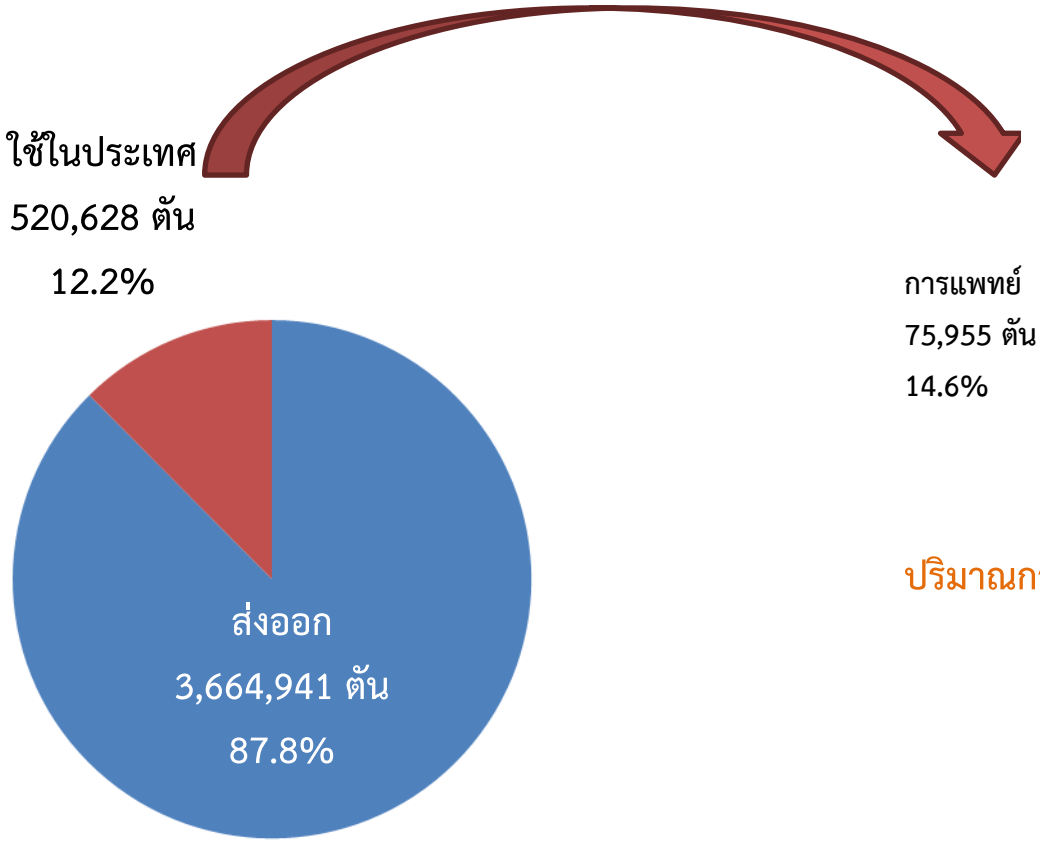
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางคอมพาวด์เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์และเครื่องมือแพทย์

ดร.พงษ์ธร แซ่อุย

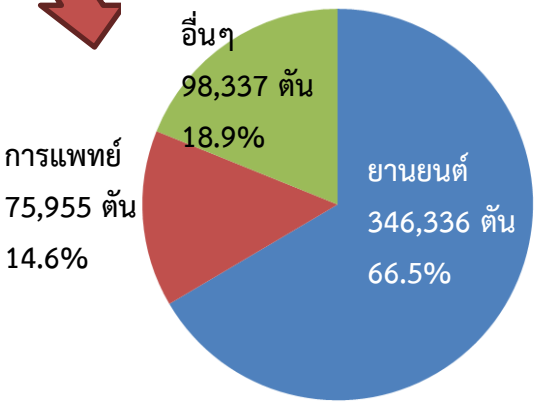
ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

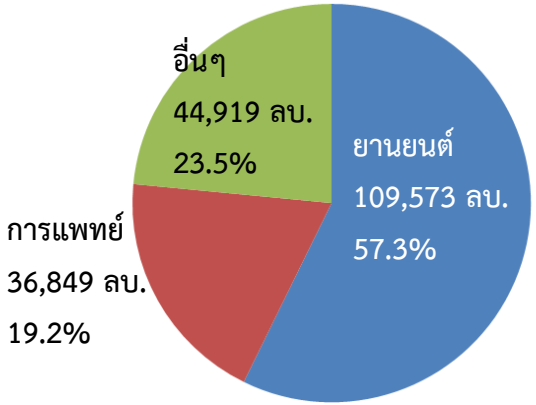
สถิติยาง



การผลิตยางธรรมชาติ 4.17 ล้านตัน



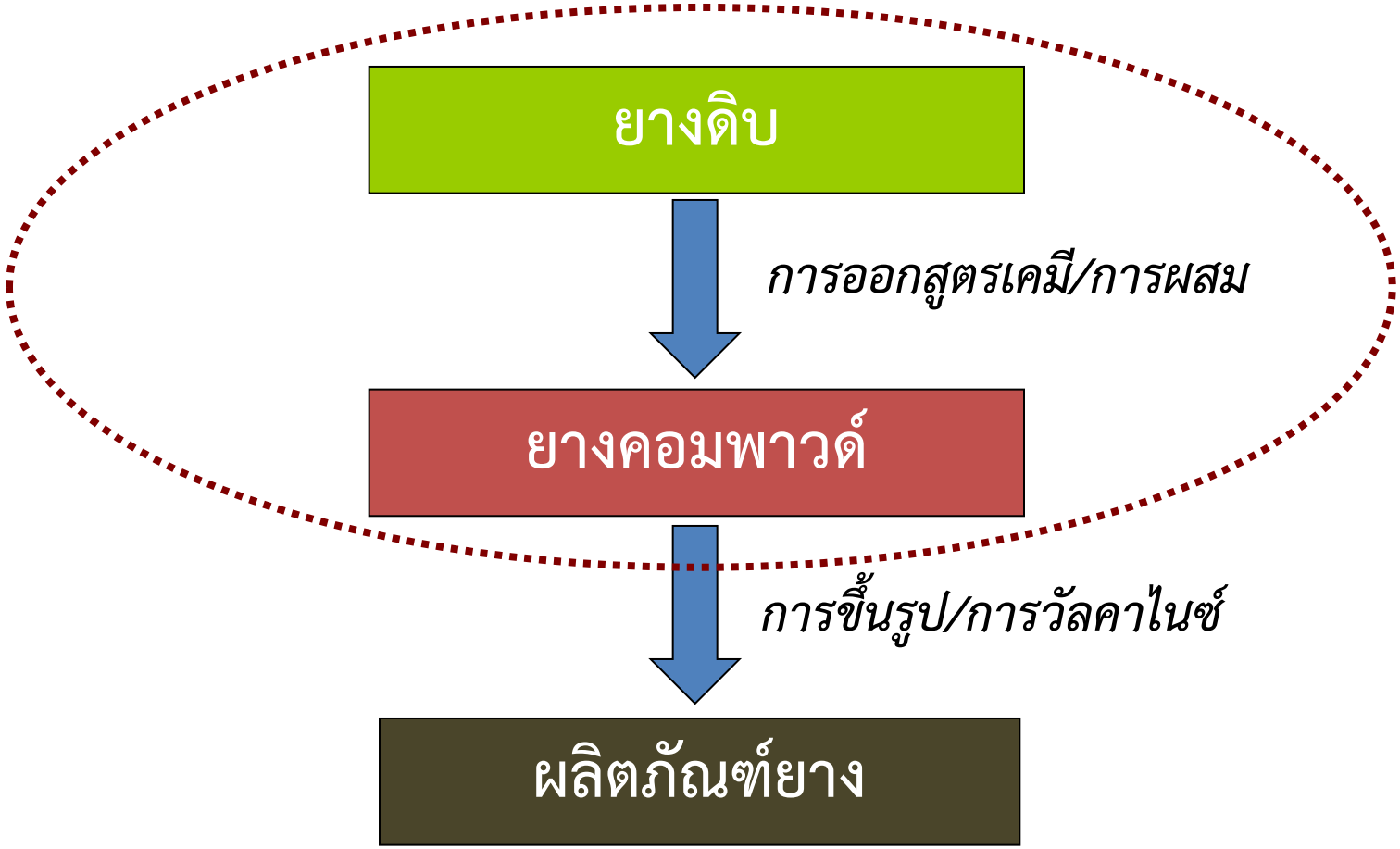
ปริมาณการใช้ยางธรรมชาติในประเทศ 520,628 ตัน



