ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247013

ผลของโครงสร้างทางสังคมของชุมชนที่มีต่อการรับเทคโนโลยีการเรียนรู้

นายกฤษดา ใยเขียด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

b00251689

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247013

ผลของโครงสร้างตาข่ายของยางธรรมชาติที่มีต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

นายคณิศร ใจเอื้อ วศ.บ. (ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รศ. ดร. นพวรรณ ชนัญพานิช)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ศ. ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ)

..... กรรมการ
(รศ. ดร. เบญจภรณ์ ประภักดี)

..... กรรมการ
(ผศ. ดร. ณฐินี โล่ห์พัฒนานนท์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของโครงสร้างตาข่ายของยางธรรมชาติที่มีต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
หน่วยกิต	15
ผู้เขียน	นายคณิศร ใจเอื้อ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ. ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
สายวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2554

247013

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระบบการคงรูปยางธรรมชาติ ดังนี้ ระบบการคงรูปแบบดั้งเดิม (ซีวี) แบบกึ่งประสิทธิภาพ (เซมิอีวี) และแบบประสิทธิภาพ (อีวี) ที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในวิจัยนี้คือ สารละลาย 2–Hydroxypropyl–3–Piperazinyl–Quinoline carboxylic acid Methacrylate (เอชพีคิวเอ็ม) ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และอนุภาคซิลเวอร์ตรึงอยู่บนซีโอไลต์ (เอสเอสแซด) ปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 5 ส่วนในยางร้อยส่วน เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ คือ *Escherichia coli* (*E. coli*) และ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ผลการวิจัยพบว่า ยางคอมปาวด์ระบบอีวี สามารถแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณสารไดฟีนิลกัวนิดีนที่มากกว่าในระบบซีวี และเซมิอีวี โดยการแพร่ของสารไดฟีนิลกัวนิดีนยืนยันผลโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนคลื่นแสง ส่วนการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดในยางคอมปาวด์ทั้ง 3 ระบบ พบว่า การเพิ่มปริมาณสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ ในยางคอมปาวด์ระบบซีวี ใช้ปริมาณ 1 ส่วนในยางร้อยส่วน ส่วนยางคอมปาวด์ระบบเซมิอีวี และอีวี ใช้ปริมาณ 3 ส่วนในยางร้อยส่วน สำหรับเชื้อ *S. aureus* ยางคอมปาวด์ระบบซีวีใช้ปริมาณ 3 ส่วนในยางร้อยส่วน ส่วนยางคอมปาวด์ระบบเซมิอีวี และอีวี ใช้ปริมาณ 5 ส่วนในยางร้อยส่วน การผสมสารชนิดเอชพีคิวเอ็ม และเอสเอสแซด ในชิ้นงานยางคอมปาวด์ระบบซีวีมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงสุด เนื่องจากสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสามารถแพร่ออกมาที่ผิวชิ้นงานมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่ามุมสัมผัสที่ลดลง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารชนิดเอชพีคิวเอ็ม และเอสเอสแซดที่ผสมในยางคอมปาวด์ เมื่อทดสอบด้วยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่า เอชพีคิวเอ็มมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้

247013

ดีกว่าเอสเอสแซด ในขณะที่ผลการทดสอบค่าร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย แสดงให้เห็นว่าสารเอชพีดิวเอ็ม มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดี เมื่อผสมในยางคอมปาวด์ระบบซีวี ส่วนสารเอสเอสแซด สามารถแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี เมื่อผสมอยู่ในยางคอมปาวด์ระบบเซมิอีวี และอีวี

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ / ระบบการคงรูปยางธรรมชาติ / สารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Thesis Title	Effect of Crosslink Structure of Natural Rubber on Antibacterial Activity
Thesis Credits	15
Candidate	Mr. Kanisorn Jai-eau
Thesis Advisor	Prof. Dr. Narongrit Sombatsompop
Program	Master of Engineering
Field of Study	Materials Technology
Department	Materials Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2554

