นวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

นายณัฐวุฒิ พรสมุทรสินธุ์

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INNOVATION OF SILICONE WASTES RECYCLING FOR POLISHING AND CLEANING PRODUCT INDUSTRIES

Mr. Nuttawut Pornsamutsin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Technopreneurship and Innovation Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	นวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด
โดย	นายณัฐวุฒิ พรสมุทรสินธุ์
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย เอื้อวิทยาศุภร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐวุฒิ พรสมุทรสินธุ์ : นวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด (INNOVATION OF SILICONE WASTES RECYCLING FOR POLISHING AND CLEANING PRODUCT INDUSTRIES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ. กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย, 109 หน้า.

การศึกษาปฏิกิริยาการสลายตัวของซิลิโคนพอลิเมอร์แบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องจักรต้นแบบที่ได้ออกแบบมาโดยเฉพาะ และทำการเปรียบเทียบ Yield ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการรีไซเคิลด้วยกรด (H_2SO_4) และเบส (KOH) กระบวนการจะเริ่มจากปฏิกิริยา Hydrolysis ของซิลิโคนพอลิเมอร์และจะเกิดการแตกตัวของสายพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิสูงร่วมกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เครื่องจักรต้นแบบที่ทำมาจากเหล็กกล้าที่มีการให้ความร้อนผ่านส่วนฐานและใช้ใบกวนในการกวนสารเคมี สารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิลจะเป็นสารผสมของซิลิโคนที่มีโครงสร้างแบบวง โดยจะมีทั้งสิ้น 3 โครงสร้างที่เป็น Azeotrope คือ D3 D4 และ D5 โดยมีความบริสุทธิ์มากกว่า 90% นอกจากนี้ได้ทำการประเมินแผนธุรกิจและพบว่าการรีไซเคิลซิลิโคนนั้นมีต้นทุนที่ต่ำมาก หากเทียบกับราคาขายปลีกและราคาขายส่งในท้องตลาดซึ่งพบว่าราคาซิลิโคนจากการรีไซเคิลนั้นมีราคาต่ำกว่าหลายเท่าตัว และจากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่พบว่ากลุ่มตัวอย่างนั้นมีความสนใจที่จะนำผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลนี้มาทดลองใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตสินค้าจริงในระดับ R&D และให้น้ำหนักการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากปัจจัยด้านราคามากที่สุด

จากการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางการเงินด้วยเงินลงทุนทั้งสิ้น 6,889,000 บาท โดยโครงการมีระยะเวลา 5 ปี และกำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 5% ในช่วง 2 ปีแรก และโตเป็น 10% ในช่วง 2 ปีถัดมา พบว่าจะมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 2 ปี 10 เดือน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 7,333,204 บาท มีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับ 35.74%

สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม	ลายมือชื่อนิสิต .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2557	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5687198020 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORDS: SILICONE RECYCLING / DEPOLYMERIZATION OF SILOXANES / CYCLIC SILOXANES / CRACKING REACTOR

NUTTAWUT PORNSAMUTSIN: INNOVATION OF SILICONE WASTES RECYCLING FOR POLISHING AND CLEANING PRODUCT INDUSTRIES. ADVISOR: ASST. PROF. FUANGFA UNOB, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. EMERITUS ACHARA CHANDRACHAI, Ph.D., 109 pp.

The proposed process based on thermal catalytic depolymerization of silicone wastes using the specific designed cracking prototype. The yield of mixed cyclic siloxanes obtained from cracking process using acid (H_2SO_4) and base (KOH) catalysts are compared. The process starts from the hydrolysis of crosslinked silicone wastes by adding water and the cracking of the molecules of silicone wastes at high temperature using the acid or base catalyst. The prototype consists of the stainless steel pot having heating part at the bottom and agitator. The recycled product has 3 azeotropes of cyclic siloxanes which are D3, D4 and D5 structures with the purity of more than 90%. In addition from the evaluation of the business plan, the price of recycled silicone is much lower than the market price. The results from the survey show that the industrial sectors are interested in using this recycled silicone as ingredient in the products in the R&D scale. The most important factor considered by the buyers is the price.

For feasibility of commercialization, the financial analysis of 5 years showed that when growth rate was at 5% in the first 2 years and 10% in the next 2 years with the investment 6,889,000 baht the payback period was at 2.77 years with 7,333,204 baht NPV and 35.74% IRR.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Technopreneurship and Innovation Management	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Academic Year:	2014	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับการช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้คอยให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด อีกทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชณิตา ธรรมยงค์กิจ และรองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย เอื้อวิทยาศุภร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทต่างๆที่ได้ให้ความร่วมมือที่ดีในการเก็บข้อมูลมาทำงานวิจัย และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับใช้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนายสมพงษ์ จิรภาไพศาล ที่ได้ช่วยเหลือในการให้คะแนะนำต่างๆในเชิงวิศวกรรม รวมทั้งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมารดาที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้คงมีคุณค่าแก่การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฐ
สารบัญภาพ ..... ฒ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 แผนการดำเนินการวิจัย 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม 5
2.1.1 ความหมายของนวัตกรรม 5
2.1.2 รูปแบบของกระบวนการของนวัตกรรม 6
2.1.2.1 Technology Push Model 7
2.1.2.2 Demand Pull Model 7
2.1.2.3 Coupling Model 8
2.1.2.4 Integrated Model 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.2.5 Network Model 9
2.2 ซิลิโคน 10
2.2.1 สารเคมีประเภทซิลิโคน 10
2.2.2 วิธีการผลิตซิลิโคน 13
2.2.2.1 การผลิตธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์ 13
2.2.2.2 การทำธาตุซิลิคอนให้มีขนาดเล็ก 14
2.2.2.4 การทำให้คลอโรไซเลนมอนอเมอร์บริสุทธิ์ 15
2.2.2.5 การเปลี่ยนคลอโรไซเลนเป็นไซลานอล 15
2.2.2.6 การเกิดเป็นซิลิโคน 15
2.2.3 การใช้งานของสารเคมีประเภทซิลิโคนในอุตสาหกรรม 16
2.2.3.1 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมยานยนต์ 16
2.2.3.2 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมความงาม 16
2.2.3.3 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมก่อสร้าง 17
2.2.3.4 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิก 17
2.2.3.5 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการแพทย์ 17
2.2.3.6 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในครัวเรือน 18
2.2.3.7 ซิลิโคนกับโครงสร้างพื้นฐาน 18
2.2.3.8 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการผลิต 19
2.2.3.9 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการผลิตสีและสารเคลือบผิว 19
2.2.3.10 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมกระดาษและฟิล์ม 19
2.2.3.11 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมพลังงาน 20
2.2.3.12 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ 20
2.2.3.13 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนในต่างประเทศ 20

หน้า

2.2.3.14 การนำเข้าและส่งออกสารเคมีประเภทซิลิโคนในประเทศไทย 22
2.2.4 ประเมินสภาวะเศรษฐกิจกับสารเคมีประเภทซิลิโคน 23
2.2.5 การรีไซเคิลซิลิโคน 23
2.3 เครื่องปฏิกรณ์ 25
2.3.1 ประเภทของเครื่องปฏิกรณ์ 25
2.3.1.1 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบกะ 25
2.3.1.2 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบไหลต่อเนื่อง 26
2.3.1.3 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบเฟดแบทช์ 27
2.3.2 เครื่องปฏิกรณ์สำหรับใช้ในการรีไซเคิลซิลิโคน 27
2.3.3 ใบกวน 28
2.3.3.1 ใบกวนลักษณะพัดลม 28
2.3.3.2 ใบกวนลักษณะกังหัน 29
2.3.3.3 ใบกวนลักษณะสมอ 29
2.3.3.4 ใบกวนลักษณะเกลียว 30
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 31
3.1 การวิจัยความต้องการของตลาด 32
3.1.1 ตัวอย่าง 32
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 32
3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 32
3.1.3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) 32
3.1.3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) 32
3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 32
3.2 การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 33

หน้า

3.2.1 ออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง 33
3.2.1.1 ส่วนภาชนะ/หม้อบรรจุ 33
3.2.1.2 ส่วนฝา 33
3.2.1.3 ส่วนระบบสุญญากาศ 34
3.2.2 ศึกษาหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 34
3.2.2.1 ตัวแปรที่จะทำการวิจัยในการหาภาวะในการรีไซเคิลซิลิโคน 35
3.2.2.2 วิธีการทดลอง 35
3.2.2.3 การตรวจสอบโครงสร้างและองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์ 36
3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์ 36
3.3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด 36
3.3.2 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค 37
3.3.3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร 37
3.3.4 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน 37
บทที่ 4 ผลการวิจัย 38
4.1 ผลการวิจัยความต้องการของตลาด 38
4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้รับการสัมภาษณ์ 38
4.1.2 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนภายในองค์กร 39
4.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคน 39
4.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในการหาวัตถุดิบมาใช้ในการผลิต 40
4.2 ผลการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 41
4.2.1 ผลการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง 41
4.2.2 ผลการศึกษาหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 46
บทที่ 5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์ 56

หน้า

5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด 56
5.1.1 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (External Analysis) 56
5.1.2 การวิเคราะห์ปัจจัย 5 ประการที่ส่งผลต่อสภาวะในการแข่งขันของแต่ละอุตสาหกรรม (Five Forces Model Analysis) 58
5.1.3 การวิเคราะห์สถานการณ์ (SWOT Analysis) 60
5.1.4 กลยุทธ์การกำหนดลูกค้าเป้าหมาย (STP) 61
5.1.5 กลยุทธ์ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix / 4Ps) 62
5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค 67
5.2.1 สถานประกอบการในการผลิต 67
5.2.2 เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือในการผลิต 67
5.2.3 รายละเอียดวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต 68
5.2.4 กระบวนการผลิต และปริมาณการกำลังการผลิต 69
5.2.5 การวางแผนการผลิตและการจัดการสินค้าคงคลัง 70
5.2.6 การควบคุมคุณภาพ 70
5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร 70
5.3.1 หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย 71
5.3.2 โครงสร้างเงินเดือนพนักงาน 73
5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน 74
5.4.1 ประมาณการในเงินลงทุน 74
5.4.1.1 สินทรัพย์ที่ใช้ประกอบธุรกิจ 74
5.4.1.2 เงินทุนหมุนเวียนในการดำเนินกิจการ 74
5.4.1.3 ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินการ 75
5.4.2 แหล่งเงินทุน 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.4.3 ข้อสมมติทางการเงิน 76
5.4.3.1 การประมาณการรายได้ 76
5.4.3.2 ต้นทุน 77
5.4.3.3 นโยบายการจำหน่ายและนโยบายสินค้าคงเหลือ 77
5.4.3.4 การกู้ยืมเงิน 77
5.4.3.5 ค่าใช้จ่ายเป็นการดำเนินการในแต่ละเดือน 78
5.4.3.6 ค่าเสื่อมราคา 79
5.4.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน 79
5.4.5 อัตราส่วนทางการเงิน 81
5.4.6 แผนสำรองฉุกเฉินเพื่อควบคุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต 82
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 86
6.1 สรุปผลการวิจัย 86
6.1.1 การวิจัยความต้องการของตลาด 86
6.1.2 การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 87
6.1.3 ความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์ 88
6.2 ข้อเสนอแนะ 89
รายการอ้างอิง 91
ภาคผนวก 93
ภาคผนวก ก คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ 94
ภาคผนวก ข งบการเงิน 97
ภาคผนวก ค ข้อมูลสเปคตรัมและโครมาโทแกรม 100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 109

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D3 [8] 11

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D4 [8] 12

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D5 [8] 12

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D6 [8] 13

ตารางที่ 2.5 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนของประเทศเดนมาร์กในปี 2002 [10]..... 21

ตารางที่ 2.6 การกระจายตัวของซิลิโคนสู่ธรรมชาติโดยโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ
สหรัฐอเมริกาในปี 1993 (x 1,000 ตัน) [10] 21

ตารางที่ 4.1 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคน..... 39

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักในการตัดสินใจเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากปัจจัยทั้ง 3 ชนิด 40

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน 46

ตารางที่ 4.4 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจากการวิเคราะห์ด้วย ^{1}H NMR..... 50

ตารางที่ 4.5 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจากการวิเคราะห์ด้วย ^{1}H NMR 50

ตารางที่ 4.6 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจากการวิเคราะห์ด้วย
^{29}Si {^{1}H} NMR..... 51

ตารางที่ 4.7 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจากการวิเคราะห์ด้วย
^{29}Si {^{1}H} NMR..... 52

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบสโดยใช้เทคนิค GC..... 55

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรดโดยใช้เทคนิค GC 55

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของซิลิโคนจากการรีไซเคิลเปรียบเทียบกับตัวอย่างในท้องตลาด 64

ตารางที่ 5.2 ราคาของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลเปรียบเทียบกับราคาตลาด 64

ตารางที่ 5.3 รายการเครื่องจักรในกระบวนการผลิต..... 67

ตารางที่ 5.4 รายการวัตถุดิบ ราคา และปริมาณการใช้ต่อแบทช์ (กรณีใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) .. 68

ตารางที่ 5.5 รายการวัตถุดิบ ราคา และปริมาณการใช้ต่อแบทช์ (กรณีใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา).. 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.6 รายการบรรจุภัณฑ์เวียน 68
ตารางที่ 5.7 โครงสร้างเงินเดือนพนักงาน 73
ตารางที่ 5.8 สินทรัพย์ที่ใช้ในการประกอบธุรกิจ 74
ตารางที่ 5.9 เงินทุนหมุนเวียน (Working Capital) สำหรับดำเนินงาน 2 เดือน 75
ตารางที่ 5.10 ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินการ 75
ตารางที่ 5.11 แหล่งของเงินทุนในแต่ละส่วน 76
ตารางที่ 5.12 ประมาณการยอดขายในแต่ละปี 77
ตารางที่ 5.13 ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนในปีที่ 1 77
ตารางที่ 5.14 แผนการผ่อนชำระหนี้ 78
ตารางที่ 5.15 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในปีแรก 78
ตารางที่ 5.16 ค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินต่างๆภายในโรงงาน 79
ตารางที่ 5.17 อัตราส่วนทางการเงิน 81
ตารางที่ 5.18 แผนสำรองฉุกเฉิน 82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 อดีตและการคาดการณ์ถึงอนาคตของธุรกิจรับจัดการของเสียในหน่วยพันล้านดอลล่าร์ [1] 1
ภาพที่ 2.1 สิ่งประดิษฐ์ใหม่ การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ และการแพร่กระจาย [4] 5
ภาพที่ 2.2 วิธีการได้มาซึ่งสิ่งประดิษฐ์ใหม่ [4] 6
ภาพที่ 2.3 ทฤษฎีการแพร่กระจายของนวัตกรรมของ Rogers [5] 6
ภาพที่ 2.4 กระบวนการของรูปแบบ Technology Push Model [4] 7
ภาพที่ 2.5 กระบวนการของรูปแบบ Demand Pull Model [4] 7
ภาพที่ 2.6 กระบวนการของรูปแบบ Coupling Model [4] 8
ภาพที่ 2.7 กระบวนการของรูปแบบ Integrated Model [4] 9
ภาพที่ 2.8 กระบวนการของรูปแบบ Network Model โดยยกกรณีตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ iPod ของบริษัท Apple [4] 10
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างสูตรเคมีของซิลิโคนแบบเส้นตรง (Polydimethylsiloxane) ที่มี Silicon 7 Unit [6] 11
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างสูตรเคมีของซิลิโคนแบบวง (Cyclic Siloxane) ที่มี Silicon 3 Unit [7] 11
ภาพที่ 2.11 ธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์ (http://images-of-elements.com/silicon.php) 14
ภาพที่ 2.12 ภาพรวมของกระบวนการผลิตซิลิโคน [3] 16
ภาพที่ 2.13 กราฟแสดงการนำเข้าของสารเคมีประเภทซิลิโคนเข้ามาในประเทศไทย [11] 22
ภาพที่ 2.14 กราฟแสดงการส่งออกของสารเคมีประเภทซิลิโคนออกจากประเทศไทย [11] 22
ภาพที่ 2.15 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากปฏิกิริยา Depolymerization [7] 25
ภาพที่ 2.16 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ [19] 26
ภาพที่ 2.17 เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง [19] 27
ภาพที่ 2.18 เครื่องจักรสำหรับการรีไซเคิลซิลิโคน [20] 28
ภาพที่ 2.19 ใบกวนลักษณะพัดลม 29