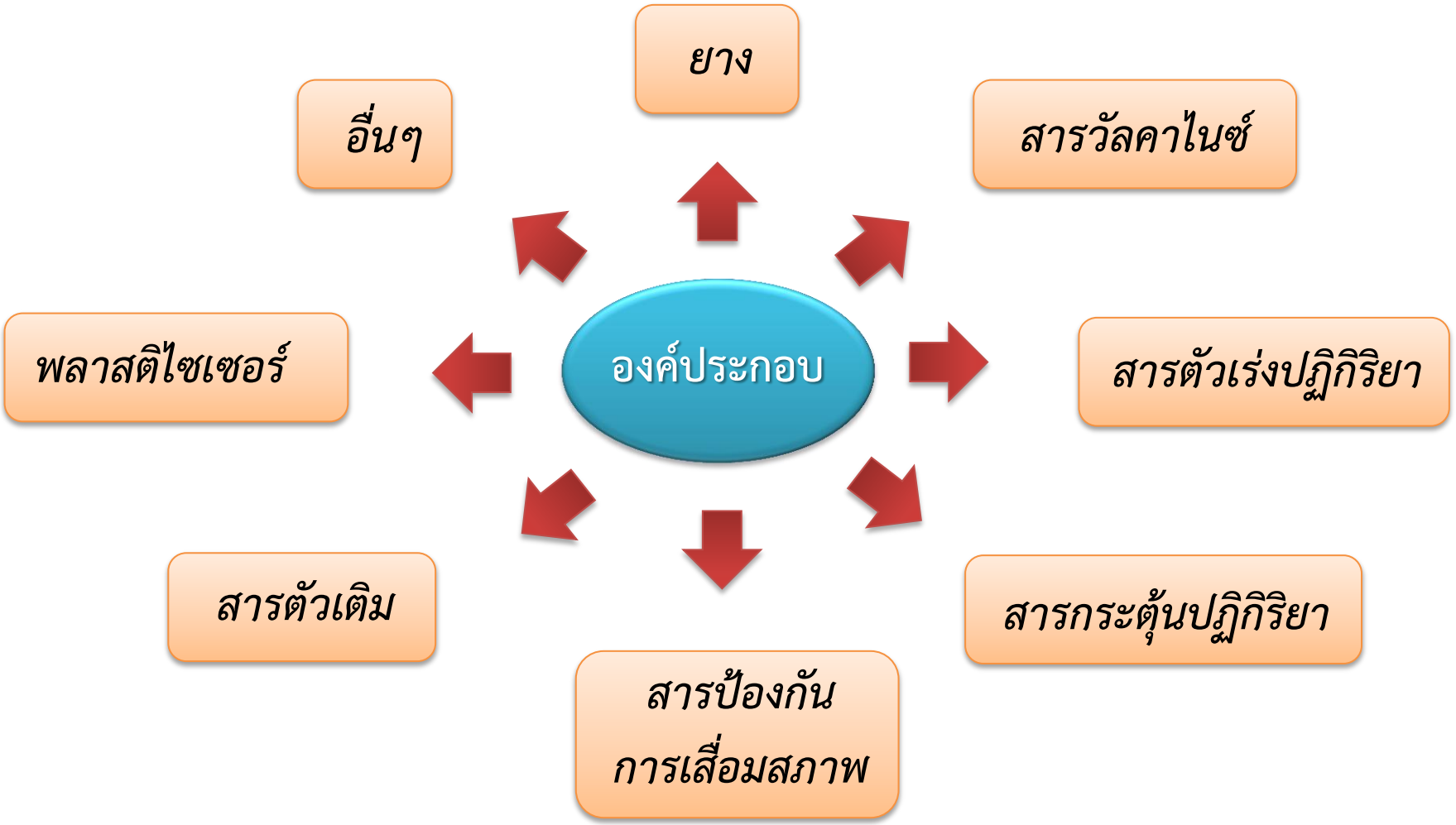
มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยาง 191,341 ล้านบาท

ที่มา: สถิติยางประเทศไทย สถาบันวิจัยยาง ข้อมูลปี 2556

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง



การออกสูตรเคมียาง



ตัวอย่างและปริมาณของสารเคมีที่นิยมใช้ทั่วไป

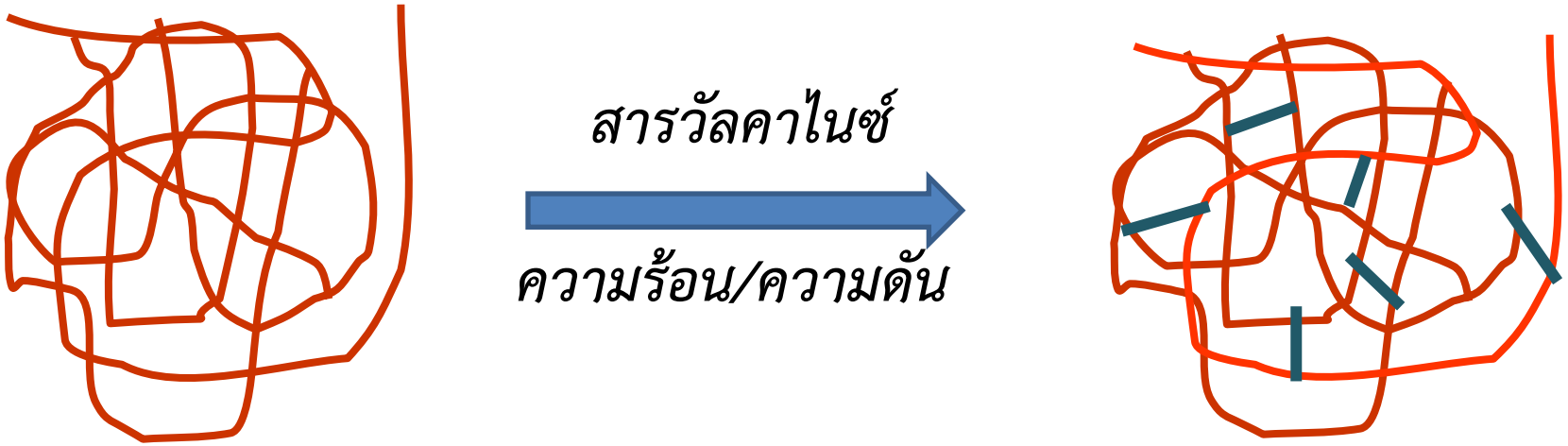
องค์ประกอบ	ปริมาณการใช้ (phr)
ยาง	100
สารกระตุ้นปฏิกิริยา	1-5
สารตัวเร่งปฏิกิริยา	0.5-2.0
สารวัลคาไนซ์	0.5-3.5
สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	1-3
สารตัวเติม	0-120
พลาสติไซเซอร์	0-20
อื่นๆ (สี/เรซิน/สารหน่วงไฟ ฯลฯ)	ตามความเหมาะสม

