ภัยคุกคามยางพารา

บทนำ

ยางธรรมชาติเป็นวัสดุพิเศษที่ไม่สามารถจะทดแทนด้วยยางสังเคราะห์ได้ เนื่องจากมีสมบัติความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเชิงกลสูง จึงสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรม เช่น ยางล้อ ท่อยาง สายพาน ยางกันกระแทก ยางรองคอสะพาน และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความบางแต่มีความแข็งแรงสูง เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย อุปกรณ์ทางการแพทย์ต่างๆ

เมื่อกล่าวถึงยางธรรมชาติ คนส่วนใหญ่ก็จะนึกถึงยางพารา ซึ่งเป็นสายพันธุ์ Hevea Brasilliensis ที่มีโครงสร้างเป็น cis-1,4-polyisoprene ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและของโลก ปัจจุบันเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคที่มีการปลูกยางพารามากที่สุด จากข้อมูลของสมาคมประเทศผู้ผลิตยางธรรมชาติ (The Association of Natural Rubber Producing Countries; ANRPC) ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ปลูกยางทั้งหมด 69.5 ล้านไร่ พื้นที่กรีดยางได้ 47.8 ล้านไร่ และจากข้อมูลของ IRSG ระบุว่า ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนมีปริมาณรวมมากกว่า 30 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2563

ตารางที่ 1 การผลิตและการใช้ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ของโลกในปี พ.ศ. 2556

หน่วย: พันตัน

	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	รวม	% ยางธรรมชาติ
การผลิต	11,356	15,225	26,581	42.7
การใช้	10,939	15,023	25,962	42.1

ที่มา: IRSG, 2014.

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีจุดแข็ง คือ เป็นวัสดุธรรมชาติ ที่ไม่หมดสิ้น และมีความแข็งแรงและยืดหยุ่นดีกว่ายางสังเคราะห์ แต่ยางธรรมชาติก็มีจุดอ่อนอยู่หลายประการ เช่น ไม่ทนสารเคมี น้ำมัน ความร้อน ออกซิเจน และโอโซน นอกจากนั้นยังมีสมบัติแปรปรวน มีความหยุ่นตัวสูง ทำให้แปรรูปยาก นอกจากนี้ยังมีสิ่งสกปรกเจือปน มีโปรตีนที่สามารถทำให้เกิดการแพ้ได้ และยังมีราคาแปรปรวนอีกด้วย ทำให้เสียเปรียบยางสังเคราะห์ หากไม่ได้รับการแก้ไข อาจทำให้ยางธรรมชาติต้องสูญเสียตลาดให้ยางสังเคราะห์ได้ ด้วยเหตุนี้ยางพาราจึงมีปัญหาเรื่องความยั่งยืน นอกจากข้อเสียดังกล่าวข้างต้นของยางธรรมชาติแล้ว ปัจจุบันยางธรรมชาติหรือยางพารายังมีภัยคุกคามอื่นอีกที่อาจทำให้การใช้ยางธรรมชาติลดลงได้ในอนาคต ภัยคุกคามอื่นของยางพาราได้แก่

- ภัยคุกคามจากยางสังเคราะห์
- การแข่งขันจากยางธรรมชาติด้วยกันเอง
- ภาวะโรคร้อน
- ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน

บทความนี้จะกล่าวถึงภัยคุกคามต่างๆของยางธรรมชาติดังกล่าวข้างต้น

1. ภัยคุกคามจากยางสังเคราะห์

แนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์ของตลาด คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีขึ้น แปลกใหม่ และปลอดภัยต่อการใช้งาน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติแล้ว ยางสังเคราะห์จะมีให้เลือกมากมายหลายชนิด หลายเกรด ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้มากกว่า เช่น การเลือกใช้ยางไนไทรล์ (nitrile rubber; NBR) ที่มีสมบัติทนน้ำมันในการผลิตผลิตภัณฑ์โอริงที่ต้องสัมผัสน้ำมันแทนการใช้ยางธรรมชาติที่จะเสื่อมสภาพเมื่อสัมผัสน้ำมัน

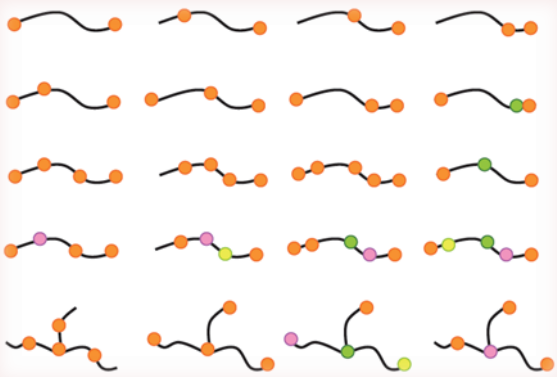
ผลิตภัณฑ์ยางที่สำคัญ ได้แก่ ยางล้อรถ และ ผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ก็ได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามจากยางสังเคราะห์ด้วยเช่นกัน

ยางล้อรถ

ปัจจุบัน แนวโน้มการพัฒนาของอุตสาหกรรมยางล้อรถยนต์ คือ ยางล้อรถประหยัดพลังงาน ยางล้อที่มีน้ำหนักเบาขึ้น ยางล้อที่ยึดเกาะถนนได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งบนพื้นถนนเปียก และยางล้อที่ก่อให้เกิดเสียงต่ำ ฉะนั้นการพัฒนาทางด้านวัตถุดิบทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ทั้งด้านคุณภาพและสมบัติเฉพาะด้านจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งในแง่นี้ยางสังเคราะห์จะได้เปรียบยางธรรมชาติ เนื่องจากสามารถเตรียมให้มีสมบัติหลากหลายได้มากกว่ายางธรรมชาติ นอกจากนี้ยางสังเคราะห์ยังมีพัฒนาการดีขึ้นตลอดเวลาเช่น ยางสไตรีนบิวทาไดอีน (styrene butadiene rubber; SBR) หรือยางเอสบีอาร์ที่เป็นยางสังเคราะห์ที่สามารถใช้แทนยางธรรมชาติได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนายางเอสบีอาร์ประเภทที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการสารละลาย (solution SBR) ซึ่งมีสมบัติที่ดีขึ้นกว่ายางเอสบีอาร์ประเภทเดิมคือยางเอสบีอาร์ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการอิมัลชัน (emulsion SBR) สมบัติที่ดีขึ้นของยางเอสบีอาร์ประเภทที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการสารละลาย (solution SBR) ได้แก่