ภาพที่ 2.20 ใบกวนลักษณะกังหัน 29
ภาพที่ 2.21 ใบกวนลักษณะสมอ 30
ภาพที่ 2.22 ใบกวนลักษณะเกลียว (http://www.indiamart.com/noble-procetech/agitator.html) 30
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการทำวิจัย 31
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างใบเสนอราคาของเสียประเภทซิลิโคนจากบริษัทผู้ผลิตซิลิโคนแห่งหนึ่ง 41
ภาพที่ 4.2 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบและขนาดของเครื่องโดยรวม 42
ภาพที่ 4.3 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบของส่วนฝาและส่วนภาชนะ 43
ภาพที่ 4.4 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบ 44
ภาพที่ 4.5 สเปคตรัม ^{1}H NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 48
ภาพที่ 4.6 สเปคตรัม ^{1}H NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 48
ภาพที่ 4.7 สเปคตรัม ^{29}Si {^{1}H} NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 49
ภาพที่ 4.8 สเปคตรัม ^{29}Si {^{1}H} NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 49
ภาพที่ 4.9 โครงสร้างของ Tetramethylsilane (TMS) 52
ภาพที่ 4.10 โครงสร้างของ Decamethylcyclopentasiloxane (D5) 52
ภาพที่ 4.11 โครงสร้างของ Octamethylcyclotetrasiloxane (D4) 53
ภาพที่ 4.12 โครงสร้างของ Hexamethylcyclotrisiloxane (D3) 53
ภาพที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบส 54
ภาพที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรด 54
ภาพที่ 5.1 ตำแหน่งในตลาดของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิล 62

Chulalongkorn University

ภาพที่ 5.2 ถัง IBC ขนาด 1,000 ลิตร 63
ภาพที่ 5.3 ถังบรรจุขนาด 200 ลิตร 63
ภาพที่ 5.4 ใบเสนอราคาของซิลิโคนในราคาขายปลีก 65
ภาพที่ 5.5 รายละเอียดสินค้าจากใบเสนอราคาซิลิโคนในภาพที่ 5.4 66
ภาพที่ 5.6 ภาพรวมของกระบวนการผลิต 69
ภาพที่ 5.7 โครงสร้างองค์กรของทางบริษัท 71
ภาพที่ 6.1 ระบบการรีไซเคิลซิลิโคนจำลองในระดับ Production Scale 89
ภาพที่ 6.2 ภาพรวมการลดพลังงานและของเสียจากการผลิตด้วยวิธีรีไซเคิล 90

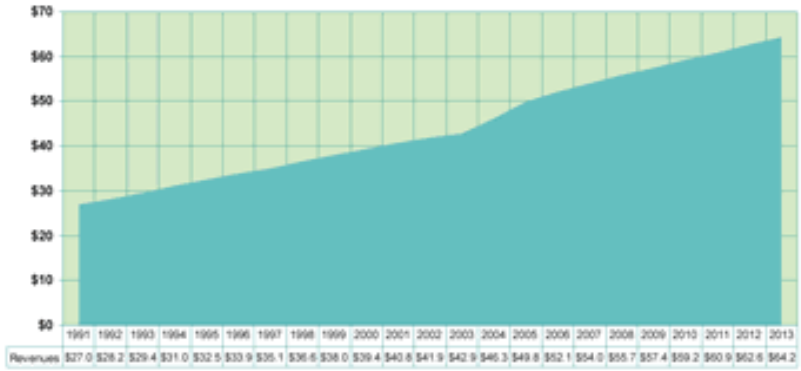
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันของเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นเรื่องที่ภาคอุตสาหกรรมต่างให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากการประกอบกิจการต่างๆได้มีกฎหมายและมาตรฐานต่างๆที่เข้ามาคอยควบคุม ทำให้การจัดการของเสียออกจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะต้องถูกจัดการอย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุนี้เองทำให้มีธุรกิจมากมายทั้งในและต่างประเทศได้เล็งเห็นถึงโอกาสในจุดนี้ จึงได้ริเริ่มการทำธุรกิจรับจัดการของเสียในรูปแบบต่างๆจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยที่ธุรกิจรับจัดการของเสียเองก็มีวิธีการจัดการมากมายหลายวิธี เช่น การนำของเสียกลับมารีไซเคิลให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ การเป็นตัวกลางในการรับซื้อเศษของเสียตามโรงงานอุตสาหกรรมและนำมาขายต่อให้กับธุรกิจอื่นๆ การรับกำจัดโดยวิธีการต่างๆ เช่น การเผา การฝังกลบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีธุรกิจรับจัดการของเสียที่มีรูปแบบของธุรกิจต่างๆอีกมากมายที่ได้ถือกำเนิดขึ้นจากโอกาสในจุดนี้

ประชากรในโลกมีแนวโน้มที่มากขึ้นทำให้มีความต้องการในการใช้สินค้าต่างๆมาอุปโภคบริโภคมากขึ้น ดังนั้นภาคอุตสาหกรรมจึงต้องมีการผลิตสินค้าให้มากขึ้นตามปริมาณและความต้องการของประชากร และสิ่งที่ตามมานั้นก็คือปัญหาในด้านของเสียและมลพิษจากการอุปโภคบริโภคซึ่งรวมไปถึงของเสียจากการผลิตด้วย โดยจากงานวิจัยพบว่าองค์กรที่ทำธุรกิจรับจัดการของเสียในประเทศสหรัฐนั้นมีรายได้รวมในปี 2011 ถึง 55,000 ล้านเหรียญสหรัฐ [1] พบว่าธุรกิจการจัดการของเสียนอกจากจะช่วยลดมลพิษในธรรมชาติแล้วยังสามารถก่อให้เกิดโอกาสทางธุรกิจได้อีกด้วย ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 อดีตและการคาดการณ์ถึงอนาคตของธุรกิจรับจัดการของเสียในหน่วยพันล้านดอลล่าร์ [1]

ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาการก่อเกิดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสนใจกระบวนการรีไซเคิลของเสีย โดยของเสียที่ได้เลือกนำมาศึกษาวิจัยคือของเสียประเภทซิลิโคน เนื่องจากตลาดของธุรกิจซิลิโคนในปัจจุบันเป็นตลาดที่กว้างขวางมาก ซึ่งคนทั่วไปมักคิดภาพซิลิโคนแค่ซิลิโคนที่เป็นยางหรือซิลิโคนยาแนว ทั้งๆที่ซิลิโคนมีตลาดที่กว้างขวางกว่านั้นมากไม่ว่าจะเป็นการทำสารเคลือบผิว การทำอิมัลชั่น การทำตัวถอดแบบชิ้นงาน การทำน้ำมันถ่ายเทความร้อน การทำสารลดฟอง การขึ้นรูปทำเป็นยาง เพื่อการใช้งานในด้านต่างๆ และการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย [2] ซึ่งจัดได้ว่าซิลิโคนนั้นเป็นสารเคมีที่มีความเกี่ยวข้องและครอบคลุมเกือบทุกกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้คนเลยทีเดียว

การผลิตซิลิโคนนั้นสามารถผลิตได้ไม่ยาก ซึ่งสามารถผลิตได้จากสารเคมีเพียง 3 ชนิด คือ ธาตุซิลิคอน เมธิลคลอไรด์ และตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นจะใช้ความร้อนในการผลิตและเติมน้ำลงไปก็จะได้ซิลิโคนพอลิเมอร์ออกมา แต่สิ่งที่ยากมากนั้นคือการได้มาซึ่งธาตุซิลิคอน ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตซิลิโคน เนื่องจากธาตุซิลิคอนนั้นไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติทั่วไป หากแต่อยู่ในรูปของดิน หิน แร่ ซึ่งมีพันธะที่แข็งแรงมากกับธาตุออกซิเจนหรือที่รู้จักกันในรูปของ SiO_2 และการที่จะทำลายพันธะระหว่างซิลิคอนและออกซิเจนนั้นจะต้องใช้อุณหภูมิที่มากกว่า 1,000°C ในการทำลายพันธะเพื่อให้ได้มาซึ่งธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์ จากนั้นจะต้องผ่านกระบวนการอีก 5 กระบวนการหลัก จากทั้งสิ้น 6 กระบวนการ ซึ่งมีการให้ความร้อน การบด การเติมสารเมธิลคลอไรด์ การกลั่นเป็นมอนอเมอร์ การเติมน้ำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันเป็นไซลานอล และการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน [3] เพื่อให้เกิดเป็นซิลิโคนพอลิเมอร์ หากไม่มีการรีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เลยจะต้องสูญเสียพลังงานมากมายไปในวัฏจักรการผลิตซิลิโคนรวมไปถึงการเกิดของเสียและน้ำเสียจากการผลิต แต่ในทางกลับกันการรีไซเคิลนั้นจะช่วยย่นกระบวนการในวัฏจักรการผลิตซิลิโคนได้ถึง 5 กระบวนการแรก ซึ่งเมื่อรีไซเคิลแล้วจะสามารถเข้ากระบวนการสุดท้ายของวัฏจักรการผลิตซิลิโคนได้เลยคือกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนของกลุ่มผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อพัฒนาวิธีการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนไปใช้ในเชิงพาณิชย์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. วิจัยหาความต้องการในการใช้งานของสารเคมีประเภทซิลิโคนจากผู้ประกอบการที่ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆที่มีสารเคมีประเภทซิลิโคนเป็นส่วนประกอบ
2. สร้างเครื่องจักรต้นแบบที่สามารถนำมารีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนได้ในระดับห้องแลป
3. วิจัยหาภาวะที่เหมาะสมในการรีไซเคิลของเสียในประเภทซิลิโคน โดยการใช้สารเคมีที่ราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ซึ่งต้องสามารถรีไซเคิลได้ %Yield ในปริมาณที่สูงและมีความคุ้มค่าต่อการนำมารีไซเคิลเพื่อใช้ในธุรกิจจริง
4. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจทั้งทางด้านการตลาด ด้านการจัดการ ด้านการบริหาร และทางด้านการเงิน

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนเพื่อที่จะนำนวัตกรรมมาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ ซึ่งตลาดหรือลูกค้าที่จะเป็นผู้ซื้อซิลิโคนจากการรีไซเคิลนั้นจะเป็นกลุ่มลูกค้าที่เป็นหน่วยของธุรกิจหรือก็คือการทำธุรกิจในรูปแบบ Business to Business (B2B) ทำให้การเข้าถึงข้อมูลการใช้สารเคมีประเภทซิลิโคนค่อนข้างเข้าถึงได้ยาก จึงไม่สามารถทำการวิจัยความต้องการใช้สารเคมีได้ไม่ครบทุกกลุ่มอุตสาหกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ริเริ่มการนำความรู้และเทคโนโลยีมาพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย
2. เป็นการจัดการของเสียประเภทซิลิโคนให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่และยังสามารถพัฒนามาเป็นธุรกิจการจัดการของเสียประเภทซิลิโคนได้อีกด้วย
3. เป็นการสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจให้ภาคอุตสาหกรรม โดยการลดการนำเข้าซิลิโคนที่มาจากการรีไซเคิลจากต่างประเทศ และยังเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย
4. เป็นการช่วยเหลือสิ่งแวดล้อม โดยการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ไม่เกิดการทิ้งของเสียอย่างไร้ค่า

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการในการรีไซเคิลซิลิโคน ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ในห้องแลปจริง
2. ได้ข้อมูลเฉพาะทางให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมที่สนใจเข้ามาลงทุนที่จะรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

1.7 แผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	เดือน										
	ก.พ. 57	มี.ค. 57	เม.ย. 57	พ.ค. 57	มิ.ย. 57	ก.ค. 57	ส.ค. 57	ก.ย. 57	ต.ค. 57	พ.ย. 57	ธ.ค. 57
ศึกษาหาข้อมูลและวางแผนการทำงาน											
วิจัยความต้องการของตลาดโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก											
พัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน											
ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์											
สรุปผลและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์											

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม

2.1.1 ความหมายของนวัตกรรม

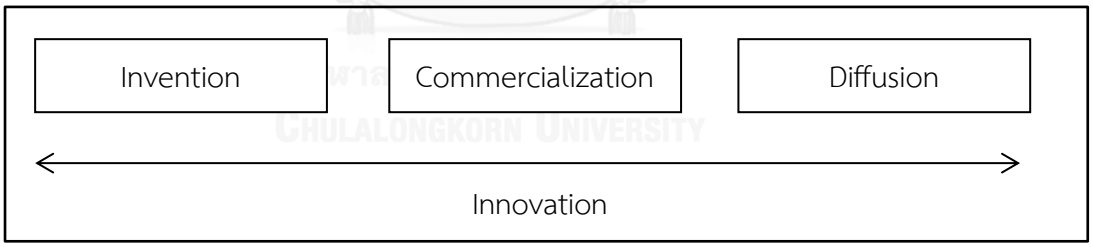
คำว่า “นวัตกรรม” ได้ถูกนิยามออกมามากมายหลายความหมาย โดยคำว่านวัตกรรม (Innovation) มีที่มาจากภาษาลาตินคือคำว่า Nova ซึ่งหมายความว่าสิ่งใหม่ แต่ทั้งนี้คำว่าใหม่ยังไม่อาจครอบคลุมได้กับคำว่านวัตกรรม ดังนั้นจึงมีบุคคลต่างๆให้คำจัดกัดความของคำว่านวัตกรรมมากมาย [4] ดังนี้

“นวัตกรรม คือ ความคิด การปฏิบัติ หรือวัตถุที่เป็นสิ่งใหม่ๆ”

“นวัตกรรม คือ สิ่งใหม่ๆที่ถูกประยุกต์ใช้ในกระบวนการการผลิต การกระจายสินค้า และบริการในการทำธุรกิจ”

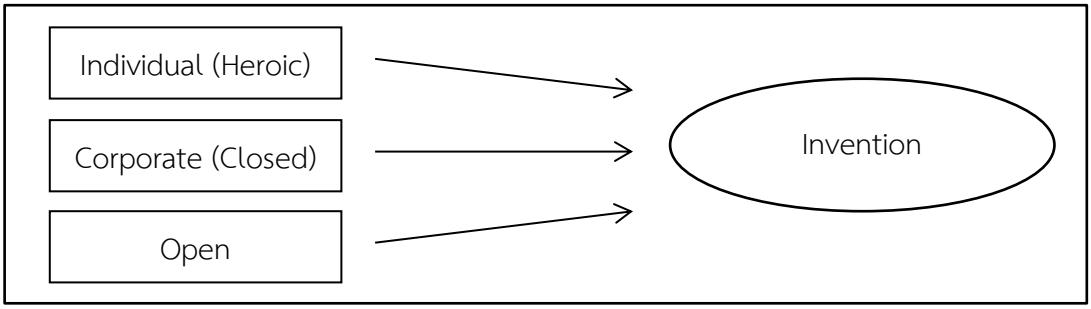
“นวัตกรรม คือ ความสำเร็จในการแสวงหากำไรของความคิด”

ซึ่งเมื่อนำความหมายทั้งหมดของคำว่านวัตกรรมมารวมกัน จะสรุปได้ว่านวัตกรรมคือการนำสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆมาใช้ในเชิงพาณิชย์และเกิดการแพร่กระจายนั่นเอง ดังภาพที่ 2.1



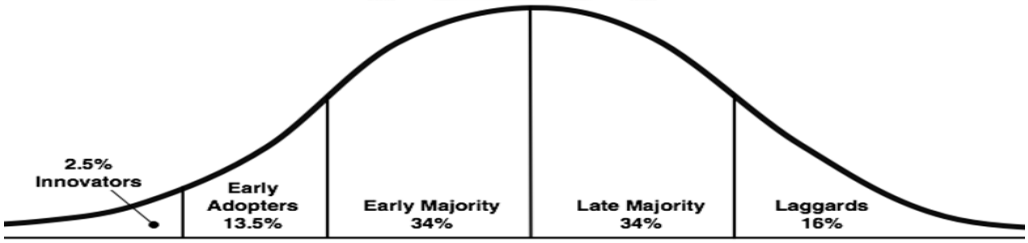
ภาพที่ 2.1 สิ่งประดิษฐ์ใหม่ การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ และการแพร่กระจาย [4]

โดยที่การประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆนั้นจะสามารถเกิดขึ้นได้จาก 3 แหล่งที่มา นั่นคือ การเกิดขึ้นจากตัวบุคคลๆหนึ่ง (Individual) ในกรณีนี้อาจเปรียบเทียบได้กับ Thomas Alva Edison ซึ่งใช้ความสามารถของตัวเองในการประดิษฐ์หลอดไฟขึ้นมา ต่อมาคือเกิดขึ้นจากการที่ตัวของธุรกิจหรือบริษัทได้สร้างขึ้น (Corporate) คือการที่บริษัทหนึ่งๆได้ร่วมกันวิจัยและก่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆขึ้นมา และแหล่งสุดท้ายคือ การนำสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมจากภายนอกบริษัทมาทำการต่อยอด (Open) เพื่อให้เกิดเป็นสิ่งประดิษฐ์ชิ้นใหม่ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วิธีการได้มาซึ่งสิ่งประดิษฐ์ใหม่ [4]

