วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 37 ฉบับที่ 3 (209-218) กรกฎาคม –กันยายน 2553 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol.37 No.3 (209-218) July – September 2010

การออกแบบและสร้างลูกกลิ้งยางเพื่อใช้ในเครื่องแกะกระเทียมโดยใช้วัตถุดิบยางธรรมชาติ

นเรศ อินต๊ะวงค์ [*1)] และ กนต์ธีร์ สุขตากจันทร์ [2)]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และสร้างลูกกลิ้งแกะกระเทียมโดยใช้วัตถุดิบจากยางธรรมชาติเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อลดการช้ำและแตกเสียหายของกลีบกระเทียมขณะแกะด้วยเครื่อง โดยได้ออกแบบให้มีพื้นผิวลูกกลิ้ง(ลายลูกกลิ้ง) ที่แตกต่างกัน 3 ประเภทซึ่งได้แก่ ลายลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้ง แบบฟันเลื่อย และแบบสี่เหลี่ยม เพื่อเปรียบเทียบกับลูกกลิ้งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน(ไม่มีลวดลาย) ผลการวิจัยพบว่าสารประกอบยางธรรมชาติสามารถขึ้นรูปบนแกนเพลาเหล็กเป็นชิ้นงานลูกกลิ้งแกะกระเทียมได้อย่างสมบูรณ์ และสามารถใช้งานในเครื่องแกะกระเทียมได้จริง ลูกกลิ้งยางที่ได้สร้างขึ้นทั้ง 3 ชนิดสามารถแก้ปัญหาการแตกลอกของกระเทียมระหว่างการแกะด้วยเครื่องได้เป็นอย่างดี โดยมีการแตกลอกเสียหายประมาณ 2.5% เท่านั้น การสร้างลายบนลูกกลิ้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการแกะกระเทียมได้ถึง 25% เมื่อเทียบกับลูกกลิ้งที่ไม่มีลวดลาย

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ ลูกกลิ้งยาง การอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ เครื่องแกะกระเทียม

[*1)] อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเขตพื้นที่พายัพ Email: naret_i@yahoo.com

[2)] อาจารย์ประจำหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พายัพ Email: luang_s4@hotmail.com

[*] Corresponding Author

Design and Construction of a Rubber Roller for Garlic Peeling Machine from Natural Rubber

Naret Intawong[*1)] and Konnatee Sugtakchan[2)]

Abstract

This research aims to design and construct a garlic-peeling roller by using natural rubber as main raw material. This makes the roller more flexible and reduces the breaking rate of garlic petal. Moreover, the roller is also designed to have various patterns on its surface to find the most suitable and most effective one for peeling garlic. The roller is designed to have 3 patterns: convex pattern, saw tooth pattern, and rectangular pattern in order to compare with the smooth pattern roller. It has been found that the natural rubber can be used to press on garlic-peeling iron roller and can be used for garlic peeling. All 3 types of the constructed rollers can solve problems of broken garlic petal during use with a percentage of damage 2.5 %. The pattern used on the roller can increase effectiveness of garlic peeling by 25% compared to the smooth pattern roller.

Keywords: Natural Rubber, Rubber Roller, Compression Moulding, Garlic Peeler Machine

[*1)] Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Huay Kaew Road, Chaing Mai 50300, Thailand, Email: naret_i@yahoo.com

[2)] Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Huay Kaew Road, Chaing Mai 50300, Thailand, Email: luang_s4@hotmail.com

[*] Corresponding Author

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกกระเทียมประมาณ 150,000-190,000 ไร่ ผลผลิตประมาณ 9,000 ตัน/ปี (สถานีทดลองพืชสวนฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่, 2552) ผลผลิตกระเทียมดังกล่าวถูกนำมาแปรรูปในรูปของการทำกระเทียมแห้ง หรือการบริโภคในลักษณะกระเทียมสด สำหรับการทำกระเทียมแห้งเป็นที่นิยมกันมากในกลุ่มเกษตรกรทางภาคเหนือ เช่น ลำพูน แพร่ และเชียงใหม่ ทั้งนี้เนื่องมาจากกระเทียมแห้งสามารถนำไปแปรรูปให้เพิ่มมูลค่าได้อย่างหลากหลาย เช่น การทำอาหารเสริมและส่วนประกอบของยาสมุนไพรเป็นต้น สำหรับปัญหาด้านการผลิตกระเทียมแห้งคือ การแกะกระเทียม เพราะยังต้องใช้แรงงานคนในการแกะ ซึ่งได้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีการประดิษฐ์เครื่องแกะกระเทียมขึ้นมาใช้แทนแรงงานคนแล้วก็ตาม (ธิติ และ สิทธิชัย, 2531) แต่คุณภาพของกระเทียมกลีบที่ได้ยังไม่ดีนัก ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องแกะกระเทียมทั่วไปใช้หลักการของการบดอัดหัวกระเทียมแห้งให้กะเทาะออกจากกันเป็นกลีบด้วยลูกกลิ้งยาง การบดอัดด้วยลูกกลิ้งนี้หากลูกกลิ้งมีความแข็งมากเกินไปจะทำให้กระเทียมช้ำหรือกลีบกระเทียมแตกได้ กระเทียมกลีบที่ผ่านเครื่องแกะออกมาแล้วเกิดการช้ำหรือแตกเสียหายจะไม่มีผลต่อคุณภาพของผลผลิตกระเทียมที่ได้ ในแง่ของการนำกระเทียมดังกล่าวไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเช่น กระเทียมเจียว น้ำจิ้มต่าง ๆ หรือกระเทียมผงแห้ง แต่จะมีปัญหาในแง่ของการนำกระเทียมที่ได้ไปเพาะปลูกต่อหรือเรียกว่า กระเทียมพันธุ์ กล่าวคือกระเทียมที่ช้ำหรือแตกจะทำให้อัตราการงอกต่ำตามไปด้วย ดังนั้นหากกระบวนการแกะกระเทียมด้วยเครื่องจักรไม่ก่อให้เกิดการแตกลอกและช้ำของกลีบกระเทียมแล้วย่อมเป็นผลดีต่อการนำกระเทียมไปใช้ประโยชน์ทั้งการบริโภคหรือทำกระเทียมพันธุ์