247013

Abstract

This work studied the effect of vulcanizing systems [Conventional vulcanization (CV), Semi-efficient vulcanization (Semi-EV) and Efficient vulcanization (EV)] on antibacterial performance of natural rubber (NR) compounds. 2–Hydroxypropyl–3–Piperazinyl–Quinoline carboxylic acid Methacrylate 10 percents (HPQM) and silver substituted zeolite (SSZ) at loadings from 0 to 5 parts per hundred rubber (phr) were used against *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). The halo test and plate count agar methods were employed to assess the percentage of bacterial survival. The results suggested that EV system without antibacterial agent could exhibit an antibacterial performance due to presence of Diphylgunidine in semi-EV and EV systems. The diffusion of Diphylgunidine to kill the bacteria was proven via spectrophotometer. Increasing the HPQM and SSZ in NR vulcanizates resulted in appearance of inhibition zone and the efficacies of anti-bacterial. The minimum quantity of the both antibacterial agents for *E. coli* was 1 phr for the CV system and 3 phr for the semi-EV and EV systems, whereas those for *S. aureus* was for the CV system and 3 phr for the semi-EV, and 5 phr for the EV system. HPQM and SSZ compounded in CV had most satisfactory antibacterial efficacies, this being supported by contact angle. Overall results suggested that the HPQM performed better antibacterial than the SSZ. HPQM exhibited the most satisfactory anti-bacterial efficacy for the CV system whereas SSZ was most suitable for the semi-EV and EV systems.

Keywords: Antibacterial agent / Natural rubber / Vulcanizing systems

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความรู้ คำแนะนำต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาระหว่างการดำเนินงานวิจัย รวมถึงการได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆในการทำงานจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ. ดร. ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านในสายวิชาเทคโนโลยีวัสดุที่ให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ. เอกชัย วิมลมาลา และคุณอภิสิทธิ์ โฆษิตชัยยงค์ นักวิจัยคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านอันได้แก่ รศ. ดร. นพวรรณ ชนัญพานิช ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ รศ. ดร. เบญจภรณ์ ประภักดี คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผศ. ดร. ณฐินี โล่ห์พัฒนานนท์ ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ได้สละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ ข้อแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา (Medium Projects on Rubber; MPR) ปี 2552 สำหรับความอนุเคราะห์เรื่องทุนวิจัย บริษัท Ciba Specialty Chemicals จำกัด (ประเทศไทย) สำหรับความอนุเคราะห์วัสดุในการวิจัย ขอขอบคุณ กลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ (P-PROF) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม-ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์และทดสอบ ขอขอบคุณ เพื่อน ๆและพี่ ๆทุกคน รวมถึงสมาชิกกลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งแรงกาย และแรงใจในการทำงาน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวสำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ เสมอมา

ประโยชน์อันใดที่ก่อเกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ง
กิตติกรรมประกาศ		จ
สารบัญ		ฉ
รายการตาราง		ญ
รายการรูปประกอบ		ฏ
รายการสัญลักษณ์		ฒ
ประมวลศัพท์และคำย่อ		ณ
บทที่		
1. บทนำ		
1.1	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4	วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป	3
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		
2.1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับยางธรรมชาติ	5
2.2	ทฤษฎีการคงรูปของยางธรรมชาติ	9
2.2.1	ระบบการคงรูปยางด้วยกำมะถัน	9
2.2.2	ชนิดของกำมะถัน	10
2.2.3	กลไกการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปด้วยระบบที่ใช้กำมะถัน	10
2.2.4	ระบบการคงรูปยางด้วยเพอร์ออกไซด์	13
2.2.5	การบดผสมยางและสารเคมีคงรูปยาง	14
2.3	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย	14
2.4	การเจริญของแบคทีเรีย	18
2.4.1	การวัดการเจริญของแบคทีเรียโดยตรง	18

หน้า

2.4.2 การวัดการเจริญของแบคทีเรียโดยอ้อม 21
2.5 สารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 22
2.5.1 2–Hydroxypropyl–3–Piperazinyl–Quinoline carboxylic acid Methacrylate (HPQM) 22
2.5.2 ซิลเวอร์ตรึงอยู่บนซีโอไลท์ซิลเวอร์ 22
2.6 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย 23
2.6.1 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเชิงคุณภาพด้วยการวัดบริเวณการยับยั้งเชื้อ 23
2.6.2 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียเชิงปริมาณด้วยเทคนิค Plate count agar method 24
2.7 กลไกการออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 25
2.8 การวัดมุมสัมผัส 25
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

3. วัตถุดิบและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 31
3.2 สารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อแบคทีเรียสำหรับทดสอบ 32
3.3 สารเคมีสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและสารเคมีทั่วไป 33
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปและใช้ในห้องปฏิบัติการ 34
3.5 การดำเนินงานวิจัย 35
3.6 การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ 36
3.6.1 ขั้นตอนการเตรียมยางคอมปาวด์ด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้งคู่และขึ้นรูปยาง 36
3.7 การทดสอบเวลาในการคงรูปยางและความหนาแน่นของพันธะข้าม 38
3.7.1 การตรวจสอบเวลาและผลต่างแรงบิดในการคงรูปยางคอมปาวด์ 38
3.7.2 การทดสอบความหนาแน่นของพันธะข้าม 39
3.8 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 39
3.8.1 กระบวนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย 39
3.8.2 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียเพื่อทดสอบ 42
3.8.3 การทดสอบบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิค Halo test 43
3.8.4 การทดสอบเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการนับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 45
3.9 การทดสอบการแพร่ออกมาของสารเคมีและสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 48