- ความต้านทานต่อการเกิดรีเวอร์ชันดีกว่า
- การยึดเกาะถนนเปียกดีกว่า
- มีฮิสเทอริซิสต่ำกว่า
- มีความยืดหยุ่นดีกว่า
- มีความทนต่อการสึกกร่อนดีกว่า

Sumitomo Chemical Co.,Ltd. [1] ได้พัฒนายางเอสบีอาร์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน (functional SBR) จากการสังเคราะห์เอสบีอาร์ด้วยวิธีแอนไอออนิก พอลิเมอไรเซชัน (anionic polymerization) ในสารละลาย ซึ่งจะให้ยางเอสบีอาร์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน ที่จะช่วยเพิ่มอันตรกิริยากับซิลิกาในยางคอมพาวด์ที่ใช้สำหรับการผลิตยางล้อรถประหยัดพลังงาน ทั้งนี้พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะมีหลายรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งจากการศึกษาพอลิเมอร์ที่หมู่ฟังก์ชันชนิดเดียวกันแต่มีตำแหน่งบนสายโซ่หลักแตกต่างกัน (รูปที่ 2 และ ตารางที่ 2) พบว่า การวัดค่าการกระเด้งตัว (resilience) ด้วยเครื่อง Lubke resilience tester ที่ 60°C ตามมาตรฐาน JIS K6255 ซึ่งเป็นหนึ่งในดัชนีที่สามารถระบุประสิทธิภาพการประหยัดน้ำมันได้นั้น พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 3 หมู่ ให้ค่าการกระเด้งตัวสูงที่สุด (ค่าการกระเด้งตัวสูง ประหยัดน้ำมันได้มากกว่า) ยิ่งมีปริมาณหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้นก็ยิ่งจะให้ค่าการกระเด้งตัวสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณหมู่ฟังก์ชันที่เท่ากันพบว่า พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ที่ปลายทั้งสองด้านของสายโซ่หลักจะให้ค่าการกระเด้งตัวสูงกว่าพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันอยู่ปลายด้านหนึ่งและตรงกลางของสายโซ่หลัก



รูปที่ 1 พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันหลายๆ หมู่ (multi-functional polymers) แบบต่างๆ [1]

รูปที่ 2 พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันแต่ตำแหน่งบนสายโซ่หลักแตกต่างกัน [1]

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณและตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชันต่อสมบัติของพอลิเมอร์ [1]

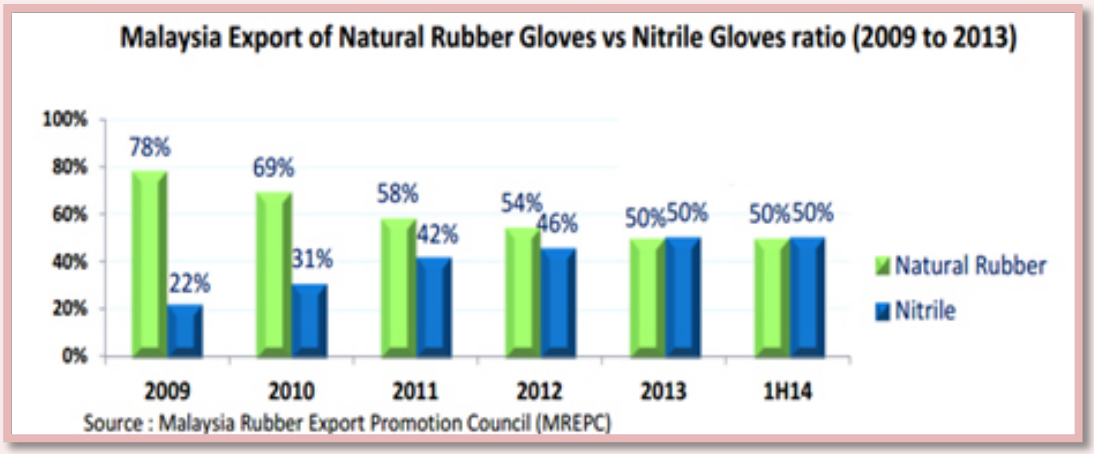
	Mw	ML 1+4 100°C	Resilience
	35.7	56	57
	34.8	51	64
	37.7	63	62
	29.5	53	65

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง

ความต้องการถุงมือยางมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการขยายตัว 10% ต่อปี โดยเฉพาะถุงมือแพทย์ เนื่องจากมีปรากฏการณ์เกิดโรคใหม่ๆ มากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ถุงมือแพทย์มีความจำเป็นมาก แต่อย่างไรก็ตาม ถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) สามารถก่อให้เกิดปัญหาการแพ้โปรตีนได้ ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะแทนที่น้ำยางธรรมชาติจากยางพาราด้วยน้ำยางสังเคราะห์หรือน้ำยางธรรมชาติอื่น เช่น

- น้ำยางไนไทรล์
- น้ำยางพอลิไอโซพรีน
- น้ำยางวายยูเล่

ตัวอย่างเช่น ประเทศมาเลเซียซึ่งเป็นประเทศผู้ผลิตถุงมือยางชั้นนำของโลก มีสัดส่วนการส่งออกถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันก็มีสัดส่วนการส่งออกถุงมือยางจากน้ำยางไนไทรล์เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน (รูปที่ 3) โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา การเติบโตของถุงมือยางไนไทรล์นั้นเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 514 ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้มที่น่ากังวลสำหรับถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ



รูปที่ 3 สัดส่วนการส่งออกถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติและน้ำยางไนไทรล์ของมาเลเซีย [2]

นอกจากถุงมือยางแล้ว ยังมีผลิตภัณฑ์จากน้ำยางอื่นๆ เช่น จุกนมยาง และ สายสวน ซึ่งส่วนใหญ่นิยมผลิตจากยางซิลิโคนเนื่องจากความใสของผลิตภัณฑ์และไม่ทำให้เกิดการแพ้โปรตีนเหมือนยางธรรมชาติ