1. ยาง

ยาง	สมบัติเด่น	ข้อด้อย
NR/IR	มีสมบัติเชิงกลและพลวัตที่ดีเยี่ยม	ไม่ทนน้ำมัน เสื่อมสภาพง่าย ลามไฟได้ดี
SBR	มีสมบัติเชิงกลดีเมื่อได้รับการเสริมแรง	
BR	มีความยืดหยุ่นและต้านทานต่อการสึกหรอดีเยี่ยม	
IIR	ทนต่อการเสื่อมสภาพและเก็บกักก๊าซได้ดีเยี่ยม	ไม่ทนน้ำมัน
CR	มีสมบัติเชิงกลดี ทนน้ำมันและทนต่อการเสื่อมสภาพได้ปานกลาง	ราคาสูง
NBR	ทนน้ำมันได้ดีและมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูง	มีความยืดหยุ่นต่ำ
EPDM	ทนทานต่อการเสื่อมสภาพได้ดีเยี่ยม สามารถเติมสารตัวเติมได้มาก	ไม่ทนน้ำมัน
Q	ทนต่อการเสื่อมสภาพได้ดีเยี่ยม ใช้งานที่อุณหภูมิต่ำและสูงมากได้	มีสมบัติเชิงกลต่ำ
FKM	ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ/น้ำมัน/สารเคมีได้ดีเยี่ยม	ความยืดหยุ่นต่ำ และราคาสูงมาก

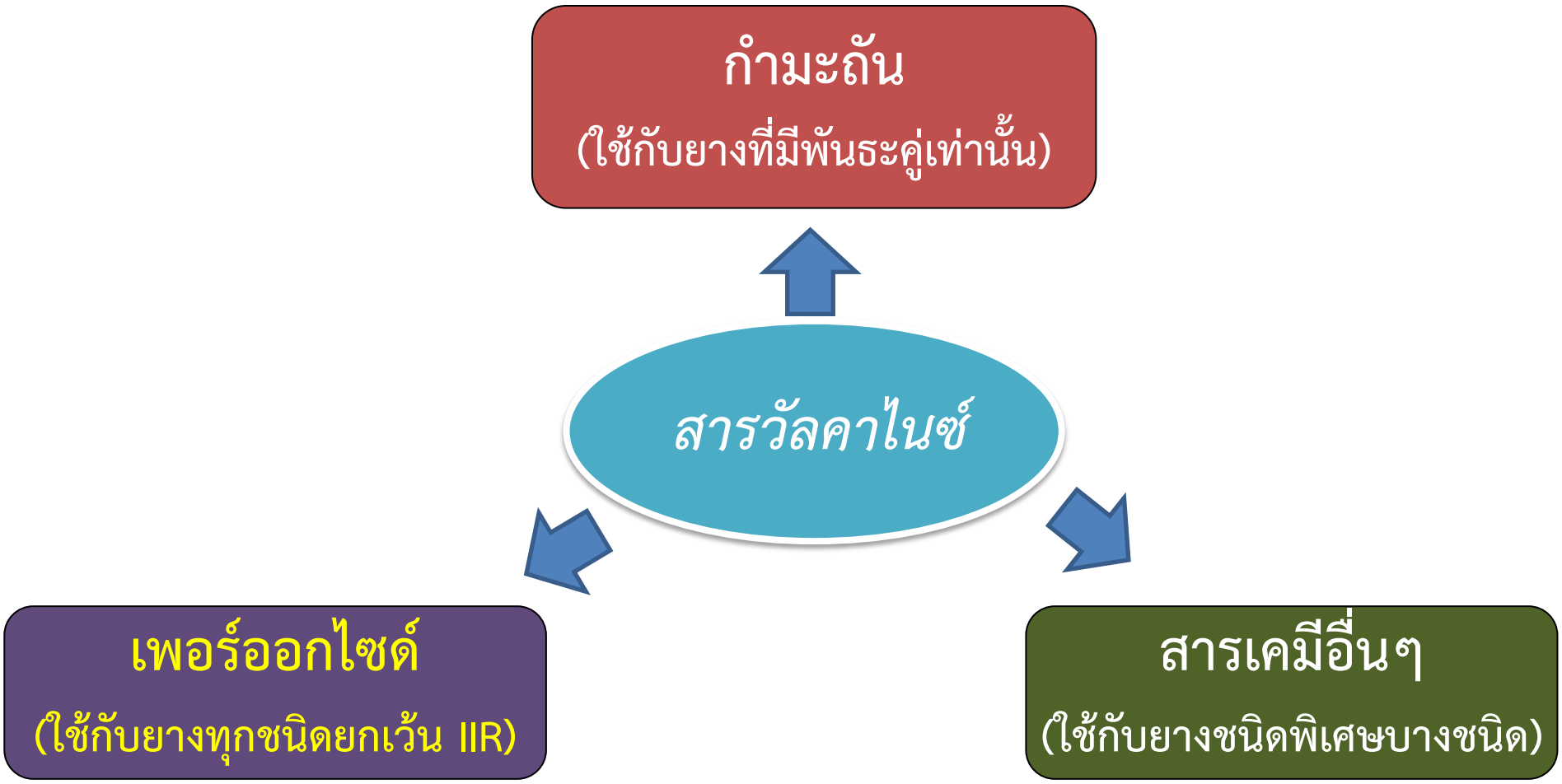
2. สารวัลคาไนซ์

สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า ***ปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันหรือปฏิกิริยาคงรูป*** ซึ่งจะส่งผลให้โมเลกุลยางเกิดการเชื่อมโยงเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ



