณหภูมิ มีความทนทานต่อการดูดซึมหรือบวมตัวจากน้ำและความชื้น มีความทนทานต่อกรดและเบส ปราศจากเสี้ยนไม้ ปลวก มอด และแมลง ขึ้นรูปได้หลากหลาย สามารถติดตั้งได้ง่าย มีอายุการใช้ยาวนานกว่า เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และราคาถูกกว่า ปัจจุบันสามารถสร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มวัสดุปูตกแต่งพื้นทั้งภายในและภายนอกที่มีความยืดหยุ่น สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดี และสวยงามเหมือนไม้ตัดจากต้น แต่มีคุณสมบัติดีกว่าและมีราคาจำหน่ายถูกกว่า ผลิตภัณฑ์นี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อมุ่งลดปัญหาจากภาวะโลกร้อนและการที่โลกไม่สามารถกำจัดขยะยางรถยนต์ที่ใช้แล้วรวมทั้งพลาสติกบางประเภทได้ รวมทั้งสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับขยะยางรถยนต์และสามารถบริหารจัดการขยะยางรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ห

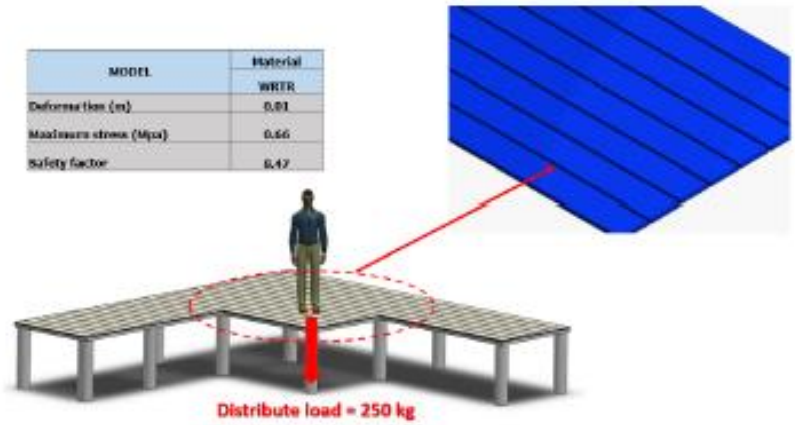


นวัตกรรมไม้สังเคราะห์เกรดพรีเมี่ยม

Wood composite

ติดตั้งไม้ปูพื้นภายนอกริมสระน้ำ

MODEL	Material
	WATER
Deformation (m)	0.01
Maximum stress (Mpa)	0.66
Safety factor	0.47



คุณสมบัติ

Testing

เลื่อย **ตอกและถอนตะปู**

คุณสมบัติ

Testing

ขันสกรู และซ้ำรอยเดิม

คุณสมบัติ

Testing

ดัดโค้งงอ และคืนรูป

นวัตกรรมไม้สังเคราะห์เกรดพรีเมียม

http://youtube.com/watch?v=WWO7IlvJO4Q

ข้อมูลผู้ตอบแบบสำรวจ

1. **1. เพศ** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง
   - ◯ ชาย
   - ◯ หญิง

2. **2. อายุ** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง
   - ◯ ต่ำกว่า 20 ปี
   - ◯ 20-29 ปี
   - ◯ 30-39 ปี
   - ◯ 40-49 ปี
   - ◯ 50-59 ปี
   - ◯ 60 ปีขึ้นไป

3. **3. การศึกษา** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง
   - ◯ ต่ำกว่าปริญญาตรี
   - ◯ ปริญญาตรี
   - ◯ สูงกว่าปริญญาตรี

4. **4. อาชีพหลัก** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง
   - ◯ นักเรียน/นักศึกษา
   - ◯ รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ/พนักงานรัฐ
   - ◯ ลูกจ้างเอกชน
   - ◯ เจ้าของธุรกิจที่มีการจดทะเบียนนิติบุคคล
   - ◯ ค้าขายทั่วไป รับงานอิสระ จ้างงานตนเอง
   - ◯ เกษียณอายุ พ่อบ้าน แม่บ้าน
   - ◯ ระหว่างรองาน/ไม่ได้ทำงาน
   - ◯ อื่นๆ: _____

5. **6. รายได้ส่วนตัวเฉลี่ยต่อเดือน** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ ไม่เกิน 10,000 บาท
- ◯ 10,001-20,000 บาท
- ◯ 20,001-40,000 บาท
- ◯ 40,001-80,000 บาท
- ◯ 80,001-120,000 บาท
- ◯ มากกว่า 120,000 บาท

6. **8. ณ ปัจจุบันจนถึงไม่เกิน 6 เดือนต่อจากนี้ ท่านมีโอกาสใช้วัสดุปูตกแต่งพื้นสำหรับที่อยู่อาศัยของตัวท่านหรือครอบครัวของท่านหรือไม่** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ ใช่/มีโอกาสจะใช้ก่อสร้างตกแต่งที่อยู่อาศัยของครอบครัวตนเอง
- ◯ ไม่ใช่/ไม่ได้มีโอกาสจะใช้ภายใน 6 เดือนนี้