สำหรับการผลิตน้ำยางสังเคราะห์เกรดใหม่ๆ นั้นก็มีมากมาย เช่น น้ำยางอะคริโลไนไทรล์บิวทาไดอีนไฮโดรจิเนต (hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber; HNBR latex) ผลิตโดยบริษัท Zeon Chemicals [3] ซึ่งมีสมบัติทนความร้อนได้สูงถึง 150°C ยืดหยุ่นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ทนน้ำมันและโอโซน เหมาะสำหรับการนำไปผลิตกาว (adhesive) สารยึด (binder) ประสิทธิภาพสูง เช่น สารยึดผ้า non-woven สารยึดที่ทนอุณหภูมิได้สูง และสารเคลือบลงบนผ้า

น้ำยางพอลิไอโซพรีน (polyisoprene latex; IR latex) ของบริษัท Kraton [4] ก็เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างของน้ำยางสังเคราะห์ที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง เช่น ถุงมือยางศัลยกรรม (surgical gloves) ถุงยางอนามัย (condom) เส้นด้ายยางยืด (rubber thread) เพราะมีคุณภาพคงที่ ไม่มีแอมโมเนีย ไม่มีโปรตีนที่ก่อให้เกิดการแพ้ และมีความแข็งแรงเทียบเท่ายางธรรมชาติ

2. การแข่งขันจากยางธรรมชาติด้วยกันเอง

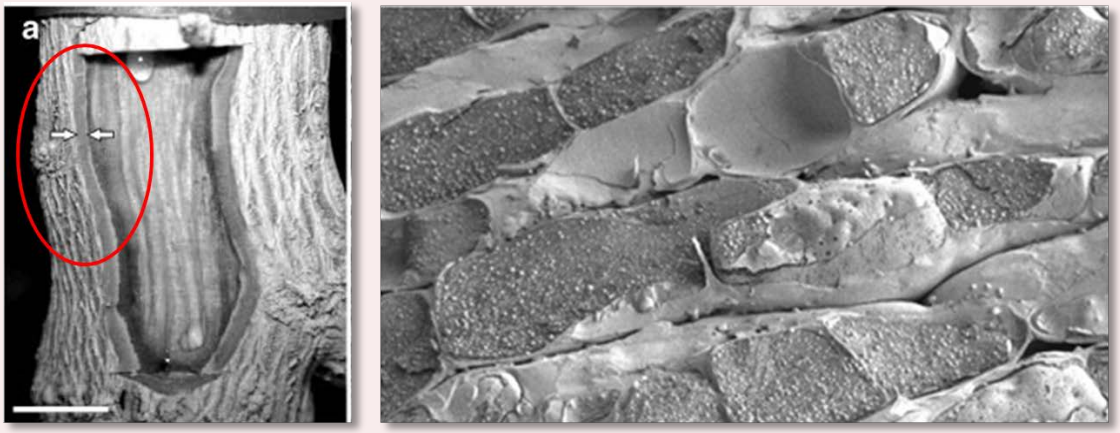
แม้ว่ายางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางพาราจะมีสมบัติที่ดีเยี่ยม แต่ยางพาราก็ปลูกกันมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่านั้น ซึ่งประเทศในแถบยุโรปและอเมริกาที่ไม่ต้องการจะพึ่งพาแต่เฉพาะยางพาราเพียงอย่างเดียว ได้ทำการวิจัยและพัฒนายางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางสายพันธุ์อื่นเช่น ยางวายยูเล่และยางรัสเซียนแดนดิไลออน อย่างจริงจังร่วมกับผู้ใช้ยางธรรมชาติ เช่น บริษัท Bridgestone และ บริษัท Continental ซึ่งเป็นบริษัทผลิตยางล้อรถชั้นนำของโลก และพบว่าสามารถพัฒนายางวายยูเล่และยางรัสเซียนแดนดิไลออนที่มีสมบัติใกล้เคียงกับยางพารา (Hevea brasilliensis) และสามารถนำไปผลิตยางล้อรถได้ อีกทั้งยังไม่มีโปรตีนที่ทำให้แพ้เหมือนยางพาราด้วย

วายยูเล่ (Guayule)

วายยูเล่ (Guayule) หรือชื่อทางพฤกษาศาสตร์ คือ parthenium argentatum เป็นต้นไม้พุ่มพื้นเมืองพบในแถบเม็กซิโกและทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐเทกซัส ลำต้นสูงประมาณ 60-90 เซนติเมตร มีดอกสีขาวเล็กๆ ใบรียาวประมาณ 5 เซนติเมตร ทนแล้งได้ดี ต้องการน้ำ สารอาหาร และยาฆ่าแมลงเพียงเล็กน้อย 2 ปี จึงเริ่มให้ผลผลิตได้และสามารถเก็บเกี่ยวได้