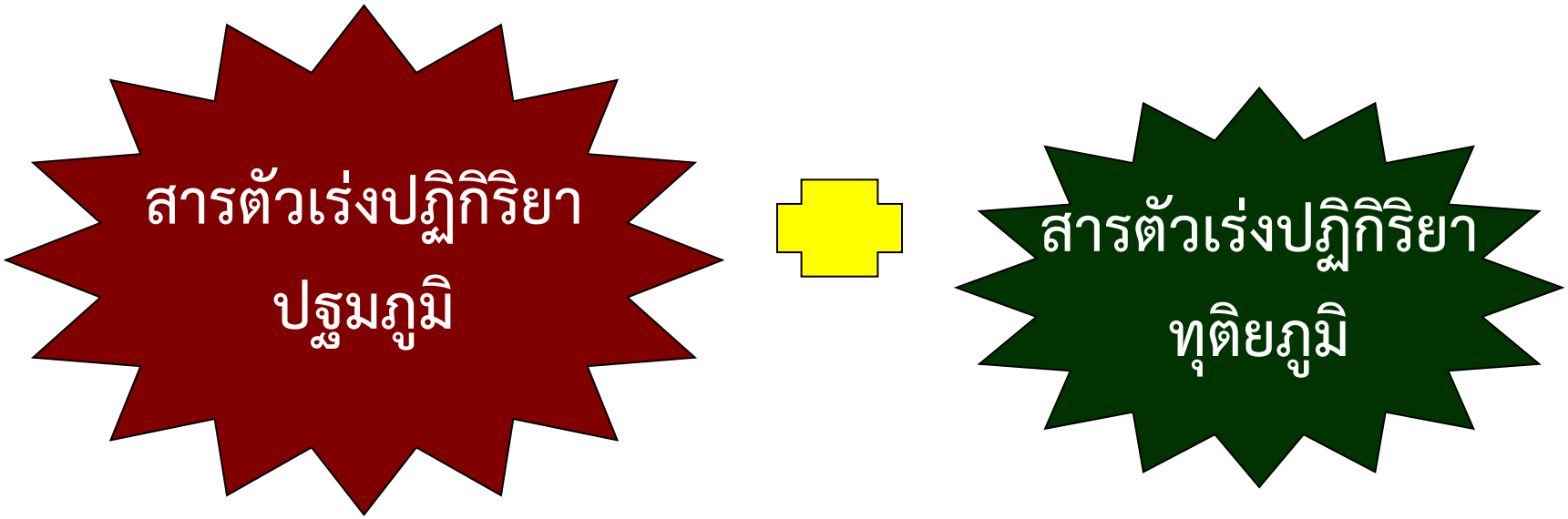
ก่อนการวัลคาไนซ์ หลังการวัลคาไนซ์

2. สารวัลคาไนซ์

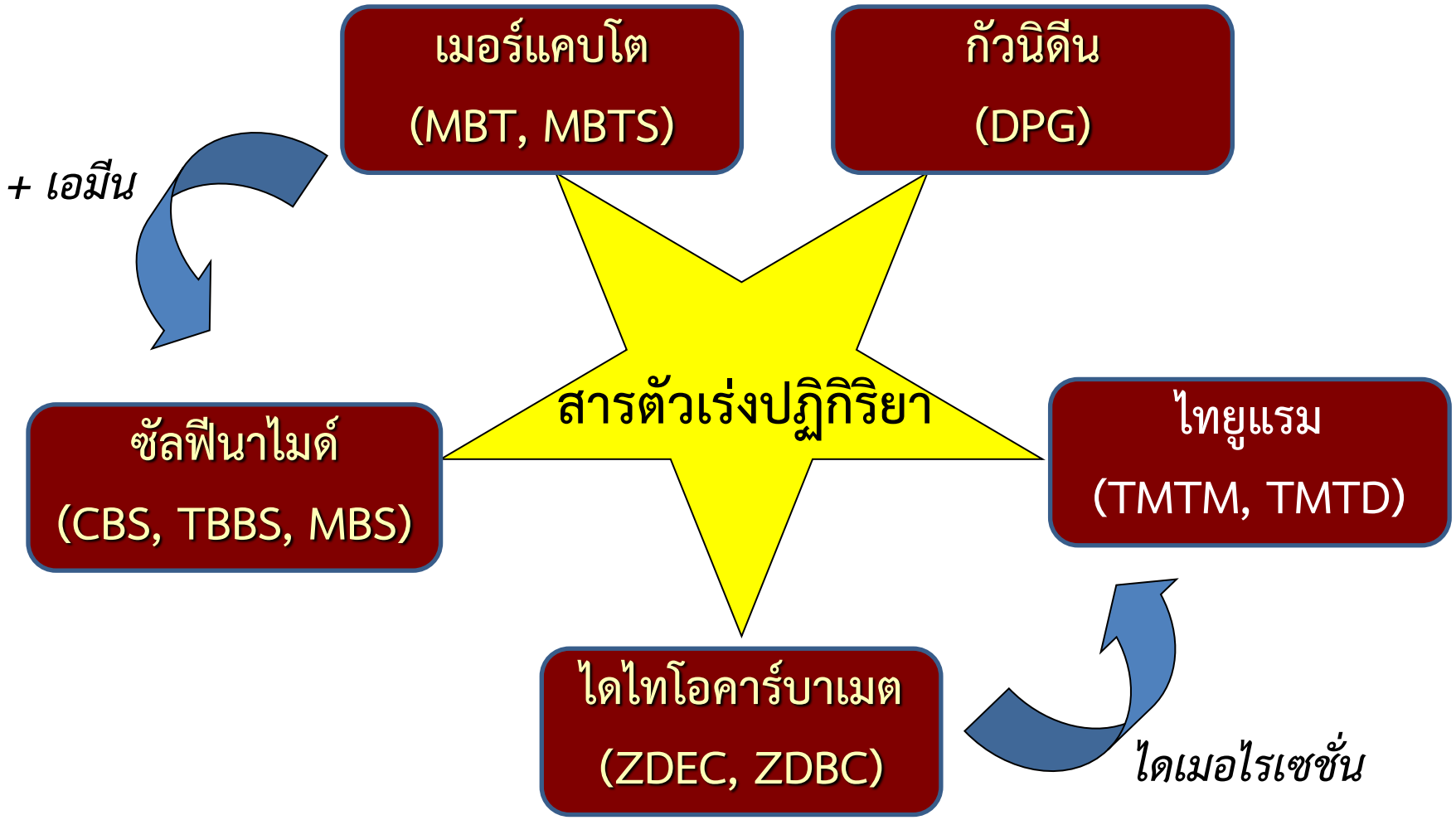


3. สารตัวเร่งปฏิกิริยา

- ทำหน้าที่เพิ่มอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา
- จำเป็นต้องใช้ในการคงรูปด้วยระบบกำมะถันเท่านั้น
- ส่วนใหญ่นิยมใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยามากกว่า 1 ชนิด เพื่อให้เกิดผลแบบเสริม