การนำสิ่งประดิษฐ์ไปใช้ในเชิงพาณิชย์นั้นจะสามารถทำได้โดยการใช้แผนการตลาดเข้ามามีส่วนช่วย ซึ่งก็คือการสร้างคุณค่าให้กับสิ่งประดิษฐ์ อาจทำได้โดยการสร้างแผนธุรกิจสำหรับการลงทุนขึ้นมาเพื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยและความต้องการต่างๆนั่นเอง และเมื่อนำสิ่งประดิษฐ์ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ก็จะเกิดการแพร่กระจายนวัตกรรมดังกล่าวออกไปโดยที่จะมีทฤษฎีของการแพร่กระจายของนวัตกรรมคือ Diffusion of Innovation Theory ของ Rogers ซึ่งนวัตกรรมจะทำการแพร่ออกไปในกลุ่มบุคคล 5 ประเภท คือ Innovators, Early Adopters, Early Majority, Late Majority และ Laggards เมื่อนวัตกรรมเกิดการยอมรับและมีการใช้ต่อมาเรื่อยๆผ่านในกลุ่มคน 5 ประเภทตามลำดับ โดยเริ่มจากประเภทแรก (Innovators) ไปสู่ประเภทถัดไป และกลุ่มบุคคลกลุ่มสุดท้าย (Laggards) จะมีความสามารถในการรับนวัตกรรมช้าที่สุด ซึ่งได้แสดงดังภาพที่ 2.3



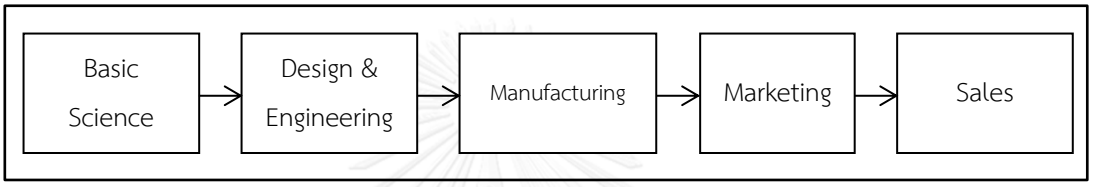
ภาพที่ 2.3 ทฤษฎีการแพร่กระจายของนวัตกรรมของ Rogers [5]

2.1.2 รูปแบบของกระบวนการของนวัตกรรม

กระบวนการของนวัตกรรมที่ถูกจำแนกโดย Rothwell ในปี 1994 จะมีทั้งสิ้น 5 รูปแบบดังนี้

2.1.2.1 Technology Push Model

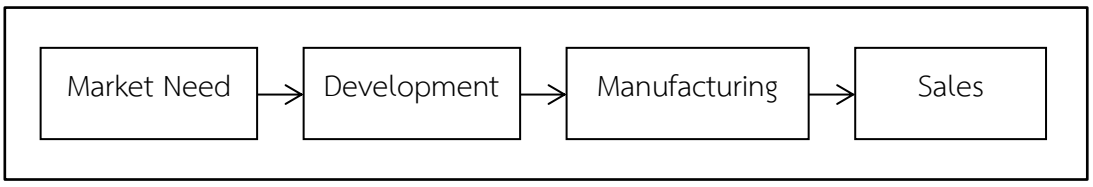
โมเดลแรกคือโมเดลที่ชื่อว่า Technology Push เป็นโมเดลที่เกิดจากการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากงานวิจัยต่างๆเป็นแกนหลักในการขับเคลื่อนนวัตกรรม เป็นโมเดลที่จะไม่สนใจความต้องการของตลาด แต่จะมุ่งเน้นในการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆในนวัตกรรมมาสร้างความต้องการให้กับตลาด เช่น อุตสาหกรรมการผลิตยาจะไม่ได้มุ่งเน้นไปที่ความต้องการของตลาด แต่จะทำการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆให้กับตัวยาเพื่อที่จะให้นวัตกรรมใหม่ๆนี้เป็นจุดดึงดูดของตลาด ทำให้ตลาดหันมาเป็นฝ่ายสนใจในตัวเทคโนโลยีนั้นเอง ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กระบวนการของรูปแบบ Technology Push Model [4]

2.1.2.2 Demand Pull Model

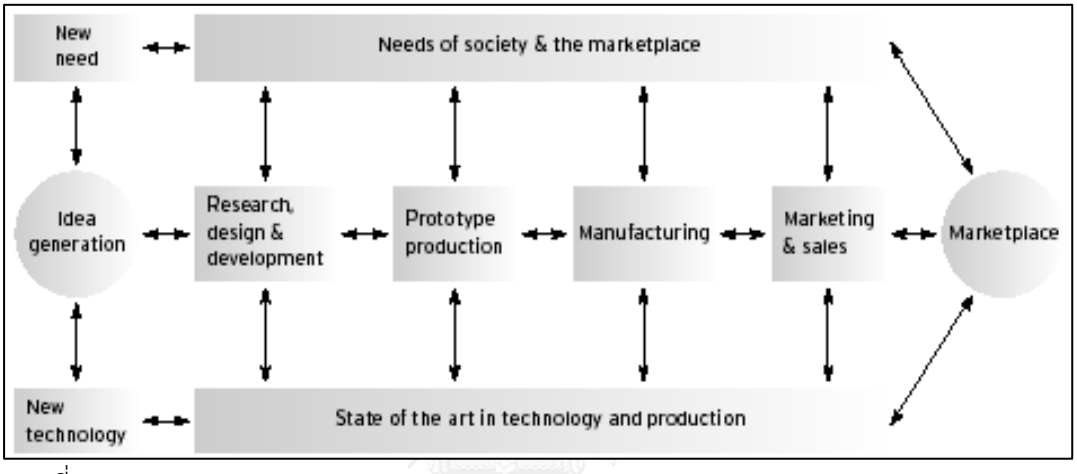
โมเดลต่อมาคือโมเดลที่ชื่อว่า Demand Pull ซึ่งเป็นโมเดลที่ให้ความสนใจกับความต้องการของตลาดเป็นหลัก ซึ่งจะตรงกันข้ามกับโมเดล Technology Push โดยสิ้นเชิง โมเดลนี้จะทำการสำรวจความต้องการของตลาดก่อนเป็นอันดับแรก และเมื่อทราบความต้องการของตลาดแล้วจึงนำมาลงมือวิจัยและพัฒนาตามเสียงความต้องการจากตลาด ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการของรูปแบบ Demand Pull Model [4]

2.1.2.3 Coupling Model

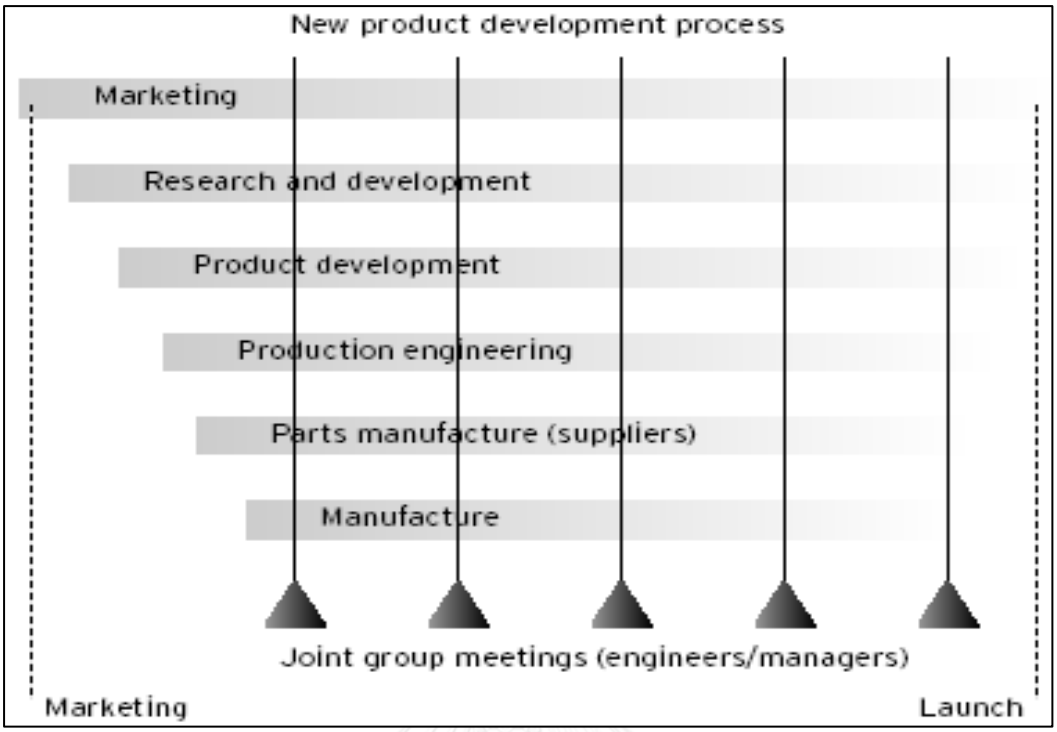
ในส่วนของโมเดลแบบ Coupling นี้จะเป็นโมเดลที่มีการทำงานแบบผสมผสานระหว่างโมเดลของ Technology Push และโมเดลของ Demand Pull แต่การทำงานในโมเดลแบบ Coupling นี้จะมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างแผนกเพื่อที่จะมีการนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน โดยเมื่อมีความคิดใหม่ๆเกิดขึ้นจะไม่สนใจว่าจะเริ่มต้นที่เทคโนโลยีก่อนหรือความต้องการของตลาดก่อน ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 กระบวนการของรูปแบบ Coupling Model [4]

2.1.2.4 Integrated Model

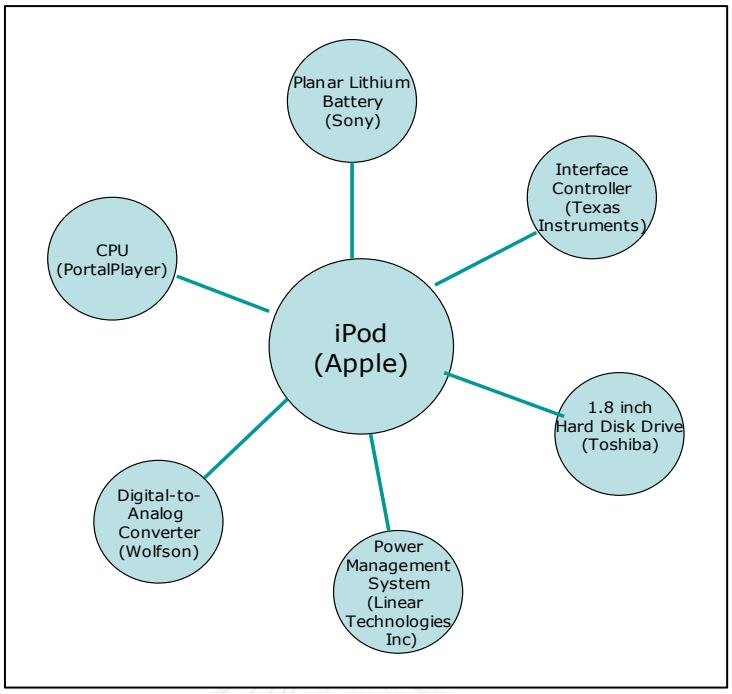
โมเดลต่อมาคือโมเดลที่ชื่อว่า Integrated ซึ่งเป็นโมเดลที่จะทำงานในแต่ละหน้าที่แบบคู่ขนาน โดยเมื่อมีการกระบวนการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จะเริ่มมีการทำการตลาดก่อน ในขณะเดียวกันทางฝ่ายวิจัยและพัฒนาก็จะเริ่มวิจัยตามไปด้วยพร้อมๆกัน ซึ่งในทุกกระบวนการจะเริ่มต้นทำในเวลาที่ใกล้เคียงกันและจะมีการประชุมกันเป็นระยะๆเพื่อให้เกิดความเข้าใจและเดินหน้าไปในทิศทางเดียวกัน ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กระบวนการของรูปแบบ Integrated Model [4]

2.1.2.5 Network Model

โมเดลสุดท้ายจะเป็นโมเดลที่ชื่อว่า Network Model คือโมเดลที่จะใช้ความรู้ต่างๆ จากภายนอกองค์กรเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยจะมีการใช้องค์กรภายนอกเข้ามาเป็นองค์กรที่สาม (Third-Party) ที่เข้ามามีส่วนร่วม โดยนวัตกรรมจากรูปแบบนี้จะทำให้สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างกว้างขวางจากองค์กรภายนอกนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ iPOD ของบริษัท Apple จะมีการให้องค์กรภายนอกผลิตชิ้นส่วนต่างๆให้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ของทางบริษัท ทำให้ได้ชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตโดยองค์กรที่มีความรู้ทางเทคโนโลยีเฉพาะนั้นๆ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 กระบวนการของรูปแบบ Network Model โดยยกกรณีตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ iPod ของบริษัท Apple [4]

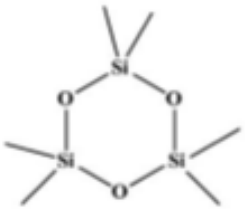
2.2 ซิลิโคน

2.2.1 สารเคมีประเภทซิลิโคน

สารกลุ่มซิลิโคนหรือ Organosiloxanes คือสารเคมีที่มีโครงสร้างหลักเป็นธาตุซิลิคอนและออกซิเจน (Si-O) ซึ่งจะมีกลุ่มออร์แกนิค (Organic Group; R Group) เป็นกลุ่มแทนที่จำนวน 2 กลุ่ม ณ บริเวณธาตุซิลิคอน ซึ่งในซิลิโคนสามารถเขียนโครงสร้างได้ดังนี้ $-[R_1R_2SiO]_y-$ โดยที่ R1 และ R2 เป็นกลุ่มออร์แกนิคใดๆที่มาแทนที่ และมีธาตุซิลิคอนและออกซิเจนเป็นสายโซ่หลักที่มี y แทนจำนวน Silicon Unit ดังเช่น ภาพที่ 2.9 และ 2.10 และจะมีการใช้สัญลักษณ์ย่อในการเขียนชื่อโมเลกุลคือ M D T และ Q ซึ่ง M จะแสดงถึงซิลิโคนที่มีหมู่แทนที่ตำแหน่งของธาตุซิลิคอนจำนวน 1 กลุ่มฟังก์ชัน (Monofunctional) D จะแสดงถึงซิลิโคนที่มีหมู่แทนที่ตำแหน่งของธาตุซิลิคอนจำนวน 2 กลุ่มฟังก์ชัน (Difunctional) T จะแสดงถึงซิลิโคนที่มีหมู่แทนที่ตำแหน่งของธาตุซิลิคอนจำนวน 3 กลุ่มฟังก์ชัน (Trifunctional) และ Q จะแสดงถึงซิลิโคนที่มีหมู่แทนที่ตำแหน่งของธาตุซิลิคอนจำนวน 4 กลุ่มฟังก์ชัน (Quadrifunctional) [6]

$(CH_3)_3Si\text{-}[O\text{-}Si(CH_3)_2]_5\text{-}O\text{-}Si(CH_3)_3$

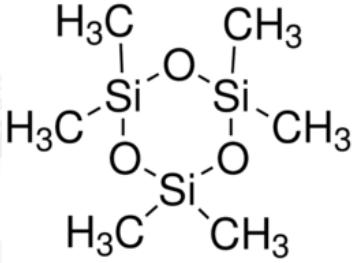
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างสูตรเคมีของซิลิโคนแบบเส้นตรง (Polydimethylsiloxane) ที่มี Silicon 7 Unit [6]



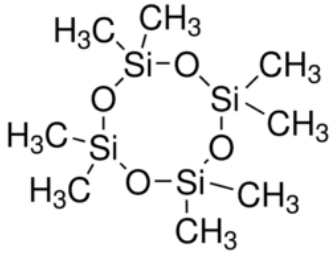
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างสูตรเคมีของซิลิโคนแบบวง (Cyclic Siloxane) ที่มี Silicon 3 Unit [7]

ซิลิโคนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการรีไซเคิลนั้นจะเป็นซิลิโคนที่มีโครงสร้างเป็นแบบวง ซึ่งจะมีคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ดังตารางที่ 2.1 ถึง 2.4