<u>กระบวนการผลิตน้ำยาง</u>

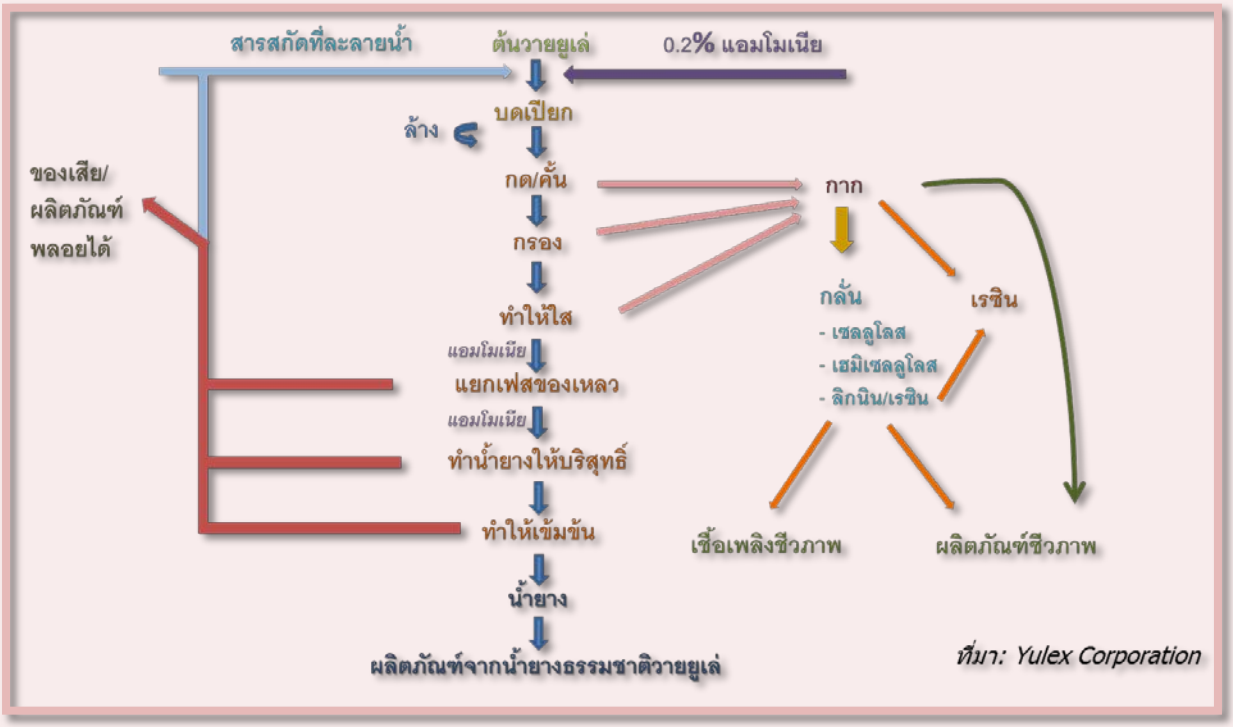
แหล่งให้น้ำยางของวายยูเล่ คือ parenchyma cell ที่อยู่ในเนื้อเยื่อใต้เปลือก (อยู่ระหว่างลูกศรชี้) เมื่อนำเปลือกของต้นวายยูเล่ที่มีอายุ 2 ปี ไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) จะเห็นอนุภาคยางเม็ดเล็กๆ อยู่ภายในช่องว่างภายในเซลของเปลือกไม้และเนื้อเยื่อของต้นไม้ ดังแสดงในรูปที่ 4 (ด้านขวา) การจะให้ได้น้ำยางวายยูเล่นั้นต้องนำเอาอนุภาคยางที่อยู่ใน parenchyma cell ออกมาให้ได้อย่างสมบูรณ์ขณะที่ยังอยู่ในรูปของสารแขวนลอย ดังนั้นต้องเริ่มต้นจากการที่ต้องให้ต้นวายยูเล่อยู่ในสภาพที่ชุ่มน้ำมาตั้งแต่การเก็บเกี่ยว ขนส่ง และเก็บรักษา จนกระทั่งนำมาสกัดด้วยสารละลายเบส เติมแอมโมเนีย 0.2% แล้วนำไปบด (ในสภาวะเปียก) คั้น กรอง เอาเศษไม้ออกไป ทำให้ใส (ลดอนุภาคของแข็งเล็กๆ ที่ไม่สามารถกรองออกไปได้ เพราะมีขนาดใกล้เคียงกับยาง) แต่ยังคงให้ pH เป็นเบสอยู่ และจากนั้นจึงแยกเฟสของเหลว ทำน้ำยางให้บริสุทธิ์ และเข้มข้นด้วยการปั่นเหวี่ยงและ/หรือใช้วิธีการครีมโดยใช้ alginate creaming agent ให้อนุภาคยาง (ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) น้อยกว่า 1 เล็กน้อย) ลอยขึ้นมา และแยกเอาอนุภาคยางออกมา จึงจะได้น้ำยางและนำไปทำผลิตภัณฑ์ ส่วนกากก็สามารถนำไปกลั่นทำเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและผลิตภัณฑ์ชีวภาพได้ (ที่มา: บริษัท Yulex Corporation Co., Ltd.)



(photograph by Katrina Cornish and Delilah Wood, *J. Polym.Env., 10 (4), 105, 2002*)

Scanning electron micrograph of bark parenchyma cells of stems of two-year old *Parthenium argentatum*, showing vacuoles filled with rubber particles (photograph by Delilah Wood, USDA).

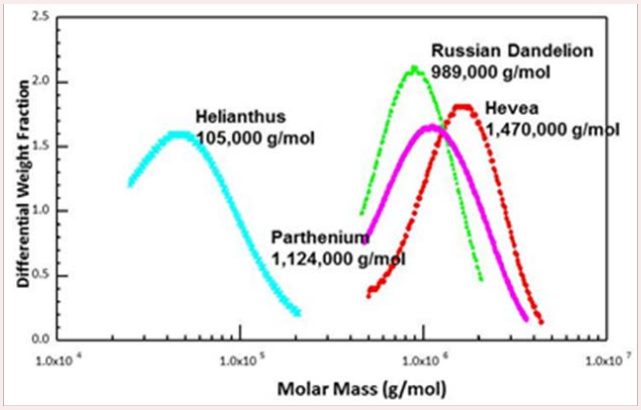
รูปที่ 4 แหล่งให้น้ำยางของวายยูเล่ [5]



รูปที่ 5 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางวายยูเล่ [6]

องค์ประกอบและสมบัติ

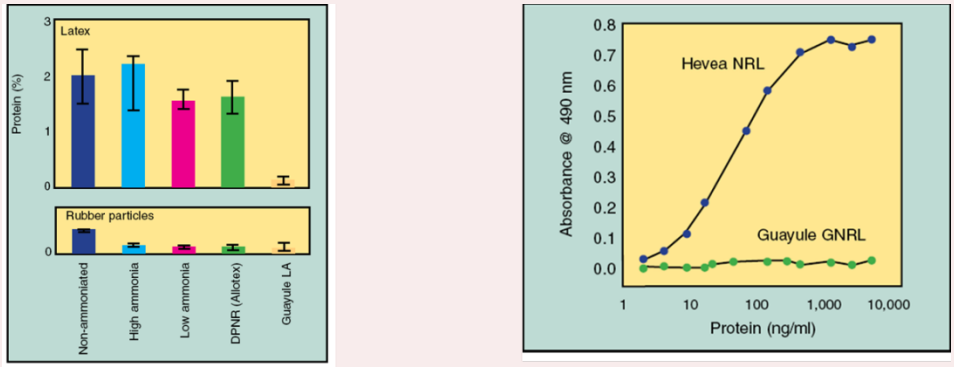
แม้ว่าน้ำยางวายยูเล่จะมีลักษณะโครงสร้างทางเคมีเหมือนยางพารา คือ เป็น cis-1,4-polyisoprene แต่ก็มีส่วนประกอบในน้ำยางแตกต่างจากยางพารา เช่น มีส่วนของเนื้อยางน้อยกว่า (ประมาณ 10%) มีปริมาณโปรตีน กรดอะมิโน และพอลิเพปไทด์น้อยกว่า