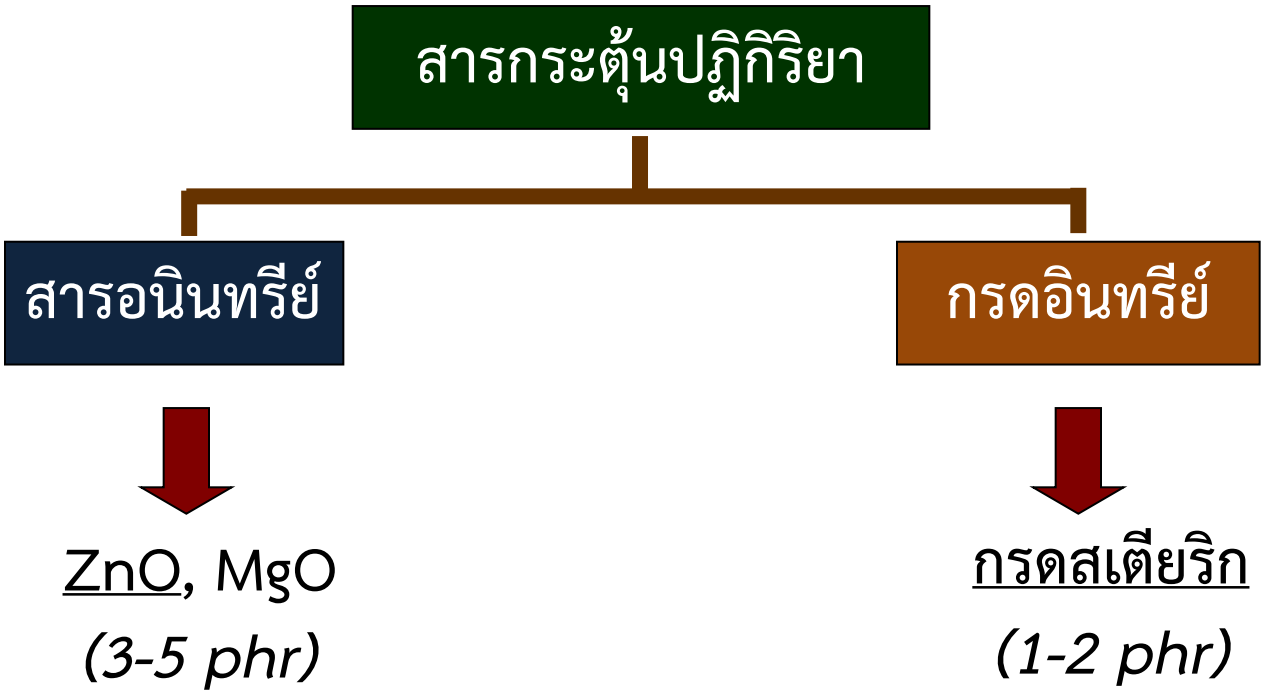


3. สารตัวเร่งปฏิกิริยา



4. สารกระตุ้น

สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อกระตุ้นให้สารตัวเร่งปฏิกิริยาทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

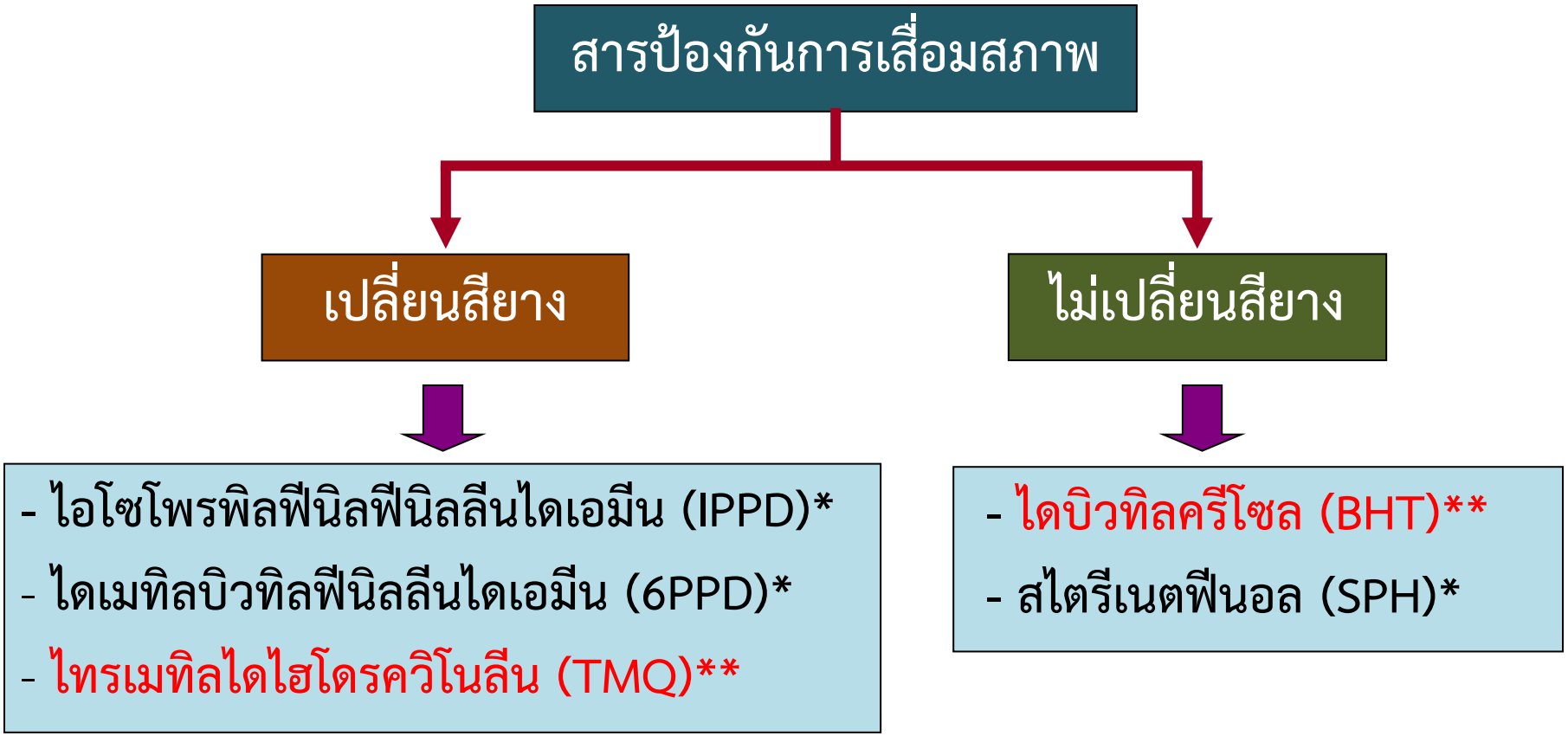


5. สารป้องกันการเสื่อมสภาพ

สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของยางจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน ออกซิเจน และโอโซน เป็นต้น

- จำเป็นต้องใช้ในยางที่มีพันธะคู่อยู่ในสายโซ่หลักของโมเลกุล
- อาจเติมสารเคมีในกลุ่มนี้ >1 ชนิดเพื่อให้ทำงานร่วมกันแบบเสริม