เครื่องแกะกระเทียมที่ใช้ในปัจุบันมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ลูกกลิ้งที่ใช้ในการบดอัดให้กลีบกระเทียมแยกออกจากกันที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 368 รอบต่อนาที ระยะห่างลูกกลิ้ง 10 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ทำลูกกลิ้งในเครื่องแกะกระเทียมส่วนใหญ่มักเป็นการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้หรือที่ใช้ในงานประเภทอื่นเช่น ปะเก็นยางที่ใช้ในเครื่องยนต์ หรือใช้ล้อยางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว เป็นต้น ซึ่งวัสดุดังกล่าวยังมีความยืดหยุ่นต่ำ เป็นผลทำให้กลีบกระเทียมช้ำและแตกลอกเสียหาย 13-14 % นอกจากนี้ลูกกลิ้งที่ใช้งานในเครื่องแกะกระเทียมในปัจจุบันส่วนใหญ่มีผิวลูกกลิ้งแบบเรียบเช่นผิวของปะเก็นยางเป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพของลูกกลิ้งในการบดอัดกระเทียมไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีแรงเสียดทานระหว่างลูกกลิ้งและกระเทียมต่ำ งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตได้มีการนำยางธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นชิ้นงานได้อย่างหลากหลายเช่น ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ, 2552 ได้ใช้ยางธรรมชาติมาผสมกับผงขี้เลื่อยไม้และขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลังคายาง โดยมีสมบัติที่แข็งแรง และความคงทนสภาวะการนำไปใช้งานกลางแจ้ง รวมทั้งหลังคายางดังกล่าวยังมีลักษณะพิเศษอีก คือ สามารถลดความร้อนภายในอาคารเนื่องจากวัสดุมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน และสามารถต้านทานการลามไฟได้อีกด้วย งานวิจัยต่อเนื่องของ Yamsangsung, W. และ Sombatsompop, N. 2008 เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลังคายางประหยัดพลังงาน โดยใช้ยางพาราเป็นวัตถุดิบหลักผสมกับผงขี้เลื้อยไม้เช่นกัน ในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงคุณสมบัติให้ทนต่อแสงแดดมากขึ้นด้วยการเติมสารต่อต้านการเสื่อมสภาพ หรือ UV stabilizer และ antioxidant และนำยางสังเคราะห์ EPDM (ethylene propylene diene rubber) มาเคลือบผิวด้านบนของหลังคา และเพิ่มคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับหลังคายางพาราอีกทางหนึ่งด้วย งานวิจัยล่าสุด

ในปัจจุบันของ ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ, 2552 ได้นำเอายางพารามาผสมกับเถ้าลอยและพัฒนาทั้งในด้านสูตรและกรรมวิธีการผลิต จากนั้นนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทนน้ำมันไฮดรอลิค เช่น ปะเก็นยางกันรั่วที่ใช้ในเครื่องจักรกล และโอริง (O-ring) ใช้ในกระบอก ไฮดรอลิค เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษากรรมวิธีการกระเทาะเปลือกผลผลิตทางการเกษตรด้วยแรงกด (ชาลีดา และคณะ, 2550) คือการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระเทาะเปลือกถั่วแมคคาเดเมียโดยใช้แรงอัด ผลการทดลองพบว่าปัจจัยทางด้าน พันธุ์แมคคาเดเมีย และความหนาของกะลาไม่ส่งผลต่อการกระเทาะเปลือกโดยใช้แรงอัดแต่อย่างใด และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการกระเทาะเปลือกคือที่ 5% d.b.

ในส่วนของวิจัยนี้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้นำเอาวัสดุยางธรรมชาติมาผลิตเป็นลูกกลิ้งเพื่อใช้ในเครื่องแกะกระเทียม ด้วยข้อดีของยางที่มีความยืดหยุ่นและสมบัติความเป็นอิลาสติก (Elastic property) สูง ซึ่งจะสามารถลดการแตกลอกของกลีบกระเทียมได้เป็นอย่างดี โดยหลักการคือทำการขึ้นรูปสารประกอบยางธรรมชาติหุ้มบนเพลาเหล็กในแม่พิมพ์อัด เมื่อยางเกิดการวัลคาไนซ์ แล้วลูกกลิ้งที่ได้จะเสมือนเป็นชิ้นส่วนเดียวกัน นอกจากนี้ลูกกลิ้งดังกล่าวได้ออกแบบให้มีพื้นผิวลูกกลิ้ง(ลายลูกกลิ้ง) 3 ชนิดได้แก่ ลายลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้ง แบบฟันเลื่อย และ แบบสี่เหลี่ยม เพื่อหาว่าพื้นผิวแบบใดที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพการแกะกระเทียมที่ดีที่สุดอีกด้วย