Size Exclusion Chromatograms of rubber purified from several species.
(Dr. Colleen McMahan)

รูปที่ 6 น้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางชนิดต่างๆ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค size exclusion chromatography (SEC) [7]

จากรูปที่ 6 เมื่อนำน้ำยางชนิดต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค size exclusion chromatography (SEC) พบว่า ยางพารา วายยูเล่ และ รัสเซียนแดนดิไลออน มีน้ำหนักโมเลกุลสูงใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 1,470,000 g/mol 1,124,000 g/mol และ 989,000 g/mol ตามลำดับ ซึ่งถึงแม้ว่าน้ำหนักโมเลกุลของวายยูเล่จะต่ำกว่าน้ำหนักโมเลกุลของยางพารา แต่ก็สูงพอที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่ให้สมบัติที่ดีได้



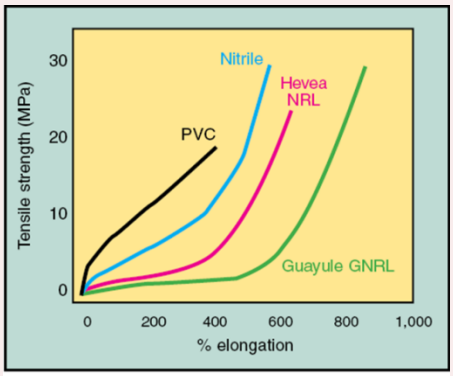
Cornish, K., *Rubber World,* ***245 (2),*** 19-22, 2011.

รูปที่ 7 ปริมาณโปรตีนของน้ำยางชนิดต่างๆ [8]

เมื่อนำน้ำยางวายยูเล่มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนพบว่า น้ำยางวายยูเล่มีโปรตีนน้อยมาก (น้อยกว่า 1%) เมื่อเทียบกับน้ำยางพาราชนิดไม่ใส่แอมโมเนีย ชนิดแอมโมเนียสูง ชนิดแอมโมเนียต่ำ และน้ำยางโปรตีนต่ำ (deproteinized natural rubber; DPNR) และเมื่อนำโปรตีนจากน้ำยางวายยูเล่มาทดสอบพบว่า ไม่ทำปฏิกิริยาข้าม (cross reaction) กับแอนติบอดีของน้ำยางจากยางพาราในหนู กระต่าย หรือคน ซึ่งก็จะไม่ก่อให้เกิดการแพ้เหมือนโปรตีนในยางพารา (รูปที่ 7 ขวา)

น้ำยางวายยูเล่มีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างจากน้ำยางพารา คือมีโปรตีนต่ำ จึงทำให้การคอมพาวด์น้ำยางนั้นแตกต่างจากน้ำยางพาราไปด้วย น้ำยางวายยูเล่มีความหนืดสูงกว่าน้ำยางพาราที่ปริมาณเนื้อยาง (%DRC) เท่ากัน ซึ่งก็เป็นเพราะน้ำยางวายยูเล่มีขนาดอนุภาคยางเฉลี่ย (1.4 μm) ใหญ่กว่าอนุภาคยางของน้ำยางพารา (1.0 μm) และการที่มีความหนืดสูงกว่าน้ำยางพารานี้ก็มีข้อดี คือ กระบวนการจุ่ม (dipping process) จะทำได้ดีกว่ายางพารา คือ น้ำยางจะใช้เวลาในการจับตัวที่แบบจุ่มสั้นลง จับตัวบนแบบจุ่มได้ดีขึ้น และสายการผลิตสามารถใช้ความเร็วได้มากขึ้น

สำหรับสมบัติของผลิตภัณฑ์ เช่น ถุงมือ นั้น ได้มีการทดสอบฟิล์มที่ได้จากถุงมือที่ผลิตจากวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ พีวีซี (PVC) น้ำยางไนไทรล์ น้ำยางพารา และน้ำยางวายยูเล่ ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 8 ซึ่งจะเห็นว่าฟิล์มยางที่เตรียมจากน้ำยางไนไทรล์และน้ำยางวายยูเล่แข็งแรงที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความทนต่อแรงดึง (tensile strength) แต่น้ำยางวายยูเล่จะนิ่มกว่าน้ำยางชนิดอื่น เนื่องจากมีค่าโมดูลัสต่ำกว่า และสามารถดึงยืดได้มากกว่า ทั้งนี้น้ำยางวายยูเล่มีสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นได้ดี และไม่ก่อให้เกิดการแพ้โปรตีน จึงทำให้เหมาะที่จะนำมาผลิตถุงมือที่ใช้ทางการแพทย์ ถุงยางอนามัย เป็นต้น



Cornish, K., *Rubber World,* ***245 (2),*** 19-22, 2011.

รูปที่ 8 ความทนต่อแรงดึงและความยืด ณ จุดขาด ของฟิล์มถุงมือที่ผลิตจากน้ำยางชนิดต่างๆ [8]

ข้อดีข้อเสียของยางวายยูเล่

ข้อดี

- ยางวายยูเล่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงและให้สมบัติคล้ายกับยางพารา
- ยางวายยูเล่ไม่มีโปรตีนที่ก่อให้เกิดการแพ้ชนิดรุนแรง จึงเหมาะสำหรับใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์

ข้อเสีย

- ยางวายยูเล่มีโอกาสเกิดโรคราก (root disease) โดยเฉพาะถ้าปลูกในแหล่งน้ำนิ่ง (Mihail et al., 1991)
- ยางวายยูเล่มีปริมาณเนื้อยางน้อย แต่มีปริมาณเรซินสูงถึง 20-40% โดยน้ำหนัก (Schloman, 2005)
- ยางวายยูเล่ทนต่อความร้อนและออกซิเจนได้ต่ำกว่ายางพารา (กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ ที่มีอยู่ในเรซินจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสายโซ่พอลิเมอร์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งวิธีแก้คือใช้ของผสมระหว่างแอนติออกซิแดนซ์ที่เป็นเอมีนกับซิงก์ไดแอลคิลไดไทโอคาร์บาเมตในการช่วยเพิ่มความเสถียร) (Schloman, 2005)

การศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

ปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) ได้มีการตั้งบริษัท Yulex Corporation ขึ้นมา เพื่อศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตยางวายยูเล่ทุกขั้นตอน ตั้งแต่ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิต วิธีการสกัดน้ำยางและเรซิน ให้สามารถนำมาใช้ได้ในเชิงพาณิชย์ และรวมไปถึงกระบวนการจัดการของเหลือจากต้นวายยูเล่ โดยจะเปลี่ยนไปเป็นเอทานอลและพลังงานด้วย ซึ่งในปี พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) ทางบริษัทได้สร้างโรงงานต้นแบบที่สามารถผลิตยางวายยูเล่ได้ 500 ตัน ทั้งในรูปของของแข็งและอิมัลชัน

นอกจากบริษัท Yulex Corporation ที่มีเป้าหมายที่จะนำเอายางวายยูเล่มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แทนยางพารา แล้ว ยังมีบริษัทอื่นๆ ที่ให้ความสนใจศึกษาและพัฒนายางวายยูเลในเชิงพาณิชย์อีกหลายบริษัท เช่น

- Ansell เข้าซื้อหุ้น Yulex Corporation บางส่วน เพื่อพัฒนาการผลิตถุงมือและถุงยางอนามัยจากยางวายยูเล่ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)
- Patagonia ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตชุดกีฬา ชุดว่ายน้ำ ชั้นนำ ได้ร่วมกับบริษัท Yulex พัฒนาชุดว่ายน้ำที่ทำจากยางวายยูเล่ แทนชุดว่ายน้ำแบบเดิมที่ใช้ยางนีโอพรีน โดยใช้น้ำยาง Yulex 60% ผสมกับ น้ำยางคลอโรพรีน CR 40% กลางเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012)
- Yulex Corporation ร่วมกับบริษัท Four D Rubber ผู้ผลิตแผ่นยางกันน้ำลาย เสื้อผ้า และผลิตภัณฑ์จากแผ่นน้ำยาง (ที่ตั้งอยู่ในมณฑล Derbyshire ประเทศอังกฤษ) ได้ประกาศว่าจะร่วมกันผลิตแผ่นยางกันน้ำลายเป็นครั้งแรกในเชิงพาณิชย์จากยางวายยูเล่ ในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012)
- Cooper Tire และพันธมิตร (Yulex Corporation, กระทรวงเกษตรและพลังงานของสหรัฐอเมริกา the Agricultural Research Service (ARS) of the U.S. Department of Agriculture (USDA), Arizona State University (ASU)) ได้ร่วมกันวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตยางวายยูเล่แห้งสำหรับใช้ในการผลิตยางล้อ รวมไปถึงของเสียที่เกิดขึ้นนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (จากชีวภาพ) ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) ด้วยวงเงิน 6.9 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ระยะเวลาดำเนินงาน 4 ปี
- Bridgestone Americas และ Yulex Corporation ได้ประกาศโครงการที่จะพัฒนายางวายยูเล่เพื่อเป็นยางธรรมชาติทางเลือก ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) คาดว่าจะได้ตัวอย่างยางล้อต้นแบบประมาณกลางปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) และนอกจากนั้นทาง Bridgestone เองก็มีแผนที่จะพัฒนาการใช้ยางวายยูเล่ควบคู่ไปกับยางพารา และตั้งเป้าไว้ว่า ในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) วัสดุทุกอย่างที่ใช้จะต้องมาจากวัสดุธรรมชาติ 100%

รัสเซียนแดนดิไลออน (Russian dandelion)

Taraxacum kok-saghyz

รัสเซียนแดนดิไลออน มีชื่อทางพฤกษาศาสตร์ว่า Taraxacum kok-saghyz คำว่า kok-saghyz หมายถึง รากที่สามารถนำมาบดเคี้ยวได้ รัสเซียนแดนดิไลออน พบที่ภูเขา Tien Shan ในคาซัคสถานปี พ.ศ. 2475 (ค.ศ. 1932) เนื่องจากสหภาพโซเวียตพยายามหาแหล่งพืชที่ให้น้ำยางธรรมชาติในประเทศ รัสเซียนแดนดิไลออนมีลำต้นสูงประมาณ 30 เซนติเมตร ดอกสีเหลืองขนาดประมาณ 1 นิ้ว รากหนา ยาว เป็นแหล่งให้น้ำยาง ขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่น แถบเอเชียกลาง สามารถให้ผลผลิตได้ 2 ครั้ง/ปี ซึ่งผลผลิตจะเป็นยางธรรมชาติและมีอินูลินเป็นสารพลอยได้ (by-product) สามารถเก็บเกี่ยวได้โดยใช้เครื่องจักร

กระบวนการผลิตน้ำยาง

รัสเซียนแดนดิไลออนมีรากเป็นแหล่งให้น้ำยาง (laticifers) ซึ่งถึงแม้จะไม่สามารถกรีดได้เหมือนต้นยางพารา แต่ถ้าตัดเนื้อเยื่อก็จะสามารถให้น้ำยางได้โดยไม่จำเป็นต้องทำให้ทุกเซลล์แตกเหมือนวายยูเล่

Photo credit: Lynn Ketchum.@ Oregon State University

รูปที่ 9 แหล่งให้น้ำยางของรัสเซียนแดนดิไลออน [9]

ที่มา: Ohio Agricultural Research and Development Center

รูปที่ 10 กระบวนการผลิตน้ำยางจากรัสเซียนแดนดิไลออน [9]

ขั้นตอนการผลิตน้ำยางจากรัสเซียนแดนดิไลออน ทำได้โดยนำรากของรัสเซียนแดนดิไลออนซึ่งจะมีน้ำยางประมาณ 10-20% มาแช่ในน้ำร้อนเพื่อชะล้างเอาอินูลินออก (เอาไปผลิตเอทานอล) นำรากที่เหลือมาบดกับเม็ดพอร์ชเลนเพื่อเอาผิวของรากออก นำไปแช่ในน้ำ ยางจากรากจะลอยขึ้นไปด้านบน จากนั้นตักยางขึ้นไป นำไปล้างน้ำอีกครั้งเพื่อล้างสิ่งสกปรก จะได้ยางที่พร้อมจะนำไปใช้ได้ นักวิทยาศาสตร์ของ The Ohio State University เชื่อว่า แดนดิไลออน 1 เอเคอร์ (2.5 ไร่) จะสามารถผลิตยางล้อรถบรรทุกได้ถึง 250 เส้น