5. สารป้องกันการเสื่อมสภาพ



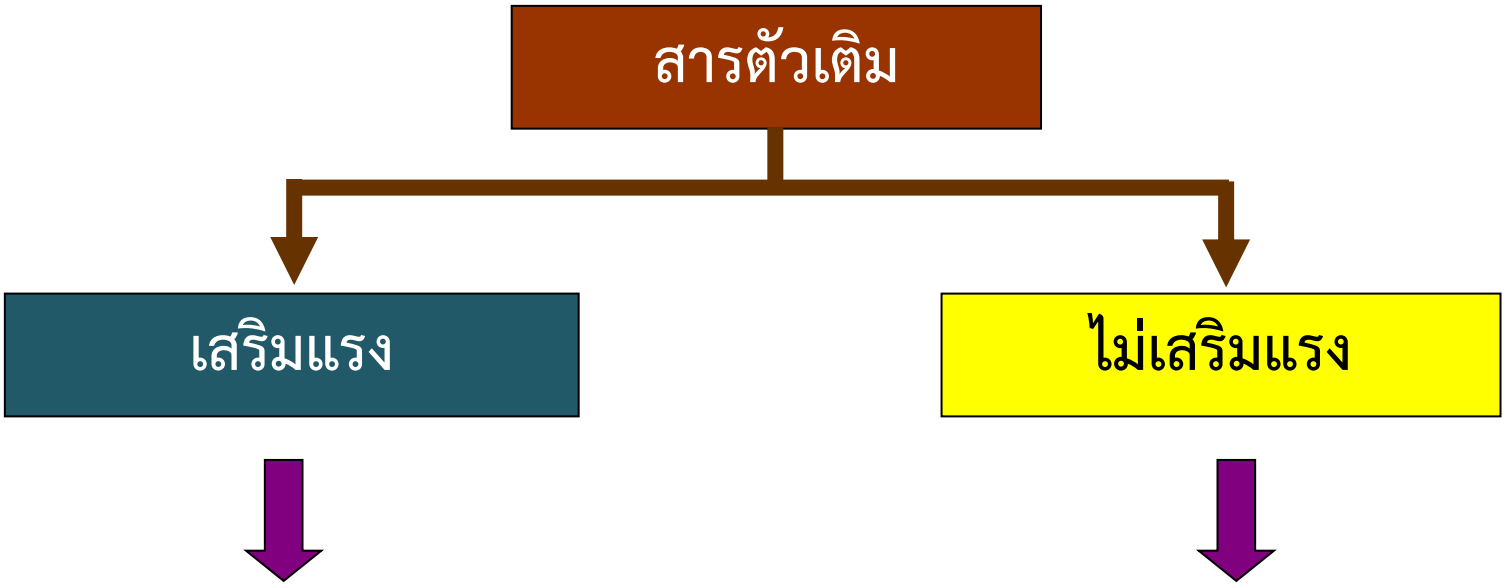
* ป้องกันจากออกซิเจนและโอโซน

** ป้องกันจากออกซิเจนเท่านั้น

6. สารตัวเติม

องค์ประกอบที่เติมลงไปในยางเพื่อเสริมแรงให้ยางมีสมบัติเชิงกลดีขึ้นและเพื่อลดต้นทุนการผลิต

6. สารตัวเติม



- เขม่าดำ (carbon black)
- ซิลิกา (silica)

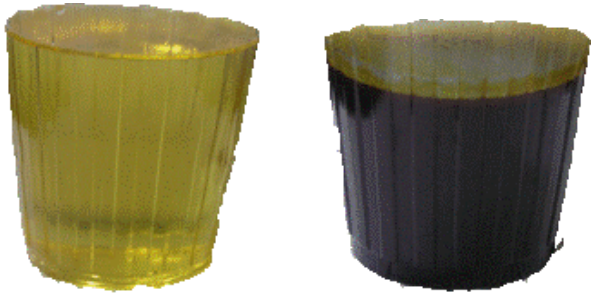
- ดินขาว (clay)
- ทัลคัม (talcum)
- แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

7. พลาสติไซเซอร์หรือน้ำมัน

องค์ประกอบที่เติมลงไปเพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้ยางนิ่ม ไหลได้ง่าย และช่วยทำให้สารตัวเติมกระจายตัวได้ดียิ่งขึ้น

7. พลาสติไซเซอร์หรือน้ำมัน

ชนิดของสารทำให้ยางนิ่ม



- น้ำมันมิเนอรัล (mineral oil)
  - น้ำมันพาราฟินนิก
  - น้ำมันแนพเธนิก
  - น้ำมันอะโรมาติก
- น้ำมันสังเคราะห์ เช่น DOP

7. พลาสติไซเซอร์หรือน้ำมัน

ตารางแสดงความเข้ากันได้ของน้ำมันและยางชนิดต่าง ๆ

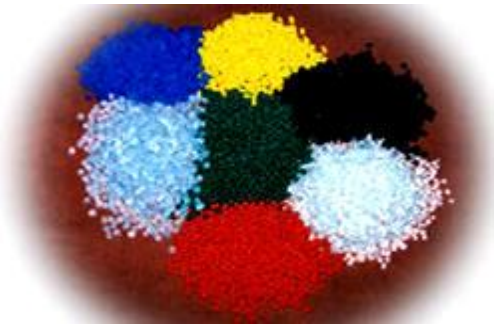
	NR	SBR	BR	NBR	CR	Q	EPDM	IIR
พาราฟินนิก	+	+	+	-	-	-	+	+
แนพเธนิก	+	+	+	0	0	-	+	0
อะโรมาติก	+	+	+	+	+	-	0	-

<u>หมายเหตุ</u> : + เข้ากันได้ดี - ไม่เข้ากัน 0 เข้ากันได้ในบางสภาวะ

8. สารเคมีอื่นๆ

8.1 สารเพิ่มความเหนียวติด (tackifier)

8.2 สี (pigment)



8.3 สารทำให้เกิดฟอง (blowing agent)

8.4 สารป้องกันการลามไฟ (flame retardant)

ตัวอย่างสูตรเคมี

ดอกยางรถยนต์โดยสาร (Uniroyal)

องค์ประกอบ	หน้าที่	ปริมาณ (phr)
ยางสไตรีนบิวทาไดอีน (S-SBR)	ยาง	70
ยางบิวทาไดอีน (BR)	ยาง	30
ซิงก์ออกไซด์	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	3
กรดสเตียริก	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	1.5
เขม่าดำ (N234)	สารตัวเติม	55
น้ำมันอะโรมาติก	พลาสติไซเซอร์	20
6PPD	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	2
ไข	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	0.5
TBBS	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	1
DPG	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	0.4
กำมะถัน	สารวัลคาไนซ์	1.8

ตัวอย่างสูตรเคมี

ยางรองแท่นเครื่อง

องค์ประกอบ	หน้าที่	ปริมาณ (phr)
ยางธรรมชาติ (NR)	ยาง	100
ซิงก์ออกไซด์	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	5
กรดสเตียริก	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2
เขม่าดำ (N990)	สารตัวเติม	35
น้ำมันแนพเธนิก	พลาสติไซเซอร์	2.5
6PPD	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	2
ไข	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	2
TBBS	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	2.25
TMTD	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	0.2
กำมะถัน	สารวัลคาไนซ์	1.0

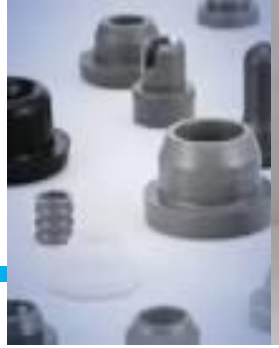
ตัวอย่างสูตรเคมี

โอริง (Enichem)

องค์ประกอบ	หน้าที่	ปริมาณ (phr)
ยางไนไตร์ล (NBR)	ยาง	100
ซิงก์ออกไซด์	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	3
เขม่าดำ (N550)	สารตัวเติม	30
เขม่าดำ (N762)	สารตัวเติม	45
น้ำมัน DOP	พลาสติไซเซอร์	9
MBI	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	2
TMQ	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	2
เพอร์ออกไซด์ (Dicup 40)	สารวัลคาไนซ์	4.9