2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ยางธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ยางแท่งเกรด STR 5L จาก บริษัท สยามยูไนเต็ดรับเบอร์ จำกัด เนื่องจากเป็นยางแท่งที่มีคุณภาพดี โดยสูตรยางที่เลือกใช้จะทำการวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ (Conventional Vulcanization, CV) รายละเอียดดังตารางที่ 1.(พรพรรณ,2540) ซึ่งมีความแข็งเท่ากับ 36 Shore A ในขณะที่ลูกกลิ้งยางที่ใช้งานในปัจจุบันมีความแข็งเท่ากับ 73 Shore A

ตารางที่ 1 *สูตรยาง Compound แบบ Conventional Vulcanization, CV*

ส่วนประกอบ	หน้าที่	CV(phr)
1. ยางธรรมชาติ, STR5L	Matrix	100.00
2. Zinc Oxide	Activator	5.0
3. Stearic acid	Activator	2.0
4. Sulfur	Cross-linker	3.0
5. MBT	Accelerators	0.7
6. DPG	Accelerators	0.2

2.2 การเตรียมสารประกอบยางธรรมชาติ

ในการเตรียมสารประกอบได้ทำการบดผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่ (Two roll mill) จาก บริษัท ยงฟงแมช ชีนเนอรี จำกัด (P-PROF, KMUTT) โดยใช้เวลาในการผสมสารประกอบยางที่ 20 นาที อุณหภูมิในการผสมเท่ากันที่ 30 องศาเซลเซียส (N.Sombatsompop, 1998) โดยมีขั้นตอนการผสม ดังต่อไปนี้

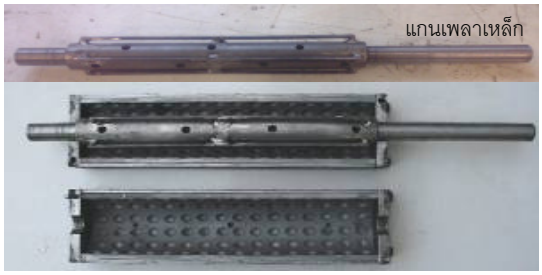
1. นำยางธรรมชาติบด ในเครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่เป็นเวลา 5 นาที
2. เติม ZnO เข้าไปในยางผสมเป็นเวลา 3 นาที
3. เติม Stearic acid เข้าไปในยางผสมเป็นเวลา 3 นาที
4. เติม MBT เข้าไปในยางผสมเป็นเวลา 2 นาที
5. เติม DPG เข้าไปในยางผสมเป็นเวลา 2 นาที
6. ขั้นตอนสุดท้ายเติม Sulfur ในยางผสมเป็นเวลา 5นาที

2.3 ออกแบบแม่พิมพ์

การออกแบบและจัดสร้างแม่พิมพ์อัดความดันมีหลักการพื้นฐานคือ เป็นแม่พิมพ์อัดแบบสองชิ้น ดังรูปที่ 1. ชิ้นส่วนที่ 1 คือส่วนที่เป็นฐานแม่พิมพ์ (Mould base) ภายตัว Mould base คือแม่พิมพ์ชุดที่ 2 เป็นแม่พิมพ์ลายของผิวลูกกลิ้ง โดยออกแบบให้สามารถถอดประกอบและปรับเปลี่ยนชนิดของลายลูกกลิ้งได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดแนวทางในการออกแบบลายของลูกกลิ้งทั้งหมด

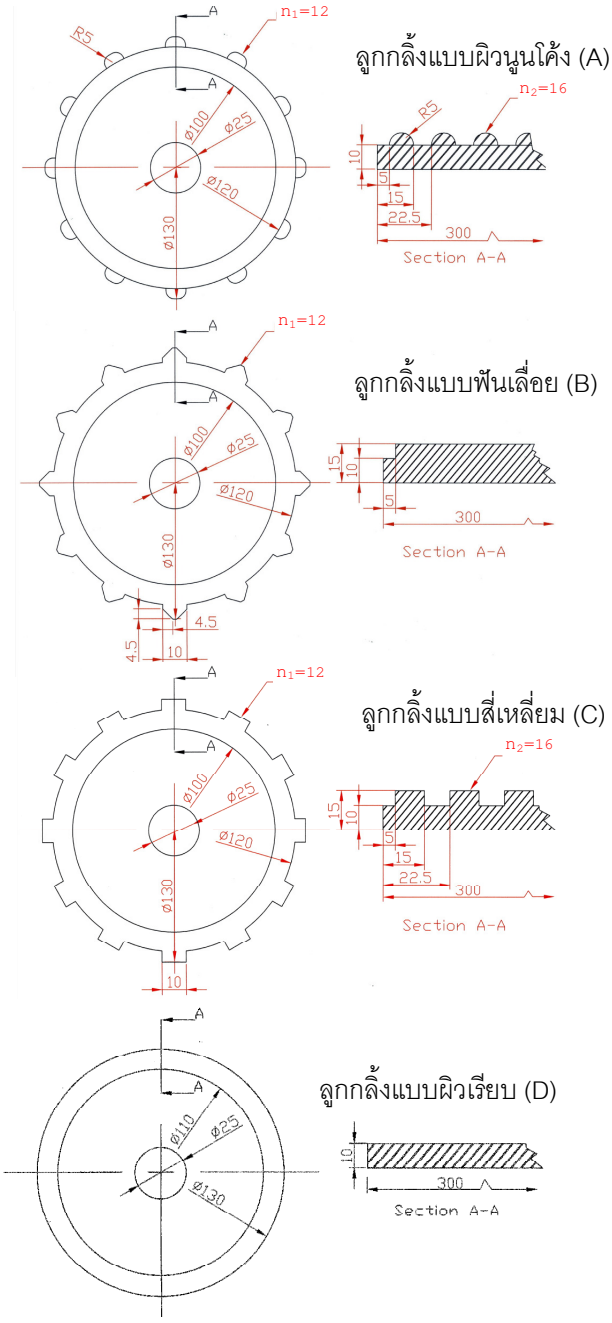
3 แบบด้วยกัน ได้แก่ ลายลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้ง (A) แบบฟันเลื่อย (B) และแบบสี่เหลี่ยม(C) ตามลำดับ นอกจากนี้ในส่วนของ Mould base ยังทำหน้าที่เป็นตัวจับยึดแกนเพลาเหล็กที่อยู่ในแนวศูนย์กลางของแม่พิมพ์ทั้งสองด้านอีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 1 *แม่พิมพ์ลูกกลิ้งที่ประกอบด้วยฐานแม่พิมพ์(Mould base) และแม่พิมพ์ลายลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้ง(A) แบบฟันเลื่อย (B) และแบบสี่เหลี่ยม (C)*