องค์ประกอบและสมบัติ

รัสเซียนแดนดิไลออน มียีนส์ที่ควบคุม คือ Taraxacum genes ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ Hevea genes (Hallahan and Keiper-Hrynko, 2004) และมีน้ำหนักโมเลกุลและสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับยางพารา แหล่งที่ให้น้ำยาง คือ เซลล์น้ำยาง (laticifers) เหมือนในยางพารา แต่มีโปรตีนสูงกว่ายางพารา และมีกรดไขมันเล็กน้อย นอกจากนั้นยังมีอินูลินเป็นผลพลอยได้ (by product) ถึง 36% ซึ่งสามารถจะเปลี่ยนไปเป็นเชื้อเพลิง เช่น บิวทานอล เอทานอล หรือ ไบโอแก๊ส ได้

การศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

ปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2010) ในสหรัฐอเมริกาได้มีการจัดตั้ง Kultevat L.L.C. ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตน้ำยางธรรมชาติจากต้นรัสเซียนแดนดิไลออน โดยได้ร่วมมือกับ Keygene ซึ่งเป็นบริษัทเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางชีวภาพของเนเธอร์แลนด์ ในการพัฒนาพันธุ์ของรัสเซียนแดนดิไลออนเพื่อให้ได้น้ำยางธรรมชาติที่มีคุณภาพดี โดยทาง Kultevat จะพัฒนากระบวนการผลิตในเชิงพาณิชย์ ซึ่งทางบริษัทมีวิสัยทัศน์ในการสร้างธุรกิจการเพาะปลูกรัสเซียนแดนดิไลออนเพื่อให้เป็นแหล่งที่ให้น้ำยางธรรมชาติชั้นนำของประเทศ และทางบริษัทจะขายทั้งน้ำยางและผลิตภัณฑ์ และน้ำตาลซึ่งเป็นผลพลอยได้สำหรับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ คาดว่าจะส่งออกได้ในปี พ.ศ. 2559 (ค.ศ. 2016)

เนื่องจากรัสเซียนแดนดิไลออนมีโปรตีนสูงกว่ายางพารา จึงนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทั่วไปที่ไม่ใช้ทางการแพทย์ เช่นในอุตสาหกรรมยางล้อก็ได้ให้ความสนใจยางรัสเซียนแดนดิไลออนอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Bridgestone Americas Center for Research and Technology ที่ได้ศึกษาอย่างต่อเนื่องและทดสอบเบื้องต้นพบว่า TKS มีโอกาสที่จะนำมาผลิตเป็นยางธรรมชาติที่มีสมบัติเหมือนกับยางพาราที่ได้จากทางเอเชีย ขณะนี้ได้มีการนำไปทดสอบสมบัติเพิ่มเติมที่ห้องปฏิบัติการใน Akron และ Tokyo โดยจะทดสอบในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้นในปี พ.ศ. 2557 นี้

นอกจากบริษัทบริดจสโตนแล้ว ยังมีบริษัทยางล้ออื่นๆ ที่ให้ความสนใจยางรัสเซียนแดนดิไลออน เช่น บริษัท Continental ซึ่งได้ทำวิจัยร่วมกับ Fraunhofer Institute ในเยอรมนี กำลังพัฒนาเทคนิคในการผลิตยางล้อจากยางรัสเซียนแดนดิไลออน โดยมีแผนจะผลิตยางล้อต้นแบบได้ภายในปี พ.ศ. 2561 (ค.ศ. 2018)

Apollo Vredestein ซึ่งเป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างอินเดียกับเนเธอร์แลนด์ และเป็นผู้ร่วมในโครงการ EU-PEARLS European project ได้ผลิตยางล้อต้นแบบเส้นแรกที่ใช้ยางที่ได้ภายในยุโรปทั้งยางวายูเล่และรัสเซียนแดนดิไลออน ขนาด 155/65 R14 และก็นำไปทดสอบประสิทธิภาพ โดยคาดว่าจะสามารถเริ่มการผลิตได้ในปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015)

3. ภาวะโรคร้อน

ภาวะโรคร้อนในปัจจุบันอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้ เช่น เกิดภาวะแล้งในประเทศที่ผลิตยางพาราในปัจจุบัน ทำให้ประเทศที่ผลิตยางธรรมชาติในปัจจุบันสามารถผลิตยางธรรมชาติได้น้อยลง ซึ่งอาจมีผลให้เกิดการขาดแคลนยางธรรมชาติได้ในอนาคต นอกจากนี้ ยางพารายังมีความเสี่ยงในการเกิดโรคของต้นยางพารา เช่น เป็นโรคใบจุดก้างปลา (Corynespora leaf spot) โรครากขาว (white root disease) โรคใบไหม้ลาตินอเมริกัน (South American leaf blight) หรือการเกิดโรคพืชใหม่ หรือโรคพืชที่ร้ายแรงต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตอีกด้วย

4. ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการกรีดยางหรือแปรรูปน้ำยางเป็นวัตถุดิบ เช่น ยางแผ่น ยางแท่ง ในประเทศที่ผลิตยางธรรมชาติเช่นประเทศมาเลเซีย ประเทศไทย เป็นปัญหาสำคัญสำหรับอนาคต ทั้งนี้จำนวนแรงงานกรีดยางพาราของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางพาราลดลงจาก 3.52 คนต่อ 100 คน ในปี พ.ศ. 2541 เหลือ 2.58 คนต่อ 100 คน ในปี พ.ศ. 2553 เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายแรงงานกรีดยางพาราจากครัวเรือนสู่แรงงานนอกครัวเรือนและนอกภาคเกษตรสูง นอกจากนั้นยังมีปัญหาในเรื่องของอายุของแรงงานกรีดยางพาราโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูง การขาดความชำนาญในการกรีดยางพารา และแรงงานมีคุณภาพในการทำงานต่ำ

การแก้ไขปัญหาความยั่งยืนของยางพารา

แม้ว่ายางพาราจะมีภัยคุกคามจากหลายสาเหตุด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็น