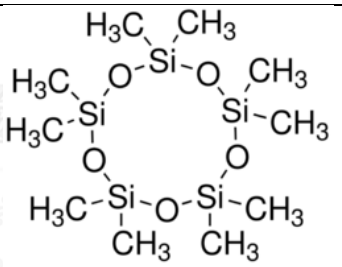
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D3 [8]

โครงสร้าง	
ชื่อโมเลกุล	Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)
มวลโมเลกุล	222.46
ความหนืด ที่อุณหภูมิ 25°C (cSt)	- (Solid)
จุดเดือด (°C)	134
ความดันไอ ที่อุณหภูมิ 25 (mmHg)	10
ความถ่วงจำเพาะ	1.02
ดัชนีหักเหแสง	-

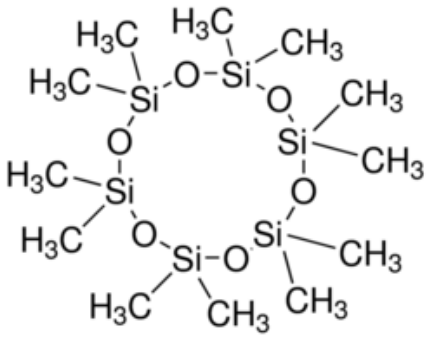
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D4 [8]

โครงสร้าง	
ชื่อโมเลกุล	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)
มวลโมเลกุล	296.61
ความหนืด ที่อุณหภูมิ 25°C (cSt)	2.3
จุดเดือด (°C)	175-176
ความดันไอ ที่อุณหภูมิ 25 (mmHg)	1.3
ความถ่วงจำเพาะ	0.96
ดัชนีหักเหแสง	1.397

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D5 [8]

โครงสร้าง	
ชื่อโมเลกุล	Decamethylcyclopentasiloxane (D5)
มวลโมเลกุล	370.77
ความหนืด ที่อุณหภูมิ 25°C (cSt)	3.9
จุดเดือด (°C)	210
ความดันไอ ที่อุณหภูมิ 25 (mmHg)	0.4
ความถ่วงจำเพาะ	0.96
ดัชนีหักเหแสง	1.398

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของซิลิโคน D6 [8]

โครงสร้าง	
ชื่อโมเลกุล	Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6)
มวลโมเลกุล	445.00
ความหนืด ที่อุณหภูมิ 25°C (cSt)	6.6
จุดเดือด (°C)	245
ความดันไอ ที่อุณหภูมิ 25 (mmHg)	0.02
ความถ่วงจำเพาะ	0.97
ดัชนีหักเหแสง	1.402

2.2.2 วิธีการผลิตซิลิโคน

ในกระบวนการผลิตซิลิโคนนั้นจะเริ่มต้นการผลิตด้วยสารตั้งต้นคือธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์ ซึ่งธาตุซิลิคอนนั้นจะไม่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ โดยทั่วไปตามธรรมชาติแล้วธาตุซิลิคอนจะพบในรูปแบบที่มีพันธะเชื่อมต่อกับธาตุออกซิเจน เราสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในรูปของทราย หินแกรนิต หรือแร่บางชนิด พันธะของธาตุซิลิคอนและออกซิเจนนั้นจะมีความแข็งแรงและเสถียรมาก ซึ่งหากต้องการจะทำลายพันธะของธาตุทั้งสองนี้จะสามารถทำได้โดยการใช้ความร้อนในอุณหภูมิที่สูงมาก [3]

2.2.2.1 การผลิตธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์

วิธีการนำมาซึ่งธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์นั้นจะสามารถผลิตได้โดยการนำทราย หินแกรนิต หรือแร่บางชนิดมาทำปฏิกิริยากับแกรไฟต์ (Graphite) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 1,400°C ในเตาเผาไฟฟ้า จะทำให้สารตั้งต้นดังกล่าวเกิดปฏิกิริยา Reduction จากซิลิคอนไดออกไซด์กลายเป็นซิลิคอนบริสุทธิ์ โดยที่กระบวนการนี้จะสามารถผลิตธาตุซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์ได้สูงถึง 99% โดยสมการของการเกิดปฏิกิริยามีดังนี้

$$SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2(g)$$

ภาพที่ 2.11 ธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์ (http://images-of-elements.com/silicon.php)

2.2.2.2 การทำธาตุซิลิคอนให้มีขนาดเล็ก

กระบวนการขั้นต่อมาคือการนำธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์มาผ่านเครื่องบดเพื่อให้ธาตุซิลิคอนที่จะนำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตซิลิโคนนั้นมีขนาดเล็ก ซึ่งข้อดีของการมีขนาดที่เล็กคือจะมีพื้นที่ผิวมากขึ้น สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

2.2.2.3 การผลิตคลอโรไซเลน

หลังจากที่ทำให้ธาตุซิลิคอนซึ่งเป็นสารตั้งต้นมีขนาดเล็กแล้ว ในขั้นต่อไปจะทำการโหลดธาตุซิลิคอนลงในเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) และทำการเติมเมธิลคลอไรด์ (Methyl Chloride; CH_3Cl) เข้ามายังเครื่องปฏิกรณ์ โดยใช้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 250-300°C ที่ความดัน 1-5 bar ปฏิกิริยาการผลิตคลอโรไซเลน (Chlorosilanes) นี้จะใช้ธาตุคอปเปอร์ (Copper; Cu) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และสารผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจะอยู่ในรูปสารผสมของคลอโรไซเลนประกอบไปด้วย ไดเมธิลไดคลอโรไซเลน (Dimethyldichlorosilane; Me_2SiCl_2) เป็นผลิตภัณฑ์หลักซึ่งมีในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ เมธิลไตรคลอโรไซเลน (Methyltrichlorosilane; $MeSiCl_3$) ไตรเมธิลคลอโรไซเลน (Trimethylchlorosilane; Me_3SiCl) และเมธิลไดคลอโรไซเลน

(Methyldichlorosilane; $MeHSiCl_2$) ตามลำดับ และยังมีไซเลนประเภทอื่นผสมอีกในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งกระบวนการในขั้นตอนนี้จะแสดงดังสมการ

$$xSi + yCH_3Cl \xrightarrow{Cu} Methylchlorosilanes$$

2.2.2.4 การทำให้คลอโรไซเลนมอนอเมอร์บริสุทธิ์

ในขั้นตอนนี้จะไม่ใช่การทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีใดๆ แต่เป็นการกลั่นเพื่อให้ได้คลอโรไซเลนมอนอเมอร์ที่บริสุทธิ์เพื่อที่จะนำไปเข้าสู่กระบวนการในขั้นต่อไป โดยที่ในการกลั่นแยกมอนอเมอร์ในสารคลอโรไซเลนซึ่งมีจุดเดือดใกล้เคียงกันนี้จะต้องใช้หอกลั่นที่สูงมาก เพื่อที่จะสามารถกลั่นแยกมอนอเมอร์ชนิดต่างๆออกจากกันตามจุดเดือดได้อย่างแม่นยำ ซึ่งในการกลั่นนี้จะใช้เพียงหลักการเปลี่ยนสถานะของสารคือการเปลี่ยนจากของเหลวกลายเป็นไอ และการเปลี่ยนจากไอเป็นของเหลวตามจุดเดือดในมอนอเมอร์แต่ละชนิด

2.2.2.5 การเปลี่ยนคลอโรไซเลนเป็นไซลานอล

หลังจากกลั่นแยกมอนอเมอร์แล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์คลอโรไซเลนหลักคือไดเมธิลไดคลอโรไซเลน ซึ่งจะนำมาทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ซึ่งก็คือการเติมน้ำเพิ่มเข้าไปเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่อมาคือ ไดไซลานอล (Disilanol) โดยที่ไดไซลานอลนี้จะมีหมู่ฟังก์ชันตรงซิลิคอนอะตอมที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา 2 หมู่ คือ หมู่ไซลานอล (Silanol Group; Si-OH) ซึ่งที่ตำแหน่งนี้เองจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องคือ ปฏิกิริยาการควบแน่น (Condensation) ต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ต่อไป โดยจะเห็นได้จากสมการการเกิดปฏิกิริยาดังนี้

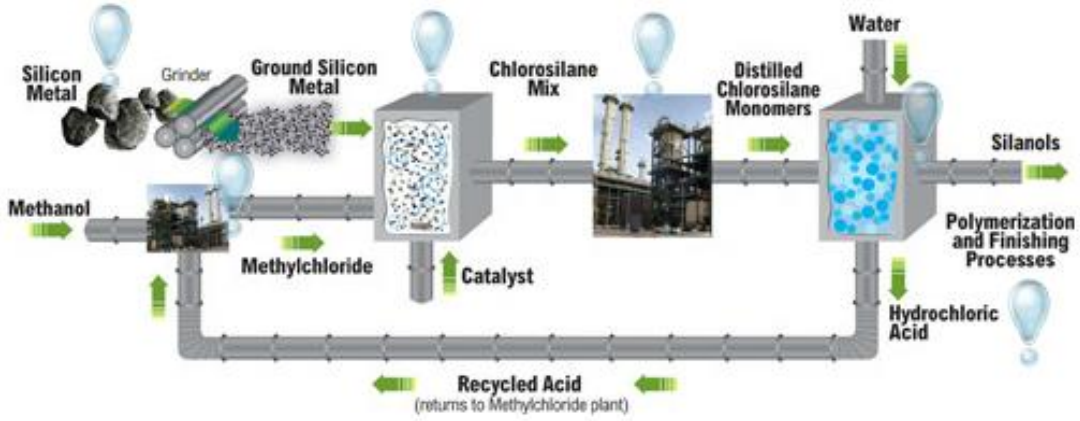
$$Me_2SiCl_2 + 2H_2O \rightarrow Me_2Si(OH)_2 + 2HCl$$

$$2Me_2Si(OH)_2 \rightarrow -O(Me_2Si) - O - (SiMe_2)O - + H_2O$$

2.2.2.6 การเกิดเป็นซิลิโคน

เมื่อไดไซลานอลเกิดปฏิกิริยาการควบแน่นแบบต่อเนื่องแล้ว โมเลกุลที่เกิดขึ้นมาจะถูกต่อกันเป็นสายโซ่และเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ซึ่งในวิธีการผลิตนี้จะสามารถดัดแปลงโครงสร้างของซิลิโคนได้ตามที่ต้องการ เช่น การเติมสารครอสลิงค์ (Cross-linking Agent) การใส่เม็ดสี การเติมสารเพิ่มเนื้อ หรือการดัดแปลงไปในรูปแบบต่างๆ และจะจบกระบวนการด้วยการเติมสารที่ทำหน้าที่ปิดสายโซ่พอลิเมอร์ (Chain Stopper)

$$-(Me_2Si)OH + Me_3SiOSiMe_3 \rightarrow -(Me_2Si) - OSiMe_3 + Me_3SiOH$$



ภาพที่ 2.12 ภาพรวมของกระบวนการผลิตซิลิโคน [3]

2.2.3 การใช้งานของสารเคมีประเภทซิลิโคนในอุตสาหกรรม

ซิลิโคนถูกใช้งานมากมายในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมการผลิตสี อุตสาหกรรมการเคลือบเงา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมน้ำยาทำความสะอาด อุตสาหรรมน้ำมันนำความร้อนและน้ำมันหล่อลื่น อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเครื่องจักร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเกี่ยวกับสุขภาพ และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งในที่นี้จะทำการยกตัวอย่างการนำซิลิโคนไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ [3]

2.2.3.1 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมยานยนต์

ซิลิโคนได้มีการใช้งานในอุตสาหกรรมรถยนต์อย่างกว้างขวางทั้งภายในและภายนอก โดยจะใช้ในการทำเป็นยางเพื่อให้ยืดหยุ่น การใช้รับแรงกระแทก และการใช้เชื่อมอุปกรณ์ ซึ่งประโยชน์จากการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนกับอุตสาหกรรมยานยนต์คือ จะช่วยเพิ่มความสะดวกสบายโดยการลดเสียงก่อกวนจากอุปกรณ์ต่างที่เกิดการสั่นสะเทือนไปมา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับชิ้นส่วนบางชิ้นโดยการเป็นตัวช่วยถ่ายเทความร้อน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของถุงลมนิรภัย นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นน้ำยาเคลือบเงาให้กับยางรถและเบาะหนังได้อีกด้วย

2.2.3.2 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมความงาม

ซิลิโคนถูกใช้ในอุตสาหกรรมดูแลเส้นผม ดูแลผิวพรรณ และเครื่องสำอางสำหรับประทินผิว โดยซิลิโคนจะทำให้ผมนุ่มลื่นและเงางามซึ่งก็รวมไปถึงผลิตภัณฑ์สำหรับดูแล

ผิวพรรณด้วยเช่นกัน ซิลิโคนสามารถช่วยให้สีของเครื่องสำอางดูสวยงามเป็นธรรมชาติและยังสามารถนำไปใช้ในประโยชน์ในด้านต่างๆได้อีกมากมายเช่น ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเคลือบผิวและป้องกันผิวจากรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet; UV) เป็นต้น นอกจากนี้สเปรย์ที่มีการใช้งานดับกลิ่นหรือน้ำหอมต่างๆก็มีส่วนผสมของซิลิโคนอยู่ด้วย

2.2.3.3 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ซิลิโคนถูกใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่คุ้นเคยและเป็นรูปธรรมที่สุดก็คือ ซิลิโคนที่ใช้ทำซิลิโคนยาแนว แต่ไม่เพียงเท่านี้ซิลิโคนยังถูกใช้ร่วมกับฟังก์ชันต่างๆมากมายในการก่อสร้าง เช่น การทำเป็นสารเคลือบกระจกหรือผนังเพื่อคุณสมบัติในการป้องกันน้ำ ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet; UV) ป้องกันความร้อนเป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีโซลาร์เซลล์ในแผงวงจรหรือมีการใช้งานร่วมกับหลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) อีกด้วย

2.2.3.4 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิก

ซิลิโคนจัดเป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการจัดการกับแสง (Light Management) และความร้อน (Thermal Management) ได้ดี โดยซิลิโคนจะคอยป้องกันชิพของ LED (Light Emitting Diode) ที่แสดงผลอยู่บนหน้าจอ LCD (Liquid-crystal Display) ได้ และซิลิโคนจะเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการส่งผ่านความร้อนจากชิ้นส่วนต่างๆภายในวงจรอิเล็คทรอนิกได้ดี ซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับปัจจุบันที่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกที่มีขนาดเบาเล็ก ที่ต้องใช้การประมวลผลที่เร็วและก่อให้เกิดความร้อนสูง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันรอย ป้องกันการกัดกร่อน และช่วยลดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกจากการใช้งานได้อีกด้วย การใช้ซิลิโคนในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกนั้นจึงถือว่าเป็นการช่วยยืดอายุการใช้งานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกนั้นๆได้ ซึ่งสาเหตุที่ซิลิโคนมีความสามารถดังกล่าวข้างต้นเนื่องจากซิลิโคนสามารถปรับโครงสร้างให้มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าหรือเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ อีกทั้งยังเป็นสารเคมีเคลือบที่มีความเงาและใสซึ่งเหมาะกับการใช้งานคู่กับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแสงต่างๆ เช่น LED (Light Emitting Diode) เป็นต้น

2.2.3.5 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการแพทย์

การใช้งานซิลิโคนในอุตสาหกรรมการแพทย์นั้นจะแบ่งการใช้งานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือ การทำอุปกรณ์ทางการแพทย์ เนื่องจากซิลิโคนเมื่อผ่านการทำเป็นยางแล้วจะมี

คุณสมบัติยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง เหมาะสมกับการใช้งานกับร่างกายของมนุษย์ ส่วนต่อมาคือการช่วยนำพาเนื้อยาเข้าสู่คนไข้ ซึ่งถ้าเป็นการใช้งานที่มองเห็นภาพง่ายก็คือ การใช้ซิลิโคนเป็นเจลหรือโลชั่นเพื่อให้คุณสมบัติการยึดเกาะมีส่วนช่วยในการนำพาเนื้อยาเข้าสู่ร่างกาย และส่วนสุดท้ายคือการใช้งานในกระบวนการผลิตยาหรือวัคซีนต่างๆ โดยใช้ซิลิโคนที่เป็นยางมาเป็นท่อส่งผ่านของไหลและก๊าซในขั้นตอนการผลิต หรือการใช้ซิลิโคนอิมัลชันมาเป็นสารลดฟองในขั้นตอนการผลิต