รูปที่ 2 *แกนเพลาเหล็กที่ถูกประกอบเข้ากับ Mould base และแม่พิมพ์ลายลูกกลิ้ง*

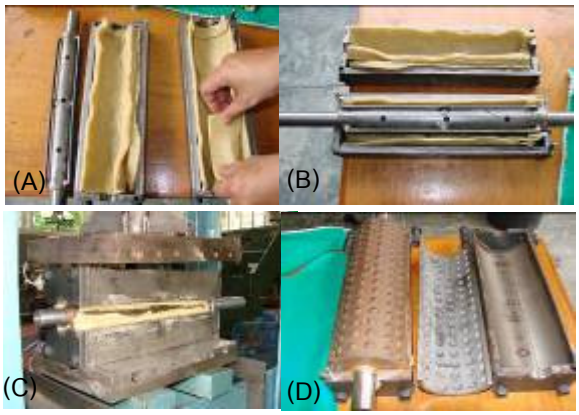
การออกแบบแม่พิมพ์มีหลักการออกแบบคือ ต้องเป็นพื้นผิวที่สร้างแรงเสียดทาน(Friction) ระหว่างผิวลูกกลิ้งกับหัวกระเทียมให้มากที่สุด เพื่ออาศัยแรงเสียดทานดังกล่าวทำให้เกิดการแยกตัวของกลีบกระเทียมออกจากหัวระหว่างการถูกบดอัดอย่างต่อเนื่องในเครื่องแกะกระเทียม รูปที่ 3 แสดงรูปร่างและขนาดของลูกกลิ้งยางทั้ง 4 แบบ โดยแต่ละแบบกำหนดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันคือ 130 mm ความยาวลูกกลิ้งเท่ากับ 300 mm และจำนวนของพื้นผิวตามแนวรัศมีเท่ากับ 12 พื้นผิว (n_1) และตามแนวความยาวของลูกกลิ้งเท่ากับ16 พื้นผิว (n_2) สำหรับลูกกลิ้งชนิดฟันเลื่อยพื้นผิวตามแนวความยาวของลูกกลิ้งเป็นชิ้นเดียวกันตลอดความยาว รวมทั้งลูกกลิ้งแบบผิวเรียบที่ใช้งานปัจจุบัน



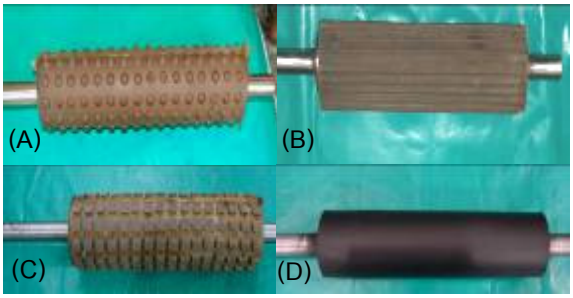
รูปที่ 3 *แสดงรูปร่างและขนาดของลูกกลิ้งยางทั้ง 4 แบบ*

2.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปลูกกลิ้งยาง

การขึ้นรูปลูกกลิ้งยางเริ่มจากการประกอบแม่พิมพ์ลายผิวลูกกลิ้ง เข้ากับ Mould base ขึ้นรูปสารประกอบยางด้วยเครื่อง Two roll mill ให้เป็นแผ่นที่มีความหนาประมาณ 10 mm จากนั้นตัดเป็นชิ้นและบรรจุลงในแม่พิมพ์ทั้งสองด้านเท่า ๆ กันคือประมาณด้านละ 0.5 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4 (A) นำแกนเพลาเหล็กมาวางบริเวณส่วนกลางของแม่พิมพ์ ดัง**รูป**ที่ 4 (B) ประกอบแม่พิมพ์ทั้งสองด้านเข้าด้วยกันและนำไปอัดขึ้นรูปบนเครื่อง Compression moulding ดังรูปที่ 4 (C) ที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 15 นาที(N. Sombatsompop, 1998) จากนั้นนำชิ้นงานลูกกลิ้งยางออกจากแม่พิมพ์ภายหลังจากที่สารประกอบยางเกิดการ Vulcanization จนสมบูรณ์แล้วดัง รูปที่ 4 (D) เปลี่ยนแม่พิมพ์ลายของผิวลูกกลิ้งรูปแบบอื่น ๆ โดยทำตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจนได้ลูกกลิ้งทุกแบบดังแสดงในรูปที่ 5