ตัวอย่างสูตรเคมี

ฝาปิดขวดยา (Flexsys)



องค์ประกอบ	หน้าที่	ปริมาณ (phr)
ยางธรรมชาติ (NR, pale crepe)	ยาง	100
ซิงก์ออกไซด์	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	1.5
กรดสเตียริก	สารกระตุ้นปฏิกิริยา	0.5
แบเรียมซัลเฟต	สารตัวเติม	65
ไข	สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	1.25
TMTM	สารตัวเร่งปฏิกิริยา	0.3
กำมะถัน	สารวัลคาไนซ์	1.8

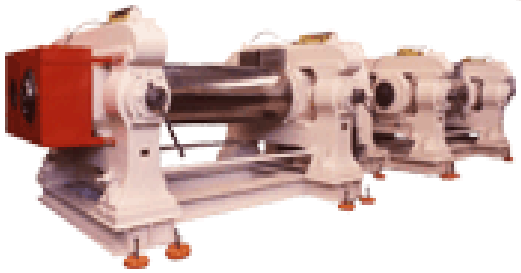
จุดประสงค์ของการผสม

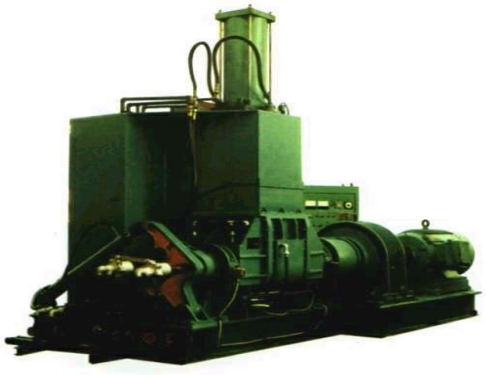
เพื่อให้ส่วนประกอบ (สารตัวเติมและสารเคมีต่างๆ) ผสมเข้าไปในเนื้อยางได้อย่างทั่วถึง มีการกระจายตัว (distribution) และการแตกตัว (dispersion) ที่ดี

การผสมยาง (Mixing)

เครื่องผสมยาง

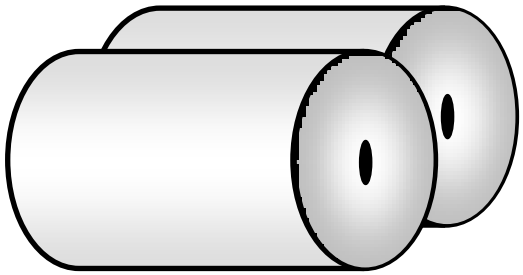
- เครื่องผสมระบบเปิด
  - เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง
- เครื่องผสมระบบปิด
  - แบนบูรี่
  - อินเตอร์มิกซ์

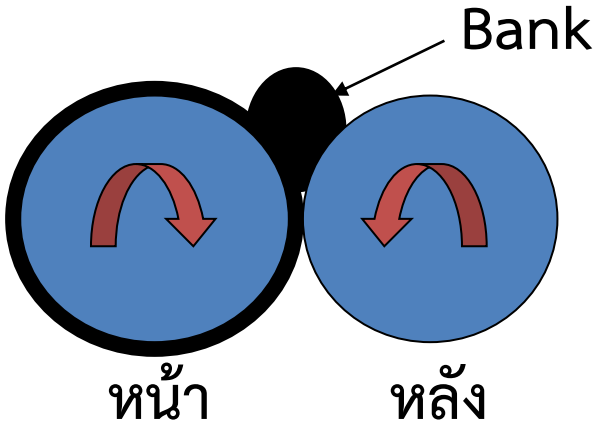




เครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง (Two-roll Mill)

- ลูกกลิ้ง 2 ลูกหมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากันจึงก่อให้เกิดแรงเฉือน
- เริ่มด้วยการบดยางให้นิ่ม เมื่อยางอ่อนและพันรอบลูกกลิ้งแล้ว จึงเติมสารเคมีต่างๆ ลงไปบน Bank

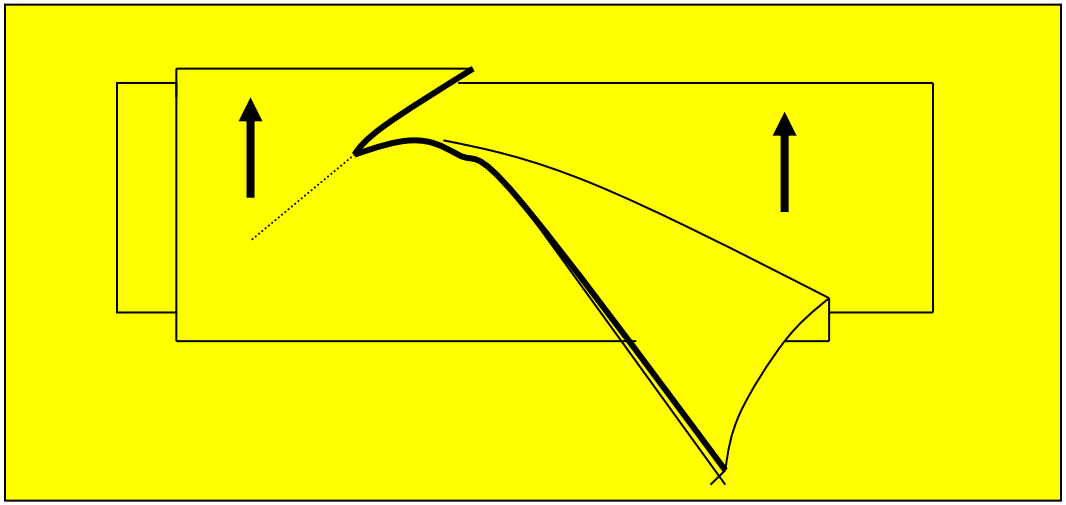




การผสมยาง (Mixing)

การเติมสารเคมีลงบน Bank

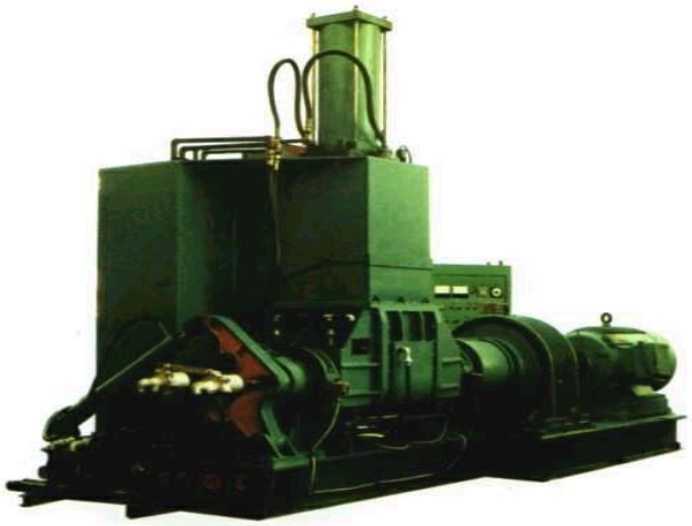
การผสมยาง (Mixing)