2.2.3.6 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในครัวเรือน

ในปัจจุบันแทบทุกครัวเรือนปฏิเสธไม่ได้ที่จะไม่ใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่างๆ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในครัวเรือนเกือบทุกชนิดมีซิลิโคนเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากซิลิโคนมีคุณสมบัติในการเคลือบพื้นผิวให้มีความเงางาม และสามารถยึดจับกับสารอินทรีย์ซึ่งเป็นคราบสกปรกได้ดี ทำให้ซิลิโคนถูกใช้งานในการผลิตน้ำยาถูพื้น น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำยาซักผ้า น้ำยาเคลือบผิวให้มีความเงางามต่างๆ

2.2.3.7 ซิลิโคนกับโครงสร้างพื้นฐาน

ซิลิโคนได้มีการใช้งานมากมายกับโครงสร้างพื้นฐานของประเทศต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง โดยใช้เป็นฉนวน หรือใช้ในการเป็นเกราะหุ้มคอยป้องกันอุปกรณ์อิเล็คทรอนิก ใช้ในระบบน้ำมันและก๊าซ โดยใช้งานเป็นสารลดฟอง ใช้เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ ใช้เชื่อมวัสดุต่างๆในการทำงาน ระบบรถขนส่งสาธารณะ เนื่องจากซิลิโคนได้มีการใช้งานในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งทำให้ระบบรถขนส่งสาธารณะก็จะมีซิลิโคนเป็นองค์ประกอบด้วย ระบบพลังงานทางเลือก ซึ่งจะใช้มากในการใช้งานร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ เนื่องจากซิลิโคนมีความสามารถทนความร้อนและรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดี ระบบน้ำประปา โดยซิลิโคนจะถูกใช้งานเป็นสารลดฟองในกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปได้ง่ายขึ้น ทำให้ลดการใช้งานของน้ำประปาได้เนื่องจากสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีขึ้น ระบบถนน สะพาน รันเวย์ ที่จอดรถต่างๆ เนื่องจากซิลิโคนจะสามารถเชื่อมวัตถุต่างๆได้ดี ซึ่งวัสดุเหล่านี้จะต้องโดนแดด ความร้อน ฝน หรือสภาพอากาศต่างๆนานนับปีๆ จึงจะมีการขยายตัวและหดตัวไปตามอุณหภูมิและซิลิโคนเองที่จะคอยช่วยเหลือปัญหาดังกล่าวนี้ นอกจากนี้ซิลิโคนยังเป็นวัสดุทางเลือกให้กับเหล่าสถาปนิกต่างๆในการออกแบบอาคารในมหาวิทยาลัย โรงยิม หรือสถานที่ต่างๆให้ดูทันสมัยได้ เนื่องจากซิลิโคนเป็นวัสดุที่มี

คุณสมบัติเฉพาะตัวในการใช้งานมากมาย เช่น คุณสมบัติในการเคลือบเงา การป้องกันน้ำ การป้องกันความร้อนและสภาพอากาศ เป็นต้น

2.2.3.8 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการผลิต

ซิลิโคนได้ถูกใช้งานร่วมกับในอุตสากรรมการผลิตพลาสติกและยางต่างๆเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความยืดหยุ่นและการทนต่ออุณหภูมิที่สูง ซึ่งสามารถใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อให้กับอุตสาหกรรมเหล่านี้ได้เนื่องจากซิลิโคนมีความสามารถในการเข้ากันได้ดีกับสารอินทรีย์ต่างๆได้ง่าย นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตยังมีการใช้ซิลิโคนเป็นสารลดฟอง ใช้เป็นน้ำมันนำความร้อน และใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นให้กับเครื่องจักรต่างๆได้เป็นอย่างดี

2.2.3.9 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมการผลิตสีและสารเคลือบผิว

ซิลิโคนได้ถูกใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตสีและสารเคลือบผิวโดยซิลิโคนจะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มเนื้อให้กับสีและหมึกที่ได้อีกทั้งยังช่วยในคุณสมบัติการยึดเกาะและการป้องกันน้ำและรอยขีดข่วนอีกด้วย ในสีบางชนิดจะมีการใช้โลหะหนักเช่น โครเมียมเป็นส่วนผสมในการผลิตสีและซิลิโคนนี้เองจะช่วยเป็นองค์ประกอบแทนโครเมียมในส่วนผสมดังกล่าว ซิลิโคนยังถูกใช้เป็นสารเคลือบผิวที่สำคัญ ด้วยคุณสมบัติที่ทนความร้อนและรอยขีดข่วนทางกายภาพได้ดี จึงถูกใช้เป็นสารเคลือบสีที่ตัวถังของรถยนต์ซึ่งนอกจากจะช่วยในการต้านทานความร้อนและรอยขีดข่วนยังช่วยให้สีของรถดูเงางามอีกด้วย และอีกการใช้งานของสารซิลิโคนที่สำคัญคือการใช้เป็นสารเคลือบผิววัสดุของอุปกรณ์ทำครัวต่างๆ เช่น หม้อ กระทะ เตาบาร์บีคิว เป็นต้น

2.2.3.10 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมกระดาษและฟิล์ม

ซิลิโคนได้ถูกใช้งานในอุตสาหกรรมกระดาษและฟิล์มอย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตเยื่อกระดาษซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ซิลิโคนเป็นสารลดฟองในขั้นตอนการผลิต และเมื่อต้องการที่จะรีไซเคิลกระดาษให้นำมาใช้ใหม่ก็จะต้องใช้สารซิลิโคนในกระบวนการรีไซเคิลด้วยเช่นกัน กระดาษ Post-it ก็จะใช้ซิลิโคนในการทำงานร่วมกับกาวที่ยึดเกาะเพื่อให้มีความเรียบเนียนสามารถดึงลอกออกจากวัตถุได้ง่ายโดยไม่ทิ้งร่องรอย ทั้งนี้ก็รวมถึงกระดาษ Label และเทปกาวด้วยที่จำเป็นจะต้องใช้ซิลิโคนกับกาวเป็นส่วนประกอบในการผลิต นอกจากนี้ฟิล์มที่มีการใช้งานโดยใช้เป็นฟิล์มกันรอยของโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์แทปเล็ต เครื่องเล่น MP3 หรือโน๊ตบุ้คต่างๆ ล้วนมีซิลิโคนเป็นส่วนประกอบของฟิล์มทั้งสิ้น

2.2.3.11 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมพลังงาน

ซิลิโคนถูกใช้เป็นสารที่คอยควบคุมความปลอดภัยต่างๆในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับพลังงาน เช่น ถูกใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าในสายเคเบิ้ลใต้ดิน ใช้เป็นสารหล่อเย็นที่ไม่นำไฟฟ้าในเครื่องแปลงไฟฟ้า ใช้เป็นสารหล่อลื่นในเบรคเกอร์ไฟฟ้ารวมถึงเป็นฉนวนไฟฟ้าให้ขดลวดในมอเตอร์ ใช้ผลิตเป็นวัสดุฉนวนไฟฟ้าแรงสูง (High-Voltage Insulator Silicone) สำหรับเคลือบผิวต่างๆเพื่อลดความเสี่ยงต่อการโดนไฟฟ้าดูดขณะซ่อมบำรุง หรือจะใช้งานเป็นฉนวนไฟฟ้าสำหรับหุ้มสายไฟธรรมดาก็ได้ เป็นต้น

2.2.3.12 ซิลิโคนกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ซิลิโคนได้ถูกใช้งานในอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยได้มีส่วนช่วยตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตสิ่งทอคือใช้เป็นสารลดฟองในกระบวนการผลิต หลังจากที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเสื้อผ้าหรือกางเกงแล้วซิลิโคนยังใช้ช่วยในการเคลือบสิ่งทอต่างๆในมีความนุ่มลื่น ไม่ก่อให้เกิดความคันจากเส้นใยผ้า ช่วยรักษาระดับความชื้นของเสื้อผ้าทำให้สามารถรีดได้ง่าย อีกทั้งสิ่งทอในรูปแบบของเต้นท์ยังได้ซิลิโคนช่วยในเรื่องการป้องกันความร้อนได้อีกด้วย

2.2.3.13 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนในต่างประเทศ

ทุกประเทศทั่วโลกได้มีการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนกันอย่างมหาศาลโดยจะหยิบยกงานวิจัยที่ได้ทำการสำรวจการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนในประเทศเดนมาร์กมาเป็นตัวอย่าง ซึ่งประเทศเดนมาร์กมีประชากรทั้งสิ้นประมาณ 5.6 ล้านคน [9] ซึ่งมีประชากรน้อยกว่าประเทศไทยราว 12 เท่า แต่ทั้งนี้เมื่อได้มีการสำรวจการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนพบว่าประเทศเดนมาร์กมีการใช้งานของสารเคมีประเภทซิลิโคนเฉลี่ยถึง 2,400-3,800 ตันต่อปี [10] ซึ่งได้มีการใช้กระจายไปในแต่ละอุตสาหกรรมดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนของประเทศเดนมาร์กในปี 2002 [10]

ประเภทของการใช้งาน	ปริมาณการใช้งาน (ตัน/ปี)	เปอร์เซนต์ (%)
Sealants	920	29
Paints, Inks and Coatings	200	6
Cosmetics and Toiletries	240	8
Wax, Polishes and Cleaning Agents	100	3
Mechanical Fluids and Heat Transfer Fluids	50	1.6
Textile Applications	380	12
Processing Aids	470	15
Paper Coating	210	7
Health Care	110	4
Other Uses	440	14.4
รวม	**3,120**	**100**

ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศที่มีประชากรจำนวนไม่มากแต่ยังมีการใช้งานที่สูงถึง 3,120 ตัน และเมื่อมีการใช้งานแล้วย่อมต้องเกิดของเสียตามมา ขึ้นชื่อว่าเกิดของเสียขึ้นก็ย่อมต้องส่งผลกระทบกับธรรมชาติตามมาอย่างแน่นอนไม่ว่ามากก็น้อยหรือทางใดก็ทางหนึ่ง โดยของเสียที่เกิดขึ้นนั้นก็ย่อมต้องถูกจัดการในรูปแบบต่างๆที่ถูกต้องเพื่อลดผลกระทบหรือมลพิษที่จะปล่อยออกสู่ธรรมชาติให้น้อยที่สุด

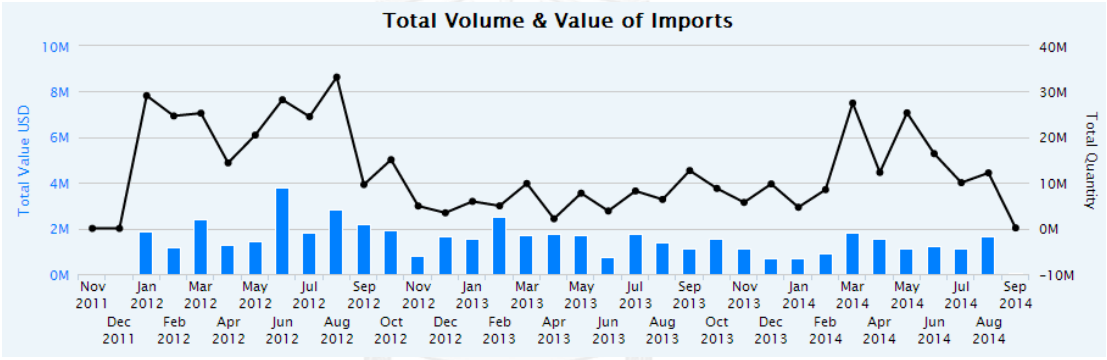
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.6 การกระจายตัวของซิลิโคนสู่ธรรมชาติโดยโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1993 (x 1,000 ตัน) [10]

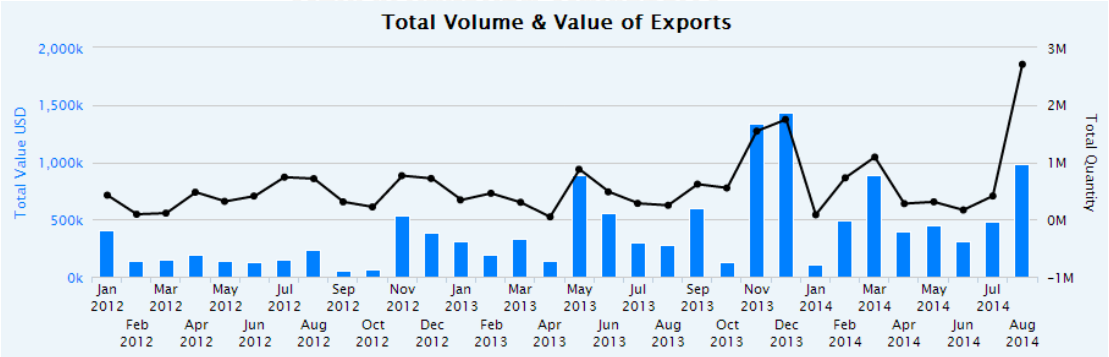
	Volatile methylsiloxane	Polydimethyl siloxane	Modified Polydimethyl siloxane	Polyether methyl siloxane	Silicone Resins	Silicone elastomers
- Wastewater treatment plant	0.65	13.59	0.74	2.69	0.00	0.00
- Landfilled/ Incinerated/ Recycled	0.70	24.81	3.33	7.21	2.42	89.13
- Dispersed	0.25	13.38	0.29	0.00	0.31	0.00
- Soil	0.00	0.00	0.01	0.34	0.00	0.00
- Air	18.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
Total	19.70	51.78	4.37	10.24	2.73	89.21

2.2.3.14 การนำเข้าและส่งออกสารเคมีประเภทซิลิโคนในประเทศไทย

ในประเทศไทยนั้นไม่ได้เป็นฐานการผลิตซิลิโคนที่ใหญ่ในโลก จึงต้องใช้การนำเข้าร่วมกับการผลิตเพื่อการใช้งานในระบบอุตสาหกรรม โดยประเทศไทยนั้นมีการนำเข้าสารเคมีประเภทซิลิโคนในปริมาณราว 13% เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ แต่มีการส่งออกสารเคมีประเภทซิลิโคนในปริมาณเพียงราว 2.2% เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ [11] ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศไทยนั้นมีการนำเข้าสารเคมีประเภทซิลิโคนเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆในจำนวนที่มากกว่าการผลิตเพื่อส่งออก โดยที่ปริมาณการนำเข้าของสารเคมีประเภทซิลิโคนของประเทศไทยในปี 2013 นั้นอยู่ที่ประมาณ 85,830 ตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีปริมาณการใช้งานที่ค่อนข้างสูงมาก ในขณะที่ปริมาณการส่งออกนั้นอยู่ที่เพียง 7,470 ตันโดยประมาณ ดังภาพที่ 2.13 ถึง 2.14



ภาพที่ 2.13 กราฟแสดงการนำเข้าของสารเคมีประเภทซิลิโคนเข้ามาในประเทศไทย [11]



ภาพที่ 2.14 กราฟแสดงการส่งออกของสารเคมีประเภทซิลิโคนออกจากประเทศไทย [11]

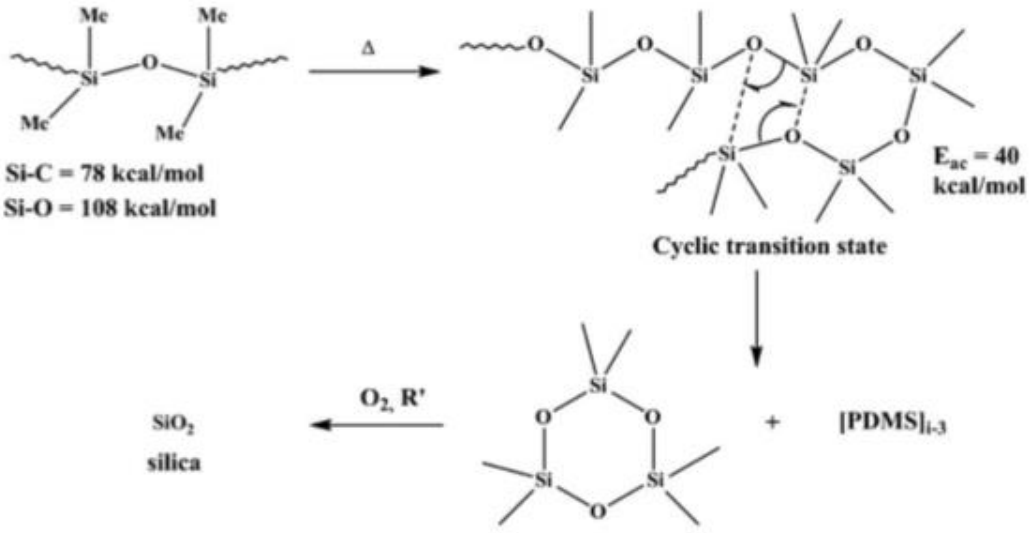
2.2.4 ประเมินสภาวะเศรษฐกิจกับสารเคมีประเภทซิลิโคน