หน้า

4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 เวลาในการคงรูปยางคอมปาวด์ 50

4.1.1 เวลาในการคงรูปยางของยางคอมปาวด์ทั้ง 3 ระบบ ที่ร้อยละ 90 50

4.2 ผลต่างแรงบิดและความหนาแน่นของพันธะข้ามของยางคอมปาวด์ 51

4.2.1 ผลต่างแรงบิดของการคงรูปยางคอมปาวด์ทั้ง 3 ระบบ 51

4.2.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นของพันธะข้ามของยางคอมปาวด์ 53

4.3 ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางคอมปาวด์ด้วยวิธี Halo test 54

4.4 ผลการทดสอบเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการนับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 57

4.4.1 การทดสอบเชิงปริมาณของยางคอมปาวด์ที่ไม่ได้ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 57

4.4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อของสารเคมีที่ใช้คงรูปยางคอมปาวด์ด้วยเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* 59

4.4.3 การทดสอบเชิงปริมาณของยางคอมปาวด์ 3 ระบบ ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ ด้วยเชื้อ *E. coli* 63

4.4.4 การทดสอบเชิงปริมาณของยางคอมปาวด์ 3 ระบบ ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ ด้วยเชื้อ *S. aureus* 66

4.5 ผลการทดสอบการแพร่ออกมาของสารเคมี 69

4.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 72

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 ผลการทดสอบเวลาในการคงรูปยาง ผลต่างแรงบิด และความหนาแน่นของพันธะข้าม 75

5.2 ผลการทดสอบบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของยางคอมปาวด์ 75

5.3 ผลการทดสอบเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการนับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 75

5.4 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง 77

ภาคผนวก

ก. เวลาในการคงรูปของยางคอมปาวด์ที่ร้อยละ 90 82

ข. ผลต่างแรงบิดของการคงรูปยางคอมปาวด์ทั้ง 3 ระบบ 84

ค. ผลการทดสอบความหนาแน่นของพันธะข้ามของยางคอมปาวด์ 86

หน้า

ภาคผนวก (ต่อ)

ง. ผลการทดสอบเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการนับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย 88

ประวัตินักวิจัย 93

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบของยางแห้งโดยทั่วไป	7
2.2	การเปรียบเทียบสมบัติพื้นฐานของกำมะถันทั้ง 2 ชนิด	10
2.3	ผลทางเทคนิคของตัวเร่งปฏิกิริยาในยางธรรมชาติ	11
2.4	ความแตกต่างของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ	17
3.1	วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการคงรูปยางคอมปาวด์	31
3.2	สารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อแบคทีเรีย	32
3.3	สารเคมีสำหรับทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและสารเคมีทั่วไป	33
3.4	เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับขึ้นรูปและใช้ในห้องปฏิบัติการ	34
3.5	ส่วนประกอบของสารประกอบยาง	36
4.1	บริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* และ *S. aureus* ของยางคอมปาวด์ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ	56
4.2	ปริมาณสารเคมีสำหรับการคงรูปยางธรรมชาติในการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	59
4.3	สรุปผลการทดสอบด้วยวิธี Plate count agar method	68
4.4	ค่ามุมสัมผัสของยางคอมปาวด์ที่ไม่ผสมและผสมสารยับยั้งเชื้อชนิด HPQM และ SSZ	69
4.5	ราคาสารเคมีที่ใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ 3 ระบบที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM	73
4.6	ราคาสารเคมีที่ใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ 3 ระบบที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด SSZ	74
ก.1	เวลาในการคงรูปของยางคอมปาวด์ที่ร้อยละ 90	83
ข.1	ผลต่างแรงบิดของการคงรูปยางคอมปาวด์ทั้ง 3 ระบบ	85
ค.1	ผลการทดสอบความหนาแน่นของพันธะข้ามของยางคอมปาวด์	87
ง.1	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* ทดสอบแบบเขย่าด้วยสารเคมีที่ใช้ในการคงรูปยางคอมปาวด์ ที่เวลา 240 นาที	89
ง.2	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ทดสอบแบบเขย่าด้วยยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV โดยไม่มีการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM ที่เวลา 0-240 นาที	89
ง.3	ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ทดสอบแบบเขย่าด้วยยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV โดยไม่มีการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด SSZ ที่เวลา 0-240 นาที	90