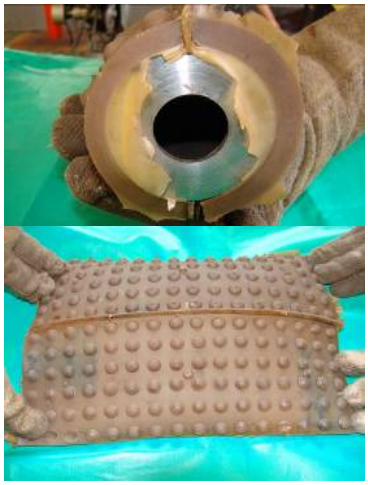


รูปที่ 4 *ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปลูกกลิ้งยาง*



รูปที่ 5 *ลูกกลิ้งยางที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วทั้ง 3 ชนิด และลูกกลิ้งยางที่ใช้งานในปัจจุบัน(D)*

สำหรับขั้นตอนการทำแผ่นยางรองลูกกลิ้งโดยใช้แม่พิมพ์เดียวกัน โดยมีขั้นตอนที่แตกต่างกันคือ จะทำการขึ้นรูปยางบนลูกกลิ้งที่เพลาด้านในไม่มีครีบเหล็กติดอยู่ตลอดแนวเส้นรอบวงของแกนเพลา เพื่อที่เมื่อยางสุกจนสมบูรณ์แล้วดังแสดงใน**รูปที่** 6 จะสามารถดึงลอกออกมาเป็นแผ่น ขนาด 408x300x10 mm และนำมายึดบนเครื่องแกะกระเทียมร่วมกับลูกกลิ้งพื้นผิวเดียวกันต่อไป



รูปที่ 6 *แผ่นรองลูกกลิ้งที่พร้อมจะนำไปยึดบนแผ่นเหล็ก*

การนำลูกกลิ้งไปใช้งานจริงและหาประสิทธิภาพการทำงานของลูกกลิ้งในขั้นตอนนี้ คือการนำลูกกลิ้งและแผ่นรองลูกกลิ้งที่ได้จากการขึ้นรูปทั้ง 3 ชนิด มาติดตั้งในเครื่องแกะกระเทียมดังแสดงในรูปที่ 7 จากนั้นทำการผลิตจริงเพื่อหาประสิทธิภาพการแกะของลูกกลิ้งและหาเวลาเฉลี่ยของการแกะในลูกกลิ้งแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับลูกกลิ้งแบบเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันที่สภาวะการใช้งานเดียวกัน โดยลูกกลิ้งแต่ละชนิดจะถูกใช้ในการแกะกระเทียมจำนวน 50 กิโลกรัมทำการทดสอบการแกะครั้งละ 1 กิโลกรัมที่ความเร็วรอบลูกกลิ้งของเครื่องแกะกระเทียมเท่ากับ 368 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งและแผ่นรองลูกกลิ้ง 10 mm สำหรับกระเทียมที่นำมาทดสอบคือพันธุ์พื้นเมืองเชียงใหม่ มีอายุการเก็บรักษา 1 ปี และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 25 mm มีความชื้นประมาณ 55% มาตรฐานเปียก จากนั้นนำกระเทียมที่ได้มาแยกเป็นกลุ่ม คือ กระเทียมที่แยกออกจากกันโดยสมบูรณ์(เหลือ 1 กลีบ) กระเทียมที่แยกออกจากกันบางส่วน(กลีบกระเทียมติดกันตั้งแต่ 2 กลีบขึ้นไป) กระเทียมที่แตกลอกอันมีผลมาจากลูกกลิ้งที่ใช้แกะ และ

กระเทียมที่ไม่ถูกแยกออกจากแกนกระเทียม ซึ่งมีค่าชี้วัดผลการทดสอบ ดังต่อไปนี้

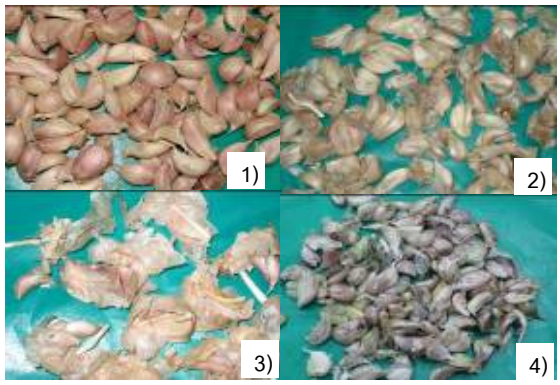
- เปอร์เซ็นต์การแตกของกลีบกระเทียม โดยทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การแตกและช้ำของกลีบกระเทียมภายหลังจากการถูกบดอัดในเครื่องแกะกระเทียม ของลูกกลิ้งทั้ง 3 ชนิด และลูกกลิ้งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- ประสิทธิภาพการแกะของลูกกลิ้งที่จัดสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยทำการวัดเปอร์เซ็นต์การกระเทาะของกลีบออกจากหัวกระเทียมโดยสมบูรณ์ กระเทียมที่แยกออกจากกันบางส่วน และกระเทียมที่ไม่ถูกแยกออกจากแกนกระเทียม เปรียบเทียบกันระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 3 ชนิด และลูกกลิ้งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
- เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งแต่ละชนิด ทำโดยการหาเวลาเฉลี่ยของการแกะกระเทียมครั้งละ 1 กิโลกรัม จำนวน 50 ครั้งของลูกกลิ้งทั้ง 4 ประเภท
- พื้นผิวของลูกกลิ้งที่เหมาะสมในการแกะกระเทียมโดยประเมินผลการทดลองที่ได้กล่าวมาข้างต้น

รูปที่ 7 *การติดตั้งลูกกลิ้งบนเครื่องแกะกระเทียมเพื่อการทดสอบการใช้งานจริงลูกกลิ้งยาง*