สารเคมีประเภทซิลิโคนที่มีโครงสร้างเป็นวงที่สำคัญคือ โครงสร้างแบบ D4 D5 และ D6 จัดเป็นสารเคมีที่ระเหยได้ง่าย มีความเป็นพิษต่อร่างกายและธรรมชาติ ทำให้ประเทศบางประเทศเช่น แคนาดา จะทำการจัดหมวดหมู่ของสารเคมีดังกล่าวนี้เข้าไปในรายชื่อของสารเคมีที่มีพิษ CEPA-Toxic (Canadian Environmental Protection Act) และตั้งข้อกำหนดการใช้งานอย่างเข้มงวดมากขึ้น โดยภายหลังการประกาศการจัดสารเคมีดังกล่าวเข้าไปในรายชื่อ CEPA-Toxic ในปี 2007 ทำให้เกิดการประเมินสภาวะเศรษฐกิจของประเทศจากการงดใช้สารเคมีดังกล่าวนี้ ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าหากมีการใส่สารเคมีดังกล่าวอยู่ในรายชื่อสารเคมีที่มีพิษหรือ CEPA-Toxic จะทำให้ประเทศแคนาดาจะต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตรวมถึงสูตรเคมีต่างๆที่ต้องใช้ในสารผลิตภัณฑ์ทั้งหมด รวมไปถึงเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต อีกทั้งยังต้องลงทุนในการวิจัยและพัฒนา (R&D) อีกมหาศาล ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นอย่างมาก อีกทั้งยังต้องมีการลดจำนวนพนักงานเพื่อลดรายจ่ายก็จะทำให้อัตราการว่างงานในประเทศเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และเนื่องจากต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นก็จะทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้น ศักยภาพในการแข่งขันกับต่างประเทศก็จะลดลง จนมีการคาดการณ์ของ GDP (Gross Domestic Product) ที่จะลดลงของประเทศแคนาดาหากนำสารเคมีประเภทซิลิโคนดังกล่าวเข้าไปในรายชื่อของ CEPA-Toxic ซึ่งตัวเลขที่คาดการณ์ของ GDP จะลดลงประมาณ 312 ล้านดอลลาร์แคนาดา [12] ทั้งนี้ในปี 2011 ได้มีรายงานจากกระทรวงสิ่งแวดล้อมของประเทศแคนาดาออกมาถึงการทบทวนที่จะไม่นำซิลิโคนโครงสร้าง D5 เข้าไปในรายชื่อของ CEPA-Toxic ซึ่งทางกระทรวงได้กล่าวว่าซิลิโคนโครงสร้าง D5 ไม่ได้มีมลพิษกับธรรมชาติในนิยามที่ทาง CEPA ได้ระบุไว้ [13] จะเห็นได้ว่าสารเคมีประเภทซิลิโคนได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนและยังส่งผลต่อสภาวะเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก เนื่องจากสารเคมีประเภทซิลิโคนเป็นองค์ประกอบหลักในสินค้าและผลิตภัณฑ์มากมายหลายอุตสาหกรรม

2.2.5 การรีไซเคิลซิลิโคน

การรีไซเคิลซิลิโคนนั้นทำได้โดยการทำให้ซิลิโคนเกิดปฏิกิริยา Depolymerization โดยโมเลกุลของซิลิโคนพอลิเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยานี้แล้วจะเกิดการฟอร์มโครงสร้างเป็นวง (Cyclization) ซึ่งซิลิโคนในโครงสร้างที่เป็นวงนั้นจะมีจำนวน Silicon Unit จำนวน 3-6 Unit [14] ทำให้ซิลิโคนกลับกลายมาเป็นมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Low Molecular Weight) ซึ่งจะทำให้สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้งานใหม่ได้ ดังภาพที่ 2.15 ซึ่งจะทำได้โดยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เติมกรดและเบส จากนั้นจึงกลั่นซิลิโคนให้ออกมาอยู่ในรูปของ Cyclic Siloxanes [15] แต่พบว่ามีการเติมตัวทำละลายอินทรีย์ กรดและเบสในปริมาณที่มากเกินไปทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงในการใช้งานจริง

ในภาคอุตสาหกรรม ต่อมาได้มีการจดสิทธิบัตรการรีไซเคิลครอสลิงค์ซิลิโคนที่เป็นของเสีย (Crosslinked Silicone Wastes) โดยการเติมสารเคมีที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group; -OH Group) คือ เมธานอล (Methanol) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis) ที่ตำแหน่งครอสลิงค์ ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งนั้นถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทำให้สามารถรีไซเคิลได้โดยง่าย [16] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงกระบวนการการสลายตัวด้วยความร้อน (Thermal Decomposition) ของ PDMS/PMA IPNs ภายใต้ภาวะที่มีอากาศปกติและในภาวะที่มีก๊าซไนโตรเจน (N_2) แทนที่ ซึ่งพบว่าการที่มี N_2 เป็นบรรยากาศจะเกิดการแตกตัวของพอลิเมอร์แบบ Chain Scission และซิลิโคนพอลิเมอร์ในรูปเส้นตรง (Linear Siloxanes) จะเปลี่ยนไปเป็นรูปวง (Cyclic Siloxanes) และเกิดส่วนตกค้าง (Residue) ตกค้างอยู่ในปริมาณไม่มาก ซึ่งแตกต่างกับการที่มีออกซิเจนอยู่ในบรรยากาศในการรีไซเคิล ซึ่งจะเกิดส่วนตกค้างอยู่ในปริมาณที่มากกว่า [17] ภายหลังได้มีการทดลองออกแบบเครื่องจักรที่ใช้ในการรีไซเคิลซิลิโคนและได้ทำการจดสิทธิบัตรการออกแบบเครื่องจักรที่นำมารีไซเคิลซิลิโคนซึ่งมีข้อถือสิทธิที่สำคัญคือ เป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะคล้ายท่อที่สามารถรับความร้อนได้จากผนังของท่อและมีใบกวนและมีใบกวนแบบสว่านอยู่ภายในท่อ [18] จะพบว่าในต่างประเทศได้มีการศึกษาถึงการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนด้วยกระบวนการ Depolymerization กันมากว่า 20 ปีแล้ว โดยที่การศึกษานี้ค่อยๆเพิ่มความเป็นไปได้ในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนจากหลายๆแหล่งที่มาซึ่งมีมากขึ้นเรื่อยๆ และได้พัฒนาเข้ามาสู่ระดับอุตสาหกรรมในที่สุด ในขณะที่ประเทศไทยนั้นแทบไม่มีการนำความรู้หรือเทคโนโลยีการรีไซเคิลซิลิโคนมาใช้ในการทำธุรกิจเลยทั้งๆที่มีงานวิจัยมากมายที่ได้ศึกษาถึงการรีไซเคิลซิลิโคน ประเทศไทยจึงทำได้เพียงนำเข้าซิลิโคนที่ผ่านการรีไซเคิลจากจีน อินเดีย อเมริกา หรือทางฝั่งยุโรปเท่านั้น เนื่องจากมีราคาที่ถูก ไม่เช่นนั้นก็จะต้องซื้อซิลิโคนพอลิเมอร์บริสุทธิ์ที่ผ่านการสังเคราะห์จากมอนอเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งในที่นี้ก็มีบริษัทรายใหญ่มากมายที่ได้มีการขายซิลิโคนพอลิเมอร์ที่เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ โดยซิลิโคนที่มีความบริสุทธิ์สูงที่เกิดจากการสังเคราะห์นี้จะมีราคาที่สูงกว่าซิลิโคนพอลิเมอร์เกรดรีไซเคิลอยู่มาก ซึ่งการใช้งานของซิลิโคนในบางกรณีหรือบางอุตสาหกรรมนั้นไม่จำเป็นต้องใช้ซิลิโคนที่มีความบริสุทธิ์สูงที่ได้จากการสังเคราะห์จากมอนอเมอร์ แต่สามารถใช้เพียงซิลิโคนเกรดรีไซเคิลก็มีความเพียงพอแล้ว นอกจากจะประหยัดต้นทุนในการนำเข้าซิลิโคนเพื่อมาใช้งานแล้ว ยังเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมจากการที่นำของเสียกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.15 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากปฏิกิริยา Depolymerization [7]

2.3 เครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถัง (Reactor) ในอุตสาหกรรมเคมีนั้นหากแบ่งประเภทจากการทำงานแล้ว จะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท [19]

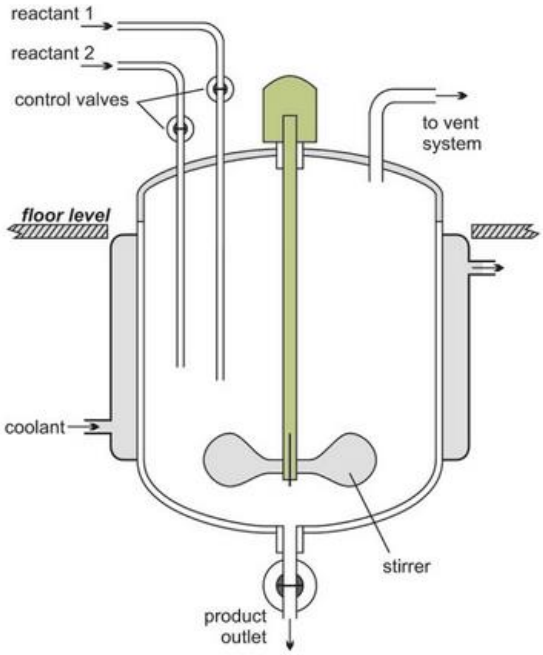
2.3.1 ประเภทของเครื่องปฏิกรณ์

ในเครื่องปฏิกรณ์เคมีนั้นจะแบ่งประเภทของเครื่องปฏิกรณ์จากการทำงานออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.1.1 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบกะ

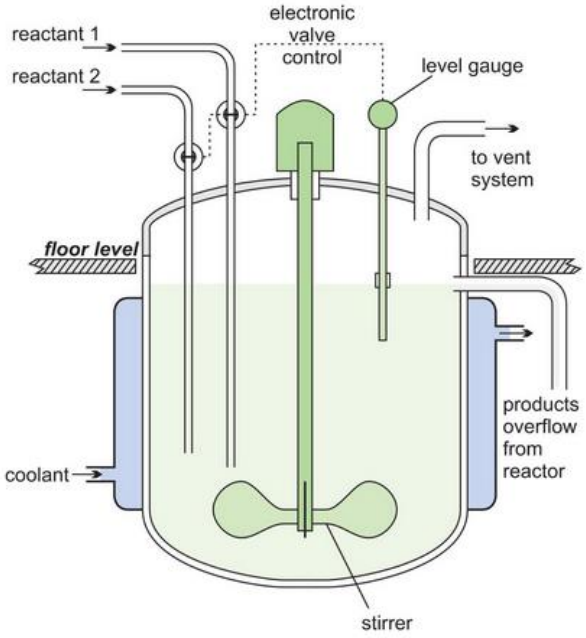
เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบกะ (Batch Operation) ดังเช่น เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (Batch Reactor) จะมีการทำงานโดยการนำสารทั้งหมดป้อนเข้าไปในตัวเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นจะทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาโดยการใช้ปัจจัยต่างๆมาช่วยในการเร่งปฏิกิริยา และเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจนเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนดจึงจะสามารถนำสารที่ยังคงเหลืออยู่ในเครื่องปฏิกรณ์ออกมาได้ โดยทั่วไปเครื่องปฏิกรณ์ทำงานแบบกะจะเป็นลักษณะของถังกวนที่มีระบบใบกวนช่วยในการกวนสาร ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 เครื่องปฏิกรณ์แบบกะ [19]

2.3.1.2 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบไหลต่อเนื่อง

เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous Operation) ดังเช่นเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง (Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR) จะมีการทำงานโดยจะกวนสารที่ถูกป้อนเข้ามาอย่างต่อเนื่องให้ทำปฏิกิริยากันภายในถังโดยใช้การกวนด้วยระบบใบกวน แต่จะต่างจากเครื่องปฏิกรณ์แบบกะตรงที่เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่องจะมีสารตั้งต้นถูกเติมเข้ามาอย่างต่อเนื่องเรื่อยๆ ทำให้มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา และสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกส่งเข้าไปในหน่วยอื่นๆต่อไปเรื่อยๆ ซึ่งอาจมีการต่อเครื่องปฏิกรณ์แบบอนุกรมกันหรือสร้างเป็นหลายชั้นก็ได้ ดังภาพที่ 2.17



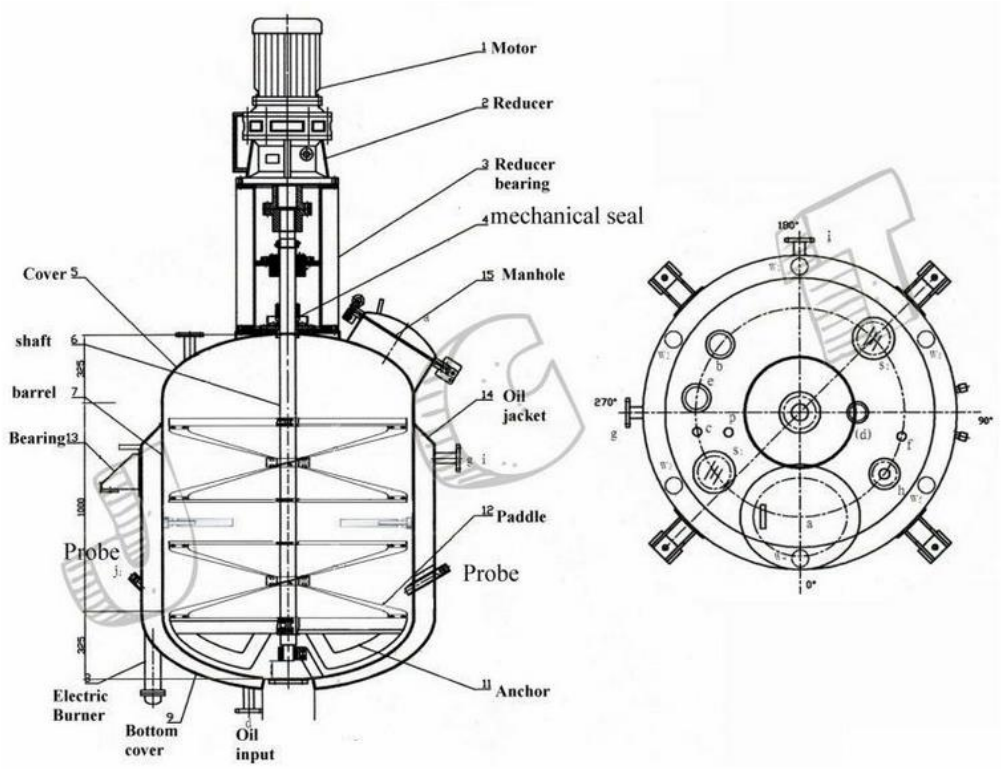
ภาพที่ 2.17 เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง [19]

2.3.1.3 เครื่องปฏิกรณ์ที่ทำงานแบบเฟดแบทช์

เครื่องปฏิกรณ์ที่มีการทำงานแบบเฟดแบทช์ (Fed-Batch Operation) หรืออาจเรียกว่าทำงานแบบเซมิแบทช์ (Semi-Batch Operation) คือจะมีลักษณะการทำงานก้ำกึ่งกันระหว่างแบบกะกับแบบไหลต่อเนื่อง

2.3.2 เครื่องปฏิกรณ์สำหรับใช้ในการรีไซเคิลซิลิโคน

จากการค้นคว้าเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) สำหรับการรีไซเคิลซิลิโคนจากต่างประเทศ โดยเน้นไปที่ประเทศจีนซึ่งเป็นแหล่งผลิตสินค้าต่างๆมากมายที่มีราคาต่ำโดยพบว่า ในประเทศจีนมีการขายผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่มาจากการรีไซเคิลกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีบริษัทที่รับจ้างผลิตเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนโดยเฉพาะอีกด้วย [20] ดังภาพที่ 2.18



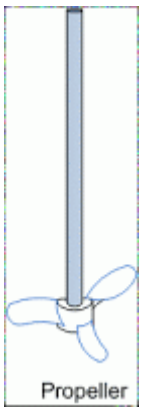
ภาพที่ 2.18 เครื่องจักรสำหรับการรีไซเคิลซิลิโคน [20]