7. **7. โดยอาชีพของท่าน ท่านเกี่ยวข้องกับการใช้หรือเป็นผู้แนะนำผู้อื่นให้ใช้วัสดุปูตกแต่งพื้นหรือไม่ (เช่น นักออกแบบตกแต่ง สถาปนิก ผู้รับเหมา เจ้าของพื้นที่ฯลฯ)** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ ใช่
- ◯ ไม่ใช่

8. **8. โปรดระบุภูมิภาคที่ท่านอยู่ ณ ปัจจุบัน** *
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- ◯ ภาคเหนือ
- ◯ ภาคกลางและตะวันออก
- ◯ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- ◯ ภาคใต้

9. **ขออนุญาตทราบชื่อ (ไม่มีการเปิดเผยหรือนำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นใดทั้งสิ้น)**

10. **ขออนุญาตทราบเบอร์โทรฯ หรือ LIND ID (ไม่มีการเปิดเผยหรือนำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นใดทั้งสิ้น)**

_____

คุณค่าผลิตภัณฑ์นวัตกรรมไม้สังเคราะห์

โปรดประเมินประเมินความคิดเห็นของท่านต่อข้อความแต่ละข้อ โดยแบ่งเป็นห้าระดับคือ
(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (2) ไม่เห็นด้วย (3) เฉยๆ / กลางๆ (4) เห็นด้วย (5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง

11. *

ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น

	(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	(2) ไม่เห็นด้วย	(3) เฉยๆ / กลางๆ	(4) เห็นด้วย	(5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ไม้สังเคราะห์มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการนำไปใช้สอย					
2. ไม้สังเคราะห์ให้ประโยชน์แก่ผู้ใช้ได้ตามที่ต้องการ					
3. ไม้สังเคราะห์มีคุณภาพสูง					
4. ไม้สังเคราะห์มีความทนทาน					
6. ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์นี้มีแนวโน้มเป็นกลุ่มผู้ห่วงใยปัญหาสิ่งแวดล้อม					
7. สาเหตุหนึ่งที่ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์จะซื้อไม้ก็เพื่อช่วยให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น					
8. การใช้ไม้สังเคราะห์เป็นการสร้างเสริมภาพลักษณ์ของการเป็นผู้รักษ์โลก					
9. ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์นี้เป็นกลุ่มผู้ชอบนวัตกรรม					
10. ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์นี้เป็นกลุ่มที่มีความกล้าทดลองสิ่งใหม่					
11. ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์นี้เป็นกลุ่มผู้ที่ชอบทดลองสิ่งใหม่ที่แตกต่างออกไป					
12. ไม้สังเคราะห์นี้สร้างความรู้สึกดีกับผู้ใช้					
13. ไม้สังเคราะห์นี้มีเรื่องราวที่น่าสนใจ					
14. การตัดสินใจเลือกไม้สังเคราะห์นี้จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ดี					
15. ผู้ใช้ไม้สังเคราะห์จะรู้สึกภูมิใจที่เลือก					
16. เหมาะสมแล้วที่ไม้สังเคราะห์มีราคาถูกกว่าไม้ตัดต้น					
17. ไม่ได้เกินความคาดหมายหากไม้สังเคราะห์จะมีราคาพอๆ กันกับกระเบื้องปูพื้น					
18. ไม้สังเคราะห์ไม่ได้ทำให้ท่านรู้สึกเดือดร้อนกังวลกับเรื่องราคาจำหน่าย					
19. การซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้จะไม่ได้ทำให้ท่านต้องเสียเวลามากขึ้นเป็นพิเศษกว่าการซื้อวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ					
20. การซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้จะไม่ทำให้ท่านต้องใช้ความพยายามมากเป็นพิเศษกว่าการซื้อวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ					

	(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	(2) ไม่เห็นด้วย	(3) เฉยๆ / กลางๆ	(4) เห็นด้วย	(5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง
21. การซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้จะไม่ได้ทำให้ท่านต้องกังวลใจมากเป็นพิเศษกว่าการซื้อวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ	◯	◯	◯	◯	◯
22. โดยรวมแล้วท่านประเมินไม้สังเคราะห์ว่ามีคุณค่าดี	◯	◯	◯	◯	◯
23. ท่านประเมินว่าไม้สังเคราะห์มีความคุ้มค่าคุ้มราคา	◯	◯	◯	◯	◯
24. ท่านพิจารณาว่าไม้สังเคราะห์เป็นสิ่งที่ควรซื้อใช้	◯	◯	◯	◯	◯
25. ท่านให้คุณค่ากับไม้สังเคราะห์มากกว่าวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ	◯	◯	◯	◯	◯
26. มีความเป็นไปได้สูงว่าท่านจะซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้	◯	◯	◯	◯	◯
27. ความเต็มใจของท่านสูงในการซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้	◯	◯	◯	◯	◯
28. ท่านมีความตั้งใจจะซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้	◯	◯	◯	◯	◯
29. ท่านจะซื้อไม้สังเคราะห์มาใช้ในอนาคตอันใกล้นี้	◯	◯	◯	◯	◯
30. ไม้สังเคราะห์จะเป็นตัวเลือกแรกสำหรับการซื้อวัสดุปูพื้นครั้งต่อไปของท่าน	◯	◯	◯	◯	◯