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 ชนิดของลูกกลิ้งยางที่มีผลต่อการแตกลอกของกลีบกระเทียม

รูปที่ 8 แสดงกระเทียมแต่ละประเภท ซึ่งได้แก่ 1) กระเทียมที่แยกออกจากกันโดยสมบูรณ์(เหลือ 1 กลีบ) 2) กระเทียมที่แยกออกจากกันบางส่วน(กลีบกระเทียมติดกันตั้งแต่ 2 กลีบขึ้นไป) 3) กระเทียมที่ไม่ถูกแยกออกจากแกนกระเทียม และ 4) กระเทียมที่แตกลอกอันมีผลมาจากลูกกลิ้งที่ใช้แกะตามลำดับ



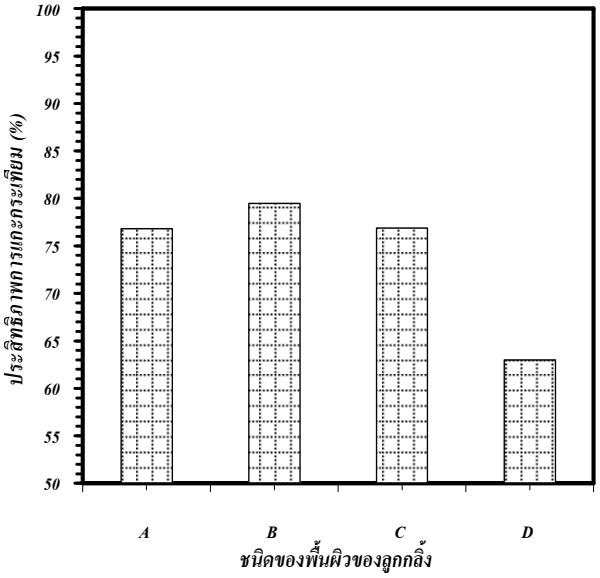
รูปที่ 8 ประเภทกระเทียมที่นำมาพิจารณา

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าลูกกลิ้งแบบ D ที่ใช้งานในปัจจุบันก่อให้เกิดการแตกลอกและเสียหายถึง 13.2% ในขณะที่ลูกกลิ้งที่ได้จัดสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ทั้ง 3 ชนิดคือ ลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้ง (A) ลูกกลิ้งแบบฟันเลื่อย (B) ลูกกลิ้งแบบสี่เหลี่ยม (C) ก่อให้เกิดการแตกลอกเฉลี่ยเพียง 2.5% เท่านั้น ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับลูกกลิ้งชนิด D ทั้งนี้เนื่องมาจากลูกกลิ้งที่จัดสร้างขึ้นจากสูตรยางระบบกำมะถันปกติ (CV) มีสมบัติของความยืดหยุ่นสูงและมีค่าความแข็งเท่ากับ 36 Shore A ซึ่งต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่าความแข็งของลูกกลิ้งยางชนิด D ที่มีความแข็ง 73 Shore A ดังนั้นระหว่างที่กระเทียมถูกบดอัดด้วยลูกกลิ้งในเครื่อง ลูกกลิ้งแบบ D จะมีโอกาสทำให้เกิดการแตกลอกของกลีบกระเทียมได้มากกว่านั่นเอง จากผลการทดลองโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า ลูกกลิ้งที่จัดสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถแก้ปัญหาการแตกลอกของกระเทียมระหว่างการแกะด้วยเครื่องได้เป็นอย่างดี คือกระเทียมที่ผ่านการแกะไม่เกิดความเสียหายเลย 97.5%

ตารางที่ 2 *เปอร์เซ็นต์น้ำหนักกระเทียมแต่ละประเภทที่ผ่านการแกะด้วยลูกกลิ้งชนิดต่างๆ*

ประเภทกระเทียมที่นำมาพิจารณา	น้ำหนักกระเทียม (%)			
	ประเภทลูกกลิ้ง			
	A	B	C	D
1. แยกออกจากกันโดยสมบูรณ์	76.8	79.4	77	63
2. กลีบกระเทียมติดกันตั้งแต่ 2 กลีบขึ้นไป	16	12.1	12	17.2
3. ไม่ถูกแยกออกจากแกนกระเทียม	5.2	5.7	8.2	6.6
4. แตกลอก	2	2.8	2.8	13.2

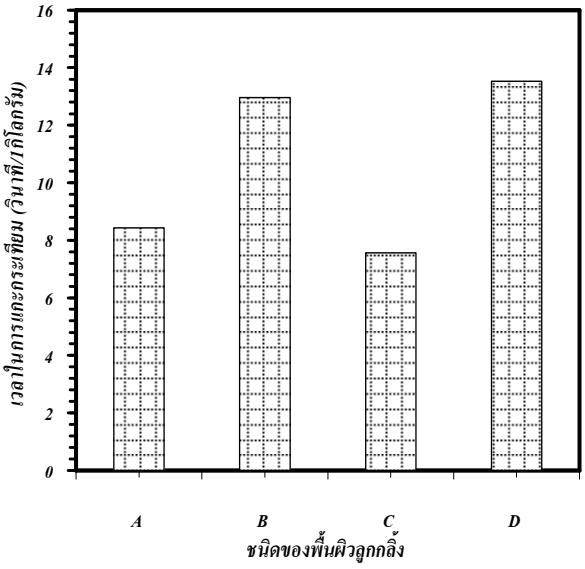
3.3. ประสิทธิภาพของลูกกลิ้งที่จัดสร้างขึ้นเปรียบเทียบกับลูกกลิ้งที่ใช้งานในปัจจุบัน