2.3.3 ใบกวน

ในเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรมเคมีจะมีการใช้ระบบในกวนในการกวนสารเคมีให้เข้ากัน ซึ่งใบกวนนั้นจะมีมากมายหลายแบบมาก ซึ่งในแต่ละแบบก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป โดยเลือกใช้งานใบกวนตามลักษณะสารเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆของสารเคมีที่ถูกป้อนเข้ามาในเครื่องปฏิกรณ์ ในที่นี้จะทำการยกตัวอย่างใบกวนที่พบเห็นได้บ่อยและทั่วๆไปใน 4 ลักษณะ ดังนี้

2.3.3.1 ใบกวนลักษณะพัดลม

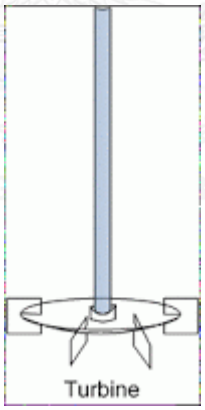
ลักษณะใบกวนจะคล้ายกับใบพัดของพัดลม มีใบพัดตั้งแต่ 2-4 บาน ใช้ในการกวนแบบช้าๆ เหมาะสำหรับการกวนของแข็ง แต่มีข้อเสียคือจะใช้พลังงานในการกวนสูงและมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีหากใช้กับการกวนของเหลว [21] ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ใบกวนลักษณะพัดลม

2.3.3.2 ใบกวนลักษณะกังหัน

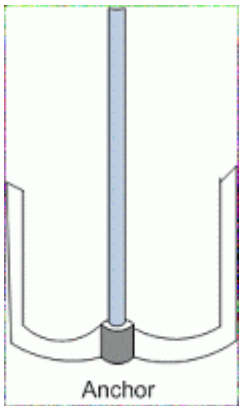
ลักษณะใบกวนจะคล้ายกังหันซึ่งจะมีข้อดีมากคือสามารถสร้างการหมุนที่ดี เหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานกับสารเคมีประเภทของเหลวและก๊าซเนื่องจากจะทำให้สารในเครื่องปฏิกรณ์สามารถกระจายตัวได้ดี แต่จะมีข้อเสียคือการทำงานของใบกวนลักษณะกังหันนี้จะทำงานได้ไม่ดีหากสารมีความหนืด โดยสามารถใช้งานได้ดีที่สุดแค่ในช่วงความหนืดของสารต่ำกว่า 20 Nm/m^2 เท่านั้น [21] ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ใบกวนลักษณะกังหัน

2.3.3.3 ใบกวนลักษณะสมอ

ลักษณะใบกวนจะคล้ายสมอจะมีข้อดีมากในการกวนสารที่มีลักษณะเป็นของไหลที่มีความหนืดโดยจะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนของสารเคมีกับผนังของเครื่องปฏิกรณ์แต่จะมีข้อเสียคือจะต้องใช้พลังงานในการกวนที่สูง [21] ดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 ใบกวนลักษณะสมอ

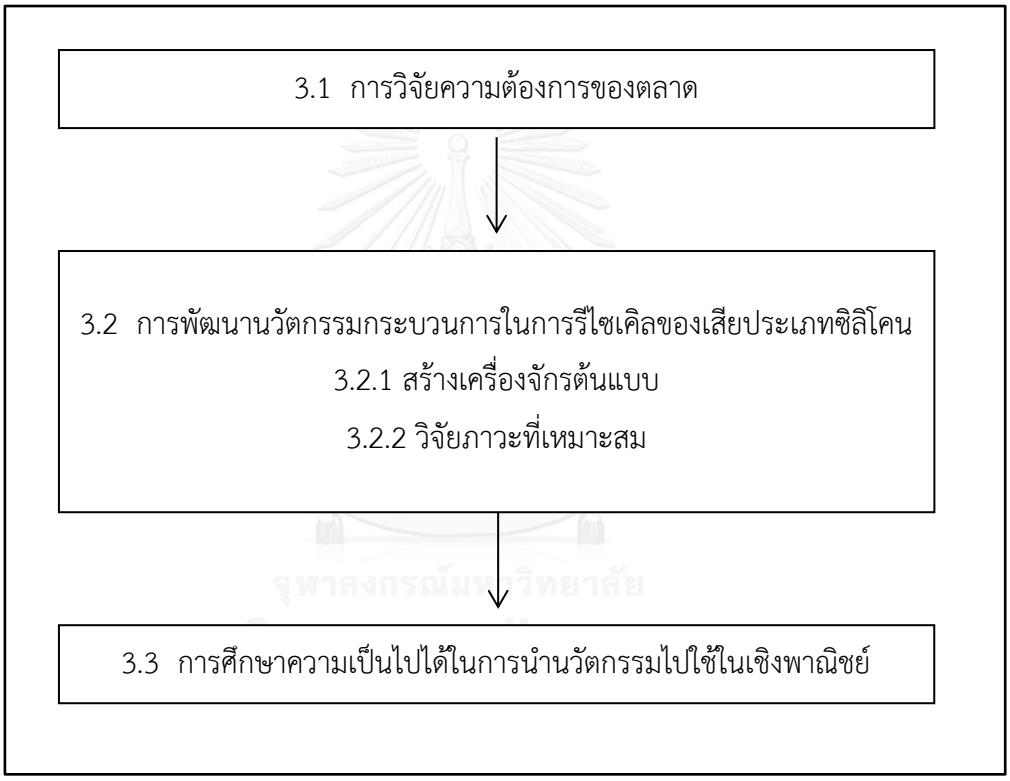
2.3.3.4 ใบกวนลักษณะเกลียว

ลักษณะใบกวนจะเป็นเกลียวคล้ายสกรูวนรอบแกนกลาง สามารถใช้ในการกวนสารที่มีความหนืดสูงได้ดี ทำให้สารที่มีความหนืดค่อยๆผสมเข้ากันอย่างช้าๆ [21] ดังภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 ใบกวนลักษณะเกลียว (http://www.indiamart.com/noble-procetech/agitator.html)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

สำหรับวิธีดำเนินงานวิจัยเรื่อง “นวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด” นี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การวิจัยความต้องการของตลาด การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน และการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ดังภาพที่ 3.1 โดยข้อมูลที่จะทำการวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการทำวิจัย

3.1 การวิจัยความต้องการของตลาด

3.1.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ กลุ่มผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคน คือ ผู้ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด โดยการวิจัยนี้จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งจะใช้ตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 3 ราย

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ การสัมภาษณ์เชิงลึก (Individual In-depth Interview) กับผู้ประกอบการหรือบุคคลากรที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนในบริษัทที่เป็นผู้ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการหรือบุคคลากรที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนในบริษัทที่เป็นผู้ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด ใช้วิธีการในการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์และการสัมภาษณ์ตัวต่อตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ ศึกษาค้นคว้าจากหนังสือและงานวิจัยที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการศึกษา รวมไปถึงเวปไซต์หรือบทความที่มีความเกี่ยวข้อง

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ประกอบการหรือบุคคลากรที่มีอำนาจในการตัดสินใจในการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนในบริษัทที่เป็นผู้ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด และข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับเศรษฐกิจและการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคน

3.2 การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

3.2.1 ออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง

การรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนในระดับห้องแลปนั้นจำเป็นจะต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) ที่ถูกประกอบขึ้นมาโดยเฉพาะ เนื่องจากการทดลองนั้นจำเป็นจะต้องใช้ความร้อนที่ค่อนข้างสูงและยังมีการเติมสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเพิ่มเติมลงไปอีกด้วย นอกจากนี้ของเสียประเภทซิลิโคนมักจะมีลักษณะเป็นของไหลที่มีความหนืดสูงซึ่งจำเป็นจะต้องใช้การกวนจากระบบมอเตอร์และใบกวนเนื่องจากการกวนด้วยระบบคลื่นแม่เหล็กที่ใช้แท่งแม่เหล็ก (Magnetic Bar) ในการกวนไม่สามารถกวนสารได้ดีพอที่จะให้เกิดการแลกเปลี่ยนมวลสารระหว่างสารตั้งต้นและสารเคมีที่เติมลงไปได้ ซึ่งเมื่อรีไซเคิลเสร็จแล้วจะต้องมีการถ่ายกากของซิลิโคนออกจากตัวเครื่องจักรทุกครั้งหลังการรีไซเคิล ดังนั้นการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบนี้จะออกแบบเป็นเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) ชนิดเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (Batch Reactor) ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้

3.2.1.1 ส่วนภาชนะ/หม้อบรรจุ

- ทำจากเหล็กกล้าสเตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร
- ความจุสูงสุดประมาณ 4 ลิตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาด 163 มิลลิเมตร
- ความสูงภายในขนาด 195 มิลลิเมตร

3.2.1.2 ส่วนฝา

- ทำจากเหล็กกล้าสเตนเลสหนา 7 มิลลิเมตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 290 มิลลิเมตร
- มอเตอร์กำลัง 40 วัตต์ ความเร็วรอบอยู่ในช่วง 30-400 รอบต่อนาที พร้อมใบกวนลักษณะสมอกว้าง 143 มิลลิเมตร สูง 120 มิลลิเมตร
- เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)
- ช่องเปิด/ปิดสำหรับการเติมสารเคมี
- ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร สำหรับต่อกับคอนเดนเซอร์ (Condender)

3.2.1.3 ส่วนระบบสุญญากาศ

- Y-Adaptor สำหรับต่อเชื่อมเข้ากับเทอร์โมมิเตอร์และคอนเดนเซอร์
- คอนเดนเซอร์
- ระบบน้ำหล่อเย็น
- ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ขนาดความดัน 200 mbar

เครื่องจักรต้นแบบที่ได้ออกแบบมานี้จะมีหลักการทำงานคือ จะทำการกวนของเสียประเภทซิลิโคนด้วยระบบมอเตอร์และใบกวน มีการถ่ายโอนความร้อนโดยใช้เครื่องฮีทเตอร์ ความร้อนจะผ่านจากก้นภาชนะเข้ามาในภาชนะและจะถ่ายเทต่อมาสู่ของเสียประเภทซิลิโคนที่อยู่ภายในเครื่องจักร ซึ่งภายในจะมีเทอร์โมคัปเปิลจุ่มในของเสียประเภทซิลิโคนเพื่อคอยวัดอุณหภูมิของเนื้อสารทั้งนี้จะต้องไม่รบกวนการทำงานของใบกวน นอกจากนี้จะมีช่องเปิดและปิดสำหรับการเติมสารเคมีลงไป มีท่อสำหรับต่อเข้ากับชุดคอนเดนเซอร์ และจะมีการปิดล็อคที่แน่นหนาเพื่อความปลอดภัยในการทดลอง

3.2.2 ศึกษาหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

การทดลองหาภาวะสำหรับการรีไซเคิลนั้นจะใช้ซิลิโคนที่เป็นของเสียปริมาณ 1,000 กรัม มาใช้ในการทดลองซึ่งเกิดจากการผสมของซิลิโคนที่เป็นของเสียจากการผลิตซิลิโคนมอนอเมอร์ซึ่งมีความหนืด 500 mPa.s (ซิลิโคน A) โดยใช้ปริมาณ 700 กรัม ผสมเข้ากับซิลิโคนที่เป็นของเสียจากการผลิตซิลิโคนยาแนวซึ่งมีความหนืด 3,000 mPa.s (ซิลิโคน B) โดยใช้ปริมาณ 300 กรัม เพื่อให้เกิดความหลากหลายของของเสียที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งโดยปกติแล้วของเสียประเภทซิลิโคนจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ เป็นของแข็ง, เป็นของไหลที่มีความหนืดสูง, และเป็นของไหลที่มีความหนืดต่ำ โดยที่การรีไซเคิลซิลิโคนที่เป็นของแข็งจะได้ %Yield ที่ต่ำกว่าเนื่องจากมีสารที่เป็นสารตัวเติม (Filler) และสารเติมแต่ง (Additive) ต่างๆสูง อีกทั้งยังต้องเติมตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) บางประเภทเพิ่มเข้าไปเพื่อช่วยให้สามารถรีไซเคิลออกมาได้ง่ายขึ้น แต่ในการวิจัยนี้จะเลือกซิลิโคนที่เป็นของเสียมา 2 ประเภทเพื่อเป็นตัวแทน คือ ประเภทที่เป็นของไหลที่มีความหนืดสูง และประเภทที่เป็นของไหลที่มีความหนืดต่ำ แต่ทั้งนี้เครื่องจักรต้นแบบนี้ก็สามารถรีไซเคิลซิลิโคนที่เป็นของแข็งได้ด้วยเช่นกัน และจากผลการทดลองนั้นจะใช้ %Yield ที่ได้ ปริมาณของสารเคมีที่ใช้ และเวลาในการรีไซเคิลมาเป็นตัววัดผลการทดลอง จากนั้นจะทำการตรวจสอบผลการทดลองจากโครงสร้างและองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลมาได้ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (NMR Spectroscopy) และเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography, GC)

3.2.2.1 ตัวแปรที่จะทำการวิจัยในการหาภาวะในการรีไซเคิลซิลิโคน

1. ศึกษาผลจากการใช้ความร้อนในการเกิดปฏิกิริยา (Thermal Depolymerization; การทดลอง A)
2. ศึกษาผลจากการเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 98% เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Acid-catalyzed Depolymerization; การทดลอง B)
3. ศึกษาผลจากการเติมสารละลายเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 50% ในน้ำเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Base-catalyzed Depolymerization; การทดลอง C)
4. ศึกษาผลจากการเติมน้ำ (H_2O) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการสลายด้วยน้ำที่ตำแหน่งครอสลิงค์ (Hydrolysis of Crosslinked Silicone Wastes; การทดลอง D)

3.2.2.2 วิธีการทดลอง

1. นำซิลิโคน A 700 กรัม ผสมกับซิลิโคน B 300 กรัม ใส่ลงในส่วนภาชนะของเครื่องจักรต้นแบบสำหรับรีไซเคิลซิลิโคน
2. ประกอบเครื่องจักรต้นแบบสำหรับรีไซเคิลซิลิโคนโดยการปิดฝาล็อคให้แน่นและต่อเข้ากับระบบลดความดัน
3. เติมน้ำลงในช่องเติมสารเคมีในส่วนฝา
4. เปิดฮีทเตอร์เพื่อให้ความร้อนจากก้นภาชนะโดยให้เนื้อซิลิโคนมีอุณหภูมิ 150°C (ช่วงอุณหภูมิประมาณ 100°C จะเริ่มมีน้ำและซิลิโคนถูก Crack และกลั่นออกมา)
5. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (กรด/เบส) อย่างช้าๆภายในเวลาประมาณ 1 นาที โดยเติมในสัดส่วนโดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของซิลิโคน A รวมกับซิลิโคน B (%wt/wt) ตามตารางที่ 4.3
   <u>(การศึกษาตัวแปรที่ 3.2.2.1 ข้อที่ 1 จะไม่ต้องทำขั้นตอนนี้)</u>

6. เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 200°C และลดความดันลงเรื่อยๆอย่างช้าๆจนถึง 200 mbar ภายในเวลาประมาณ 5-10 นาที
7. ซิลิโคนจะถูกกลั่นออกมา

3.2.2.3 การตรวจสอบโครงสร้างและองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์

1. นำผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่ได้รีไซเคิลมาสะเทิน (Neutralize) ให้ pH ใกล้เคียง 7 โดยการล้างน้ำในอัตราส่วน 1:1 และกวนเป็นเวลา 30 นาที
2. แยกซิลิโคนออกจากน้ำ (โดยซิลิโคนจะอยู่ชั้นบนและน้ำจะอยู่ชั้นล่าง)
3. นำซิลิโคนมากลั่นแบบธรรมดา (Simple Distillation) โดยคุมอุณหภูมิของไอบนให้อยู่ในช่วง 160-220°C (ต้องกลั่นเบื้องต้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของสารที่จะนำส่งทดสอบด้วยเทคนิค GC)
4. นำซิลิโคนที่ผ่านการกลั่นมาเติมถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder Activated Carbon) 2%wt/wt เพื่อลดกลิ่นและลดสารปนเปื้อนขนาดเล็ก
5. กรองซิลิโคนออกมาจากถ่านกัมมันต์ชนิดผง
6. นำมาตรวจสอบโครงสร้างด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (NMR Spectroscopy)
7. นำมาตรวจสอบองค์ประกอบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography, GC)

3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์

3.3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด

1. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (External Analysis)

2. การวิเคราะห์ปัจจัย 5 ประการที่ส่งผลต่อสภาวะในการแข่งขันของแต่ละอุตสาหกรรม (Five Forces Model Analysis)
3. การวิเคราะห์สถานการณ์ (SWOT Analysis)
4. กลยุทธ์การกำหนดลูกค้าเป้าหมาย (STP)
5. กลยุทธ์ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix / 4Ps)