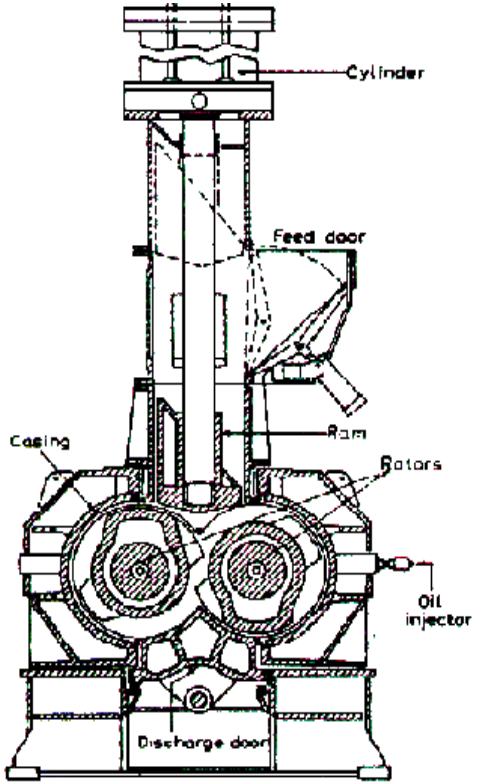


ในระหว่างการผสม ต้องกรีดและพับ-ไขว้
เพื่อทำให้สารเคมีกระจายตัวได้ดียิ่งขึ้น

เครื่องผสมระบบปิด (Internal Mixer)

- เครื่อง Internal mixer เป็นเครื่องผสมยางที่นิยมใช้มากที่สุด





การผสมยาง (Mixing)

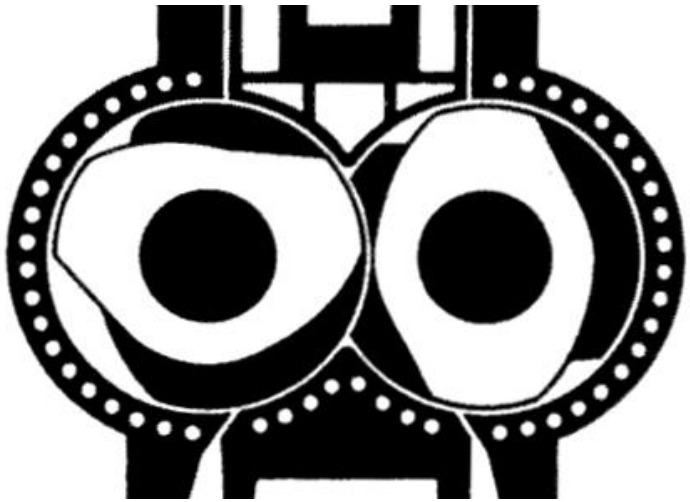
เครื่องผสมระบบปิดแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ:

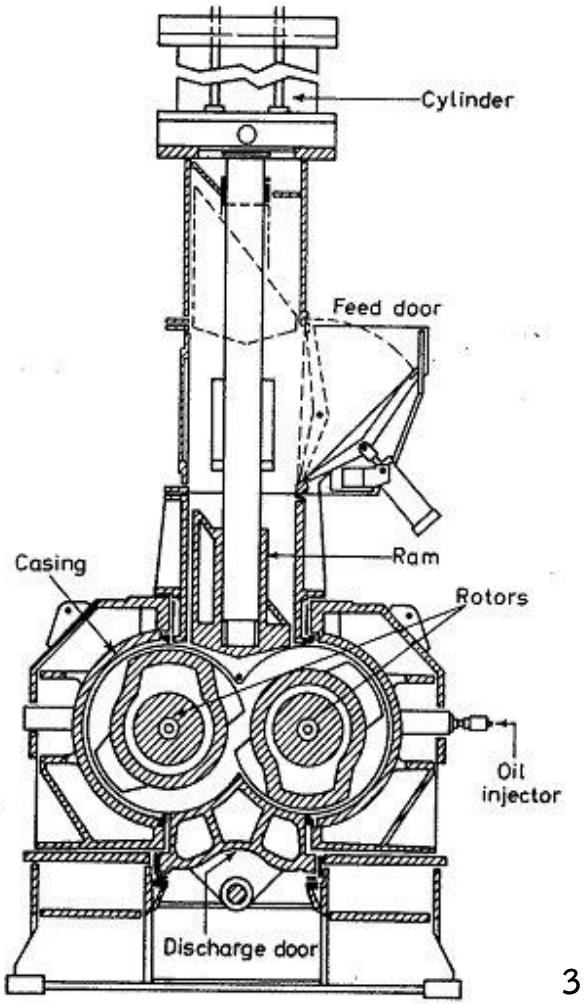
1. เครื่องแบนบูรี่ (Banbury-type Internal Mixer)

- โรเตอร์เป็นแบบ “non-intermeshing rotor”
- โรเตอร์มีขนาดเล็ก => batch size ใหญ่

2. เครื่องอินเตอร์มิกซ์ (Intermix-type Internal Mixer)

- โรเตอร์เป็นแบบ “intermeshing rotor”
- โรเตอร์มีขนาดใหญ่ => batch size เล็ก





การผสมยาง (Mixing)

ตัวอย่างลำดับการผสมเคมียาง

บดยางให้นิ่ม

↓

เติมซิงก์ออกไซด์ + กรดสเตียริก + ไข + ยากันเสื่อม + สารตัวเติม
ส่วนน้ำมันอาจเติมในช่วงท้าย แต่ถ้าใส่สารตัวเติมมาก ก็อาจแบ่งเติมในช่วงต้น

↓

กำมะถัน + สารตัวเร่ง

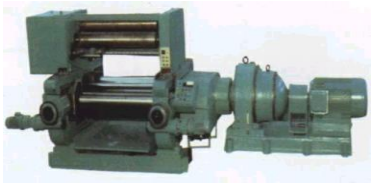
↓

รีดแผ่นและทำให้เย็น

**ควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของยางสูงเกินไป*

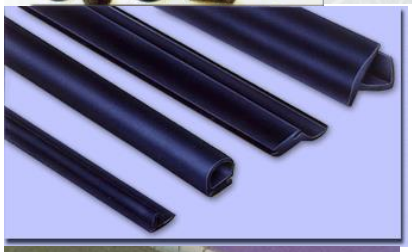
สรุปขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

ยางและสารเคมี → เครื่องผสม → ลูกกลิ้ง → การขึ้นรูป

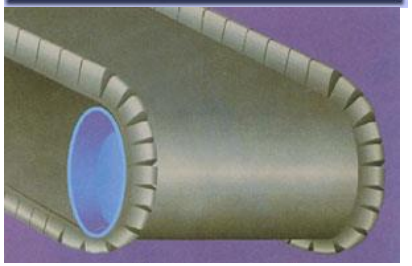


การขึ้นรูป → แม่พิมพ์

การขึ้นรูป → อัดผ่านดาย → อบคงรูป



การขึ้นรูป → เครื่องคาเลนเดอร์ → อบคงรูป



The END

ขอบคุณครับ