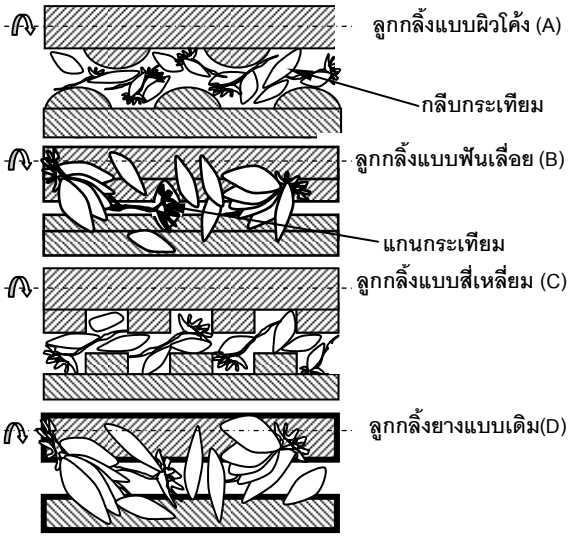
รูปที่ 9 *ประสิทธิภาพการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 368 รอบต่อนาที*

รูปที่ 9 แสดงประสิทธิภาพการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 368 รอบต่อนาทีในเครื่องแกะกระเทียมเครื่องเดียวกัน โดยผลการทดลองดังกล่าวนี้คำนวณจากน้ำหนักของกระเทียมประเภทที่แยกออกจากกันโดยสมบูรณ์ (เหลือ 1 กลีบ) ดังแสดงใน ตารางที่ 2. ผลการทดลองพบว่าลูกกลิ้งชนิด B มีความสามารถในการทำให้เกิดการแยกของกลีบกระเทียมมากที่สุดคือ 79.4 % รองลงมาคือลูกกลิ้งแบบ A และ แบบ C อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน 76.8% และ 77 % ตามลำดับ และลูกกลิ้งที่มีประสิทธิภาพการแกะต่ำที่สุดคือลูกกลิ้งแบบ D ที่มีความสามารถในการแยกกลีบกระเทียมภายในเครื่องได้ 63 % เท่านั้น ผลการทดลองดังกลาวนี้แสดงให้เห็นว่าการสร้างลายบนลูกกลิ้งมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของการแกะกระเทียมอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉลี่ยแล้วมีการเพิ่มขึ้น 25% เมื่อเทียบกับลูกกลิ้งที่ไม่มีลวดลายหรือลูกกลิ้งประเภท D ทั้งนี้เนื่องมาจากลวดลายที่สร้างขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ให้เกิดแรงเสียดทาน ระหว่างผิวลูกกลิ้งกับหัวกระเทียมให้มากขึ้น แรงเสียดทานดังกล่าวก่อให้เกิดการแยกตัวของกลีบกระเทียมออกจากหัวระหว่างการถูกบดอัดอย่างต่อเนื่องในเครื่องแกะกระเทียมได้มากกว่าลูกกลิ้งที่มีผิวเรียบ

3.4. รูปแบบของผิวลูกกลิ้งยางที่มีผลต่อเวลาในการกระเทียม



รูปที่ 10 *เวลาเฉลี่ยในการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบลูกกลิ้ง 368 รอบต่อนาที*



รูปที่ 11 *กลไกการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิด A, B, C และ D*

รูปที่ 10 แสดงผลการทดลองเวลาเฉลี่ยในการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิดต่าง ๆ ในเครื่องแกะกระเทียมเครื่องเดียวกันของลูกกลิ้งทั้ง 4 ชนิด โดยพิจารณาจากความสามารถในการแยกของกลีบกระเทียมออกหัวจนหมด พบว่าลูกกลิ้งชนิด C ใช้เวลาเฉลี่ยในการแกะกระเทียมต่ำสุดคือที่ 7.56 วินาทีรองลงมาคือลูกกลิ้งชนิด A คือที่ 8.43 วินาที ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ส่วนลูกกลิ้งชนิด B และ Dใช้เวลาในการแกะมากที่สุดคือที่ 12.96 วินาที และ 13.52 วินาทีตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพื้นผิวลูกกลิ้งชนิด A และ C เป็นพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่าพื้นผิวลูกกลิ้งชนิด B และ D โดยสามารถอธิบายได้ด้วยกลไกของการแกะกระเทียมของลูกกลิ้งชนิดต่าง ๆ ดัง รูปที่ 11 คือในกรณีของลูกกลิ้งชนิด A และ C ระหว่างเกิดการบดอัดกระเทียมภายในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งกับแผ่นรองลูกกลิ้ง กลีบกระเทียมและแกนกระเทียมจะถูกทำให้แยกออกจากกัน จากนั้นจะถูกเบียดให้เคลื่อนที่ไปตามช่องว่างของลายลูกกลิ้งอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว เมื่อเทียบกับลูกกลิ้งประเภท B ซึ่งมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยในแนวเดียวกับรัศมีการหมุนของลูกกลิ้ง โดยไม่มีช่องการไหลตามแนวตั้งฉากกับการหมุนของลูกกลิ้ง ดังนั้น กลีบกระเทียมและแกนกระเทียมจะค่อย ๆ แยกออกจากกัน และเคลื่อนที่ไปได้ช้ากว่า และมีการกองรวมกันของกระเทียมที่เป็นหัวอยู่บริเวณด้านหน้าของลูกกลิ้งอย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามข้อดีของลูกกลิ้งชนิด B นี้ก็คือทำให้กลีบกระเทียมแยกออกจากกันโดยสมบูรณ์มากกว่าลูกกลิ้งชนิดอื่น ๆ ส่วนในกรณีของลูกกลิ้งประเภท D นั้นเป็นแบบผิวเรียบ การที่กระเทียมจะแยกออกจากกันได้นั้นต้องอาศัยการบดอัดแต่เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การที่มีแรงเสียดทานที่ต่ำระหว่างลูกกลิ้งนั้น ทำให้กระเทียมที่เป็นหัวไม่ถูกพาเข้าไปยังช่องว่างโดยง่าย และมีการกองรวมกันของกระเทียมที่เป็นหัวอยู่บริเวณด้านหน้าของลูกกลิ้งเช่นเดียวกับลูกกลิ้งชนิด B นอกจากนี้ผลการทดลองดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าประเภทของพื้นผิวลูกกลิ้งมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการแกะกระเทียมอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงกำลังการผลิต (Productivity) นั่นเอง