ง.4 ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ทดสอบแบบเขย่าด้วยยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV โดยไม่มีการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM ที่เวลา 0-240 นาที 91

ง.5 ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ทดสอบแบบเขย่าด้วยยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV โดยไม่มีการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด SSZ ที่เวลา 0-240 นาที 92

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
1.1	ผลิตภัณฑ์แผ่นยาง	1
2.1	โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	5
2.2	โครงสร้างทางเคมีของ 2-O-methyl-L-inositol	8
2.3	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปด้วยกำมะถัน	12
2.4	โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบต่าง ๆ ของกำมะถัน	12
2.5	ส่วนประกอบของ Typical prokaryotic cell	15
2.6	การวัดการเจริญแบคทีเรียด้วยวิธี Direct microscopic count โดยใช้ Petroff Hausser slide counting chamber	19
2.7	การวัดการเจริญของแบคทีเรียโดยวิธี Dilution plate count วิธีการทำ Serial dilution และเพาะเลี้ยงบนอาหาร	20
2.8	การทำ Dilution plate count โดยวิธี Pour plate และ Shake plate เปรียบเทียบกับวิธี Spread plate	20
2.9	การวัดค่าความขุ่นของเซลล์แบคทีเรียโดยวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสง หรือปริมาตรที่แสงส่องผ่าน	21
2.10	การทดสอบบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	24
2.11	การวัดมุมสัมผัส	26
3.1	ผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวม	35
3.2	เครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่	37
3.3	เครื่องอัดขึ้นรูปร้อนระบบแรงดัน	37
3.4	เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง	38
3.5	ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	40
3.6	ขั้นตอนการอบไล่ไอน้ำและเทอาหารเลี้ยงเชื้อ	41
3.7	อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เทบนจานเพาะเชื้อ	41
3.8	การกระจายเชื้อแบคทีเรียเป็น Single colony	42
3.9	ขั้นตอนการบ่มเชื้อ	42
3.10	ขั้นตอนการเตรียมเชื้อในหลอดทดลอง	43
3.11	เครื่องวัดดัชนีความขุ่นของเชื้อทดสอบ	44
3.12	ตำแหน่งการวางชิ้นงานทดสอบ	45

รูป (ต่อ) หน้า

3.13 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อด้วยเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ 46
3.14 หลอดเก็บตัวอย่างสำหรับใช้เจือจางเชื้อ 47
3.15 ขั้นตอนการลงเชื้อทดสอบ 47
4.1 เวลาในการคงรูปยางที่ร้อยละ 90 ของยางที่คงรูประบบต่าง ๆ ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ 50
4.2 ผลต่างแรงบิดของการคงรูปยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV ที่ไม่ผสมและผสมสาร HPQM และ SSZ 51
4.3 ลักษณะการเชื่อมโยงของกำมะถันที่เกิดขึ้นในการคงรูปยางคอมปาวด์โดยใช้ยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV 52
4.4 ความหนาแน่นของพันธะข้ามของการคงรูปยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV ที่ไม่ผสมและผสมสาร HPQM และ SSZ 53
4.5 การเกิดบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *E. coli* ของยางคอมปาวด์ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ 54
4.6 การเกิดบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *S. aureus* ของยางคอมปาวด์ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด HPQM และ SSZ 55
4.7 ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* จากการทดสอบเชิงปริมาณ 58
4.8 ร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* ที่ทดสอบแบบเขย่าด้วยยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV โดยไม่มีการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ที่เวลา 0-240 นาที 58
4.9 ร้อยละของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ที่ทดสอบแบบเขย่าด้วยสารเคมีที่ใช้ในการคงรูปยางคอมปาวด์ ที่เวลา 240 นาที 60
4.10 ร้อยละของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ที่ทดสอบแบบเขย่าด้วยสารเคมีที่ใช้ในการคงรูปยางคอมปาวด์ ที่เวลา 240 นาที 61
4.11 ช่วงการดูดกลืนคลื่นแสงอัลตราไวโอเลตของสารเคมีคงรูปยางและสารเคมีที่แพร่จากยางคอมปาวด์ระบบ EV ด้วยเครื่อง Spectrophotometer 62
4.12 ร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ที่ผ่านการทดสอบแบบเขย่ากับยางคอมปาวด์ผสมสาร HPQM ปริมาณ 1, 3 และ 5 phr ที่เวลา 0-240 นาที โดยใช้ยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV 63

รูป (ต่อ) **หน้า**

4.13 ร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ที่ผ่านการทดสอบแบบเขย่ากับยางคอมปาวด์ผสมสาร SSZ ปริมาณ 1, 3 และ 5 phr ที่เวลา 0-240 นาที โดยใช้ยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV 64