1. ภัยคุกคามจากยางสังเคราะห์ ยางพารามีสารที่สามารถก่อให้เกิดการแพ้แก่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางพาราได้ เช่นโปรตีน ทำให้ผู้ใช้เริ่มเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางพาราหรือหันไปใช้ยางสังเคราะห์มากขึ้น นอกจากนั้นยางสังเคราะห์ยังมีการพัฒนาให้มีสมบัติหลากหลายและใช้งานได้มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การพัฒนายางธรรมชาติให้มีสมบัติใหม่ๆ ทำได้ยากกว่า
2. การแข่งขันจากยางธรรมชาติด้วยกันเอง คือมียางธรรมชาติชนิดใหม่ที่มีผู้สนใจจะพัฒนาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์นอกเหนือจากยางพารา อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปัจจุบันจะมีการศึกษายางธรรมชาติทางเลือกทั้งสองชนิดนี้มากขึ้น แต่ในแง่ของต้นทุนการผลิตนั้นยังคงสูงกว่ายางพาราอยู่ค่อนข้างมาก (จากค่าปลูก ค่าเก็บเกี่ยว ค่าขนส่ง และค่าแปรรูป) ยกเว้นว่าจะมีการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์และกระบวนการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องก็อาจจะทำให้ต้นทุนลดลงมาได้จนถึงอยู่ในระดับเดียวกับยางพารา ซึ่งเมื่อนั้นยางธรรมชาติทั้งสองชนิดนี้จึงจะถือเป็นคู่แข่งของยางพาราอย่างแท้จริง
3. ภาวะโรคร้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้เช่นเกิดภาวะแล้งในประเทศที่ผลิตยางพาราในปัจจุบัน หรือการเกิดโรคพืชใหม่หรือโรคพืชที่ร้ายแรง
4. ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการกรีดยางหรือแปรรูปน้ำยางเป็นวัตถุดิบ เช่น ยางแผ่น ยางแท่ง

แต่การแก้ไขปัญหาต่างๆ เหล่านี้สามารถทำได้ด้วยการวิจัยและพัฒนาซึ่งแสดงสรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแก้ไขปัญหาความยั่งยืนของยางพาราด้วยการวิจัยและพัฒนา

ภัยคุกคาม	การวิจัยและพัฒนา
1. ภาวะโลกร้อน อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ อุณหภูมิสูงขึ้น แล้งขึ้น	1. พัฒนาพันธุ์ยางทนแล้ง
2. เกิดโรคพืชระบาด	1. พัฒนาพันธุ์ยางทนโรค 2. พัฒนาเทคโนโลยีป้องกันการระบาดของโลก
3. ความก้าวหน้าทางด้านเคมีพอลิเมอร์ ทำให้มีโอกาสพัฒนายางสังเคราะห์ที่มีสมบัติเทียบเท่ายางธรรมชาติ	1. วิจัยและพัฒนายางธรรมชาติต่อเพื่อทำให้สมบัติดียิ่งขึ้น
4. ยางสังเคราะห์มีสมบัติทนสารเคมีที่ดีกว่า 5. ยางสังเคราะห์สามารถสังเคราะห์ให้มีสมบัติหลากหลายกว่ายางธรรมชาติ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้มากกว่า	1. วิจัยและพัฒนาการดัดแปรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติต่อโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีใหม่ๆ 2. ศึกษาการผสมยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ให้ดีขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ
6. ยางสังเคราะห์มีสมบัติคงที่ สามารถปรับให้นำไปใช้ในการแปรรูปได้ดีกว่ายางธรรมชาติ 7. ยางสังเคราะห์ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน	1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตยางธรรมชาติต่อไปเพื่อให้ได้ยางธรรมชาติที่มีสมบัติทัดเทียมยางสังเคราะห์
8. น้ำยางสังเคราะห์มีสมบัติคงที่มากกว่าน้ำยางธรรมชาติ ใช้งานง่ายกว่า ไม่มีกลิ่น	1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาสภาพน้ำยางธรรมชาติใหม่แทนแอมโมเนียและทำให้น้ำยางธรรมชาติมีสมบัติคงที่มากขึ้น
9. ยางสังเคราะห์ไม่มีโปรตีนที่ทำให้เกิดการแพ้และมีการนำมาใช้ทดแทนน้ำยางธรรมชาติมากขึ้นเรื่อยๆ	1. วิจัยและพัฒนาน้ำยางธรรมชาติและผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติที่ไม่ก่อให้เกิดการแพ้โปรตีน
10. ยางสังเคราะห์สามารถควบคุมราคาไม่ให้แปรปรวนได้ดีกว่ายางธรรมชาติ	1. วิจัยและพัฒนาเพื่อลดต้นทุนการผลิตยางธรรมชาติ 2. วิจัยและพัฒนาให้ยางธรรมชาติมีจุดเด่นมากกว่ายางสังเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

1. Hayashi, M., Hama, H. and Inagki, K., “Development and Foresight of Solution SBR for Energy-Saving Tires”, *SUMITOMO KAGAKU*, 1-10, (2011-I)
2. Malaysian Rubber Export Promotion Council (MREPC), http://www.mrepc.com/
3. Zeon Chemicals, http://www.zeonchemicals.com
4. Kraton, http://www.kraton.com
5. Cornish, K. and Wood, D., *J.Polym.Env.*, **10(4)**, 105, (2002).
6. Yulex Corporation, http://www.yulex.com
7. Cornish, K. and Blakeslee, J., “Rubber Biosynthesis in Plants”, http://lipidlibrary.aocs.org/plantbio/rubber/index.htm
8. Cornish, K., *Rubber World*, **245(2)**, 19-22, (2011)
9. Ohio Agricultural Research and Development Center, http://www.oardc.osu.edu/penra/index.html
10. Eagle, F.A., *Rubber Chem. Technol.*, **54**, 662-684, (1981).
11. Jan B. van Beilen and Yves Poireir, *TRENDS in Biotechnology*, 25(11), 522-529, (2007)
12. Jan B. van Beilen, “Alternative Sources of Natural Rubber”, *EPOBIO project*, November 2006.
13. Applied Polymer Research Center, The University of Akron, http://www.uakron.edu/aprc/
14. Bridgestone Corporation, 2012. http://www.bridgestone.com/corporate/

ชญาภา นิ่มสุวรรณ
เครือข่ายพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารา
กระทรวงอุตสาหกรรม

วันที่ 16 ธันวาคม 2557