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ลูกกลิ้งยางที่ได้จัดสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ทั้ง 3 ชนิด สามารถแก้ปัญหาการแตกลอกของกระเทียมระหว่างการแกะด้วยเครื่องได้ ซึ่งมีการแตกลอกเสียหายของกระเทียมระหว่างการผลิต 2.5%เท่านั้น ในขณะที่ลูกกลิ้งแบบผิวเรียบที่ใช้อยู่ในปัจุบันมีการแตกลอกของกระเทียมถึง 13.2%

4.2 การสร้างลายบนลูกกลิ้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแกะกระเทียมโดยเฉลี่ยที่ 25% เมื่อเทียบกับลูกกลิ้งแบบผิวเรียบ โดยลูกกลิ้งแบบฟันเลื่อยให้ประสิทธิภาพการแกะกระเทียมได้มากที่สุดคือ 79.4 % รองลงมาคือลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้งและแบบสี่เหลี่ยมอยู่ในระดับใกล้เคียงกันคือ 76.8% และ 77 % ตามลำดับ ในขณะที่ลูกกลิ้งแบบผิวเรียบ ให้ประสิทธิภาพการแกะกระเทียมเพียง 63 % เท่านั้น

4.3 ลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้งและแบบสี่เหลี่ยมใช้เวลาเฉลี่ยในการแกะกระเทียมต่อ 1 กิโลกรัม ที่ 7.56 วินาทีและ 8.43 วินาทีตามลำดับ ในขณะที่ลูกกลิ้งแบบฟันเลื่อยและแบบผิวเรียบใช้เวลาในการแกะที่ 12.96 วินาที และ 13.52 วินาทีตามลำดับ

4.4 จากข้อมูลผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้งและแบบสี่เหลี่ยมมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในเครื่องแกะกระเทียมมากที่สุด ถึงแม้ว่าลูกกลิ้งแบบฟันเลื่อยจะให้ประสิทธิภาพการแกะกระเทียมได้มากที่สุดคือ 79.4 % แต่ใช้เวลาเฉลี่ยในการแกะกระเทียมต่อ 1 กิโลกรัมมากกว่าลูกกลิ้งแบบผิวนูนโค้งและแบบสี่เหลี่ยม

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในการให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย (โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา (Small Project on Rubber, SPR) และ กลุ่มวิจัย P-PROF มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องบดยางแบบสองลูกกลิ้งเพื่อผสมสารประกอบยางตามลำดับ

6. เอกสารอ้างอิง

Sombatsompop, N. (1998*). Analysis of Cure Characteristics on Crosslink Density & Type and Viscoelastic Properties of Natural Rubber. Polymer-Plastics Technology and Engineering,* Vol 37, No. 3, 315-323.

Yamsangsung, W. and Sombatsompop, N. (2008). Cellular Morphology, Peel Strength and Thermal Conductivity for Wood/NR and Expanded EPDM Laminates for Roofing Applications. Advanced Materials Research, 47-50,181-184.

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล บัญชา บรมพิชัยชาติกุล และ วิทวัส ไชยวงศ์. 2550. ปัจจัยที่มีผลต่อการกระเทาะเปลือกถั่วแมคคาเดเมียโดยใช้แรงอัด" วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(5): 349-452.

ธิติ พ่วงปาน และสิทธิชัย คงสนั่น. 2531. เครื่องแกะกลีบกระเทียม. (ปริญญานิพนธ์)__ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,1-40.

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ เอกชัย วิมลมาลา และ ชัชวาลย์ กันทะลา "การพัฒนาพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอ็นบีอาร์ที่มีเถ้าลอยเป็นสารเติมแต่งเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โอริง" การประชุมวิชาการวิจัยยางพารา โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (Research on NR) เล่มที่ 4, 5-6 มิถุนายน 2552, ศูนย์ประชุมอิมแพค เมืองทองธานี นนทบุรี, 158-168.

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ เอกชัย วิมลมาลา ธีระศักดิ์ หมากผิน และ ชัชวาลย์ กันทะลา "การพัฒนาวัสดุและเทคโนโลยีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หลังคายางจากวัสดุผสมยางธรรมชาติกับผงขี้เลื่อยไม้" การประชุมวิชาการวิจัยยางพารา โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (Research on NR) เล่มที่ 4, 5-6 มิถุนายน 2552, ศูนย์ประชุมอิมแพค เมืองทองธานี นนทบุรี, 169-176.

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. ยาง: เทคนิคการออกสูตร, ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, พิมพ์ครั้งที่1, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี, 4-68.

สถานีทดลองพืชสวนฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ http://www.doae.go.th/plant/garlic.htm (accessed on December 23, 2009).