4.14 ร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ที่ผ่านการทดสอบแบบเขย่ากับยางคอมปาวด์ผสมสาร HPQM ปริมาณ 1, 3 และ 5 phr ที่เวลา 0-240 นาที โดยใช้ยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV 66

4.15 ร้อยละการอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ที่ผ่านการทดสอบแบบเขย่ากับยางคอมปาวด์ผสมสาร SSZ ปริมาณ 1, 3 และ 5 phr ที่เวลา 0-240 นาที โดยใช้ยางคอมปาวด์ระบบ CV, Semi-EV และ EV 67

รายการสัญลักษณ์

T_g	=	อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว
$^{\circ}C$	=	องศาเซลเซียส
%T	=	ปริมาณแสงที่ส่องผ่านตัวอย่างไปตกกระทบเครื่องตรวจจับ
D_B	=	บริเวณยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์
θ	=	ค่ามุมสัมผัส
OD_{600}	=	ดัชนีความขุ่นที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
μl	=	ไมโครลิตร
ml	=	มิลลิลิตร
tc_{90}	=	เวลาในการคงรูปยางที่ร้อยละ 90
dT	=	ค่าผลต่างแรงบิดสูงสุด และแรงบิดต่ำสุด
V_r	=	สัดส่วนโดยปริมาตรของยางในยางที่บวมตัว
V_s	=	ปริมาตรต่อโมลของตัวทำละลาย หรือปริมาตรตัวทำละลาย 1 โมล
χ	=	ค่าพารามิเตอร์ของแรงที่กระทำกันระหว่างยางกับสารละลาย
η_{swell}	=	ปริมาณความหนาแน่นของพันะข้ามของยาง (โมลต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
f	=	ฟังก์ชันของการเชื่อมโยงสายโซ่โมเลกุล
C_1 , C_2	=	ค่าดัชนีความขุ่นที่วัดได้จากเชื้อที่ได้เตรียมไว้ และค่าดัชนีความขุ่นที่ใช้ทดสอบ ตามลำดับ
V_1 , V_2	=	ปริมาตรของเชื้อที่เตรียมไว้ และปริมาตรของเชื้อที่ต้องการใช้ในการทดสอบ ตามลำดับ
rpm	=	รอบต่อนาที
A	=	จำนวนกลุ่มแบคทีเรียโดยเฉลี่ย (โคโลนี)
n	=	จำนวนครั้งการเจือจาง
B	=	ปริมาตรสารละลายแบคทีเรีย (มิลลิลิตร)
g	=	กรัม
mg	=	มิลลิกรัม

ประมวลศัพท์และคำย่อ

NR	=	ยางธรรมชาติ
CV	=	ระบบการคงรูปแบบดั้งเดิม
Semi-EV	=	ระบบการคงรูปแบบกึ่งประสิทธิภาพ
EV	=	ระบบการคงรูปแบบประสิทธิภาพ
HPQM	=	2–Hydroxypropyl–3–Piperazinyl–Quinoline carboxylic acid Methacrylate
SSZ	=	อนุภาคซิลเวอร์ตรึงอยู่บนซีโอไลต์
phr	=	ส่วนในยางร้อยส่วน
E. coli	=	แบคทีเรียชนิด *Escherichia coli*
S. aureus	=	แบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*
ODR	=	เครื่องรีโอมิเตอร์แบบจานแกว่ง
Halo test	=	การทดสอบบริเวณการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย
PCA method	=	การทดสอบเชิงปริมาณโดยใช้วิธีการนับจำนวนเชื้อแบคทีเรีย
cfu/ml	=	โคโลนีต่อมิลลิลิตร
ASTM	=	มาตรฐานการทดสอบวัสดุประเทศสหรัฐอเมริกา
JIS	=	มาตรฐานอุตสาหกรรมประเทศญี่ปุ่น
MDPE	=	พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง
LLDPE	=	พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น
PP/Ag	=	พอลิโพรไพลีนผสมซิลเวอร์
PA/Ag	=	พอลิเอไมด์ผสมซิลเวอร์
SZ	=	ซิลเวอร์ซีโอไลท์
NBR	=	ยางไนไตร
SBR	=	ยางบิวตาไดอีน
STR 5L	=	ยางธรรมชาติตามมาตรฐานประเทศไทย เกรด 5L
MBT	=	เมอร์แคบโตเบ็นโซไทอาโซล์
DPG	=	ไดฟีนิลกัวนิดีน
NB	=	อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิดเหลว
NA	=	อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิดแข็ง
PCA	=	อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งสำหรับนับโคโลนี
DI water	=	น้ำปราศจากไอออน