กิจวัตร ความสนใจและความคิดเห็นบางประการ

โปรดประเมินประเมินความคิดเห็นของท่านต่อข้อความแต่ละข้อ โดยแบ่งเป็นห้าระดับคือ
(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (2) ไม่เห็นด้วย (3) เฉยๆ / กลางๆ (4) เห็นด้วย (5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง

12. *

ทำเครื่องหมายแถวละหนึ่งช่องเท่านั้น

	(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	(2) ไม่เห็นด้วย	(3) เฉยๆ / กลางๆ	(4) เห็นด้วย	(5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. สำหรับตัวฉัน "ต้องแน่ใจก่อนจึงจะซื้อ"					
2. ฉันเสี่ยงสิ่งที่ต้องเสี่ยง					
3. "ทำอะไรก็ต่อเมื่อแน่ใจ ดีกว่าต้องเสียใจในภายหลัง" อธิบายตัวฉันได้ดี					
4. ฉันไม่ชอบเสี่ยง					
5. ฉันมีความกังวลด้านการเงิน					
6. ฉันมีความกังวลเรื่องน้ำหนักตัว					
7. ฉันมีความกังวลกับปัญหาของสังคม					
8. ฉันมีความกังวลเรื่องคนใกล้ชิดครอบตัว ครอบครัว					
9. ฉันชื่นชอบคนที่มีบ้าน รถยนต์ เสื้อผ้าราคาแพง					
10. ฉันอยากมีสิ่งของที่เป็นที่ประทับใจใครๆ					
11. ความสำเร็จสำคัญประการหนึ่งของชีวิตคือการได้ครอบครองเป็นเจ้าของสิ่งหนึ่งๆ					
12. ถ้าฉันสามารถซื้อสิ่งต่างๆ ได้มากกว่านี้ ฉันก็จะมีความสุขมากขึ้น					
13. ฉันมักจะซื้อผลิตภัณฑ์แบรนด์เนม					
14. โดยส่วนใหญ่ฉันมักจะตัดสินใจเลือกตราที่ราคาแพงกว่า					
15. สำหรับฉันแล้วตราแต่ละตรามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน					
16. คนรอบตัวฉันมักจะพูดว่าฉันเก่งเรื่องการแยกแยะตราแต่ละตรา					
17. โปรโมชั่นช่วยเตือนฉันว่าฉันต้องการผลิตภัณฑ์นั้น					
18. โปรโมชั่นช่วยทำให้ชีวิตง่ายขึ้น					
19. ฉันจะจำได้ว่ามีแผนการจะซื้อสิ่งนั้นอยู่ เมื่อมีรายการโปรโมชั่น					
20. ฉันชอบไปเลือกหาผลิตภัณฑ์เมื่อมีรายการโปรโมชั่น					
21. โปรโมชั่นทำให้ฉันได้ของที่ดีขึ้นหรือมากขึ้นที่การจ่ายเท่าเดิม					
22. ถ้าฉันเห็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างไปจากเดิม ฉันจะให้ความสนใจและดูรายละเอียด					

	(1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	(2) ไม่เห็นด้วย	(3) เฉยๆ / กลางๆ	(4) เห็นด้วย	(5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง
23. กล่าวได้ว่า ฉันเป็นคนกลุ่มแรกๆ ที่ลองผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ					
24. ฉันชอบทดลองสิ่งที่แตกต่างไปจากเดิม					
25. คนรอบตัวฉันจะรู้ดีว่าฉันทดลองสิ่งใหม่ๆ อยู่เสมอ					
26. ฉันสนใจเรื่องพลังงานสะอาด					
27. ฉันสนใจปัญหาสิ่งแวดล้อม					
28. ฉันเป็นคนรักษ์สิ่งแวดล้อม					
29. ฉันหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง					
30. ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเป็นทางเลือกอันดับต้นๆ ของฉันเสมอ					

สร้างด้วย Google Forms

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิรัชญา ดวงบุรงค์ เกิดเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2546 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 และกำลังศึกษาระดับปริญญาเอก วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งที่ปรึกษาอาวุโส สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญนวัตกรรมของโครงการคูปองนวัตกรรมเพื่อผู้ประกอบการไทย และอาจารย์พิเศษทางด้านนวัตกรรมและการจัดการของมหาวิทยาลัยภาครัฐและเอกชน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University