3.3.2 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

1. สถานประกอบการในการผลิต
2. เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือในการผลิต
3. รายละเอียดวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต
4. กระบวนการผลิต และปริมาณการกำลังการผลิต
5. การวางแผนการผลิตและการจัดการสินค้าคงคลัง
6. การควบคุมคุณภาพ

3.3.3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร

1. หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย
2. โครงสร้างเงินเดือนพนักงาน

3.3.4 ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

1. ประมาณการในเงินลงทุน
2. แหล่งเงินทุน
3. ข้อสมมติทางการเงิน
4. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน
5. อัตราส่วนทางการเงิน
6. แผนสำรองฉุกเฉินเพื่อควบคุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยความต้องการของตลาด

จากการวิจัยความต้องการของตลาดโดยทำการสัมภาษณ์เชิงลึกกับบุคคลากรในองค์กรที่อยู่ภายในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดจำนวนทั้งสิ้น 3 ราย โดยคัดเลือกตามขนาดของอุตสาหกรรมเป็น อุตสาหกรรมในครัวเรือน 1 ราย อุตสาหกรรมขนาดย่อม 1 ราย และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ 1 ราย โดยผู้รับการสัมภาษณ์ทั้ง 3 ราย เป็นผู้มีอำนาจที่จะสามารถตัดสินใจซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนเข้ามาในองค์กรได้

4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้รับการสัมภาษณ์

- <u>องค์กรที่ 1</u>

ผู้รับการสัมภาษณ์เป็นเพศชาย อายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี การศึกษาระดับปริญญาตรี มีตำแหน่งเป็นพนักงานอยู่ในฝ่ายวิจัยและพัฒนา โดยองค์กรนี้เป็นองค์กรขนาดใหญ่ที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาทำความสะอาดที่มีชื่อเสียงมากในประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะการผลิตจัดอยู่ในอุตสาหกรรมที่ 1 คือ ผลิตเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อส่งต่อให้บริษัทอื่นๆต่อไป

- <u>องค์กรที่ 2</u>

ผู้รับการสัมภาษณ์เป็นเพศหญิง อายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี การศึกษาระดับปริญญาเอก มีตำแหน่งเป็นเจ้าของกิจการ โดยองค์กรนี้เป็นองค์กรขนาดย่อมที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและน้ำยาทำความสะอาด ซึ่งมีลักษณะการผลิตจัดอยู่ในอุตสาหกรรมที่ 2 และ 3 คือ ผลิตเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป และดำเนินกิจการด้านการบริการ

- <u>องค์กรที่ 3</u>

ผู้รับการสัมภาษณ์เป็นเพศหญิง อายุอยู่ในช่วง 20-30 ปี การศึกษาระดับปริญญาโท มีตำแหน่งเป็นเจ้าของกิจการ โดยองค์กรนี้เป็นองค์กรภายในครัวเรือนที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาทำความสะอาด ซึ่งมีลักษณะการผลิตจัดอยู่ในอุตสาหกรรมที่ 3 คือ ดำเนินกิจการด้านการบริการ

4.1.2 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนภายในองค์กร

- องค์กรที่ 1

ทางองค์กรได้มีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากต่างประเทศ ซิลิโคนที่ทำการซื้อมาจะเป็นซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ โดยทางองค์กรจะมีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนมาใช้งานในปริมาณปีละ 2,500-5,000 กิโลกรัมต่อปี

- องค์กรที่ 2

ทางองค์กรได้มีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากในประเทศ ซิลิโคนที่ทำการซื้อมาจะเป็นซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ โดยทางองค์กรจะมีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนมาใช้งานในปริมาณปีละน้อยกว่า 2,500 กิโลกรัมต่อปี

- องค์กรที่ 3

ทางองค์กรได้มีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากในประเทศ ซิลิโคนที่ทำการซื้อมาจะเป็นซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ โดยทางองค์กรจะมีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนมาใช้งานในปริมาณปีละน้อยกว่า 2,500 กิโลกรัมต่อปี

ตารางที่ 4.1 การใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคน

องค์กร	สถานที่ซื้อ	เกรดของซิลิโคน	ปริมาณการใช้งาน (กิโลกรัมต่อปี)
องค์กรที่ 1	ต่างประเทศ	บริสุทธิ์	2,500-5,000
องค์กรที่ 2	ในประเทศ	บริสุทธิ์	2,500-5,000
องค์กรที่ 3	ในประเทศ	บริสุทธิ์	น้อยกว่า 2,500

4.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคน

เมื่อได้ทำการสอบถามถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจาก Supplier โดยให้ตัดสินใจจากปัจจัยทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ คุณภาพของสินค้า ราคาของสินค้า และสถานที่ที่จำหน่ายสินค้า โดยได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักในการตัดสินใจเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากปัจจัยทั้ง 3 ชนิด

องค์กร	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ		
	คุณภาพ	ราคา	สถานที่จำหน่าย
องค์กรที่ 1	มาก	มาก	ปานกลาง
องค์กรที่ 2	มาก	มาก	ปานกลาง
องค์กรที่ 3	ปานกลาง	มาก	มาก

4.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ในการหาวัตถุดิบมาใช้ในการผลิต

จากการวิจัยความต้องการของตลาดแล้ว เมื่อพบว่าตลาดมีความต้องการที่จะนำผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลมาทดลองใช้ทำให้ต้องทำการตรวจสอบถึงปริมาณของเสียประเภทซิลิโคนเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าจะมีวัตถุดิบเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการผลิต ซึ่งจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการหาวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตคือของเสียประเภทซิลิโคนนั้นได้ทำการศึกษาโดยการสุ่มบริษัทที่มีการผลิตซิลิโคนภายในประเทศไทย โดยบริษัทดังกล่าวตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมเอเชีย จังหวัดระยอง และได้ทำการขอข้อมูลเพื่อสอบถามถึงปริมาณของเสียประเภทซิลิโคนโดยทางบริษัทได้เปิดเผยข้อมูลเพียงเบื้องต้นถึงปริมาณของเสียประเภทซิลิโคน โดยของเสียประเภทซิลิโคนเหล่านี้จะถูกจัดแบ่งออกเป็นประเภทและทำการประมูลขายให้กับบริษัทอื่นโดยมีกลุ่มลูกค้าที่รับซื้อหลักเป็นบริษัทจากต่างประเทศ และมีประเทศจีนเป็นประเทศหลักที่จะทำการซื้อของเสียประเภทซิลิโคนเหล่านี้ โดยปลายทางหลังการรับซื้อ ทางบริษัทที่ทำการประมูลซื้อไปได้จะนำไปเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลนั่นเอง ส่วนปริมาณของเสียประเภทซิลิโคนที่มีภายในบริษัทและต้องส่งออกประมูลต่อปีนั้นมีประมาณมากกว่า 100,000 กิโลกรัมต่อปี ดังภาพที่ 4.1

นอกจากนี้หากได้ทำการประเมินการนำเข้าของสารเคมีประเภทซิลิโคนของประเทศไทยในปี 2013 แล้ว ที่มีตัวเลขการนำเข้าที่สูงมากถึงราว 85,830 ตัน ดังภาพที่ 2.13 ซึ่งหากประเมินว่าซิลิโคนในปริมาณดังกล่าวนี้มีการก่อกำเนิดของเสียประเภทซิลิโคนและทางผู้วิจัยสามารถเข้าถึงหรือรับมาได้ซึ่งของเสียเหล่านั้นเพียงไม่ถึง 1% ก็จะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการดำเนินการผลิตที่ได้วางแผนไว้ในแผนธุรกิจได้ตามคาดการณ์

ใบเสนอราคา

เสนอราคาโดยบริษัท..... วันที่.....
ชื่อผู้ติดต่อ.....
โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

กลุ่ม	ประเภท	รูปตัวอย่าง	ปริมาณ/ปี	ราคาที่เสนอ	หมายเหตุ
1.	เศษซิลิโคนส์				
1.1	เศษซิลิโคนส์		50,000 Kgs		
1.2	เศษซิลิโคนส์ติดตะแกรงสแตนเลสและถุงกรอง		20,000 Kgs		
1.3	เศษซิลิโคนส์ในหลอดพลาสติก		5,000 Kgs		
1.4	เศษซิลิโคนส์ในขวดแก้ว		5,000 Kgs		
1.5	เศษซิลิโคนส์ยาง		1,000 Kgs		

หมายเหตุ : 1. ราคาที่เสนอไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
2. ปริมาณที่ระบุเป็นปริมาณโดยเฉลี่ยต่อครั้ง อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามปริมาณการผลิต
3. กำหนดยืนราคาเป็นระยะเวลา 1 ปี
4. รีไซเคิลภายในประเทศ

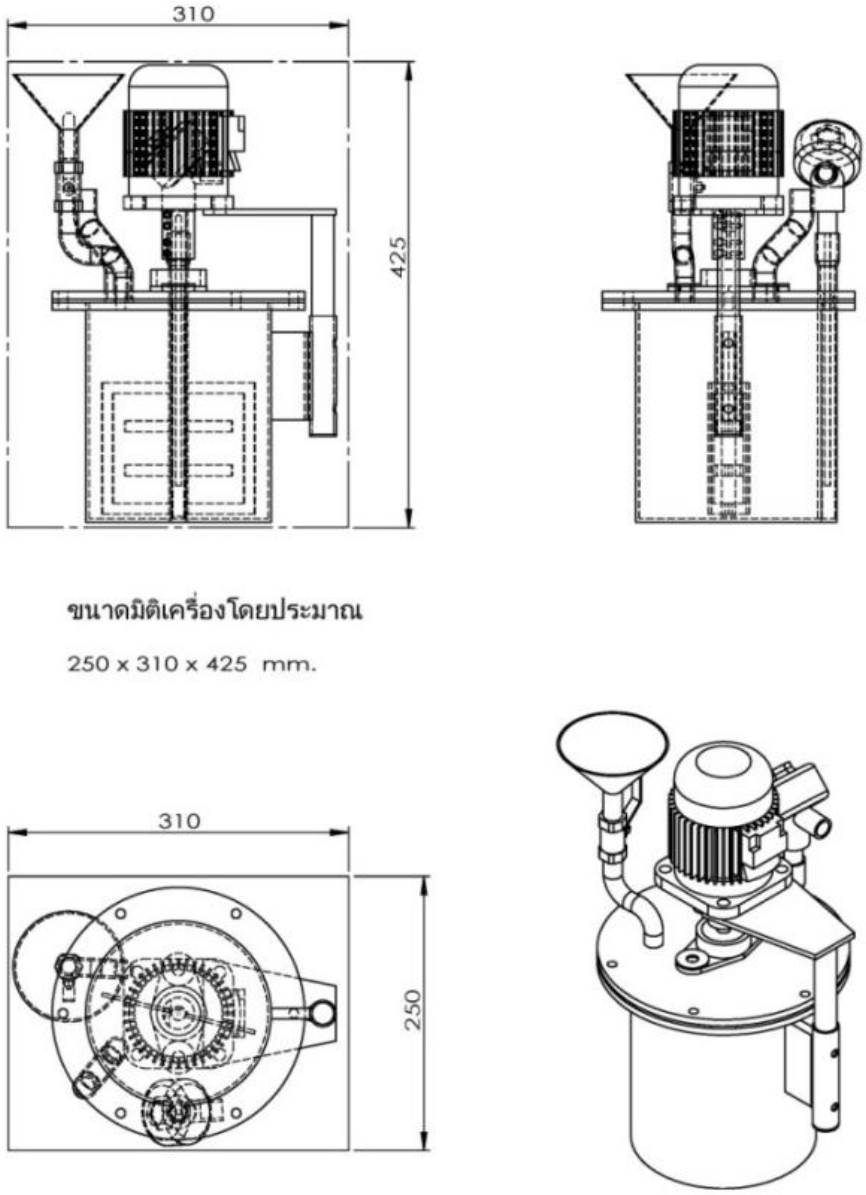
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างใบเสนอราคาของเสียประเภทซิลิโคนจากบริษัทผู้ผลิตซิลิโคนแห่งหนึ่ง

4.2 ผลการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

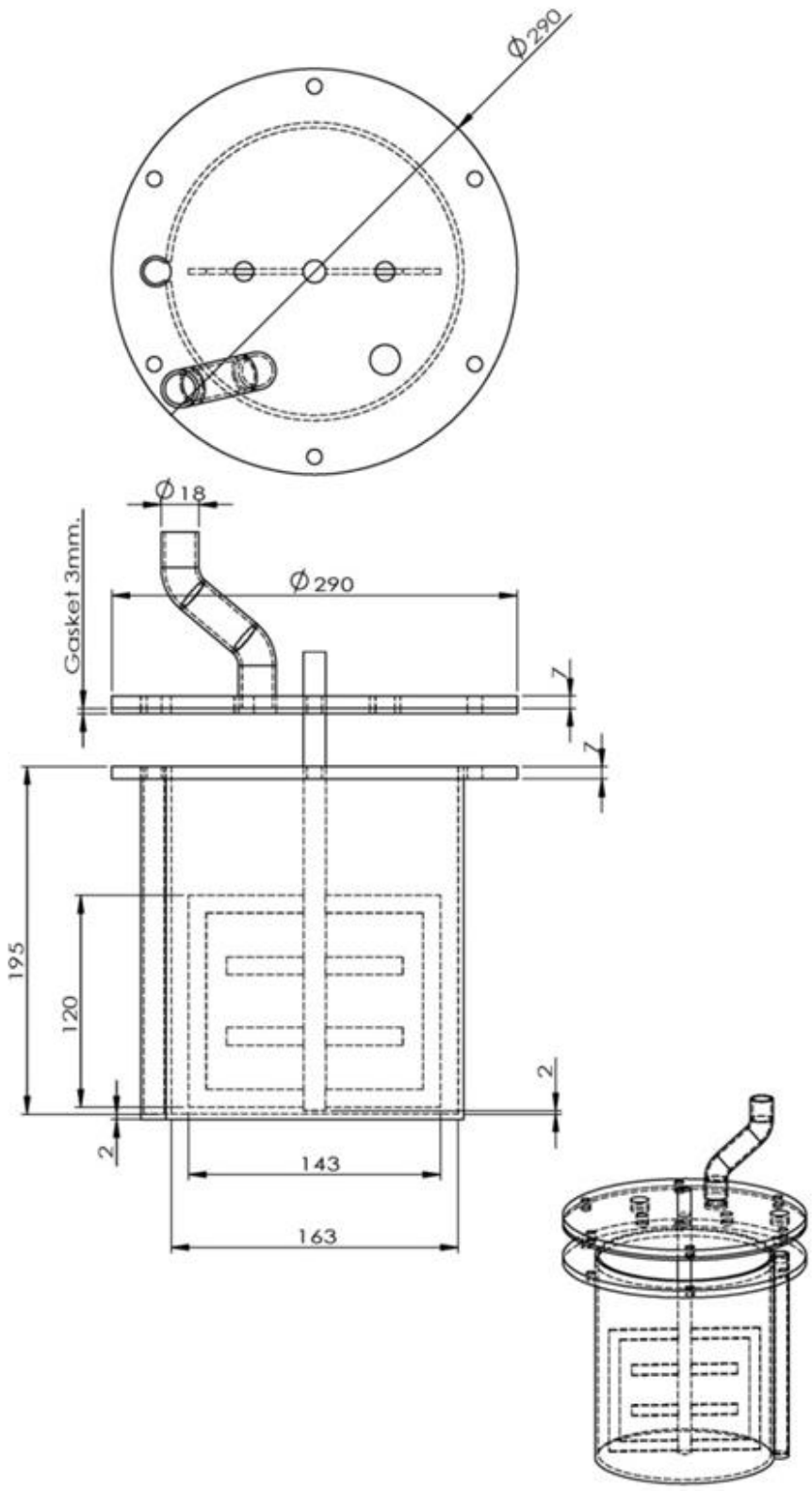
4.2.1 ผลการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง

ของเสียประเภทซิลิโคนเป็นของเสียที่มีความหนืดกว้างหลายช่วงขึ้นอยู่กับโครงสร้างของพอลิเมอร์ โดยการที่จะใช้เครื่องจักรในการทดลองกับของเสียประเภทซิลิโคนนั้นจำเป็นจะต้องมีการออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะ เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆของเครื่องมือในการทดลองในห้องแลปรวมไปถึงความปลอดภัยจากการทดลองซึ่งจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงและความดันที่ต่ำในการทดลอง ทั้งนี้ได้ทำให้

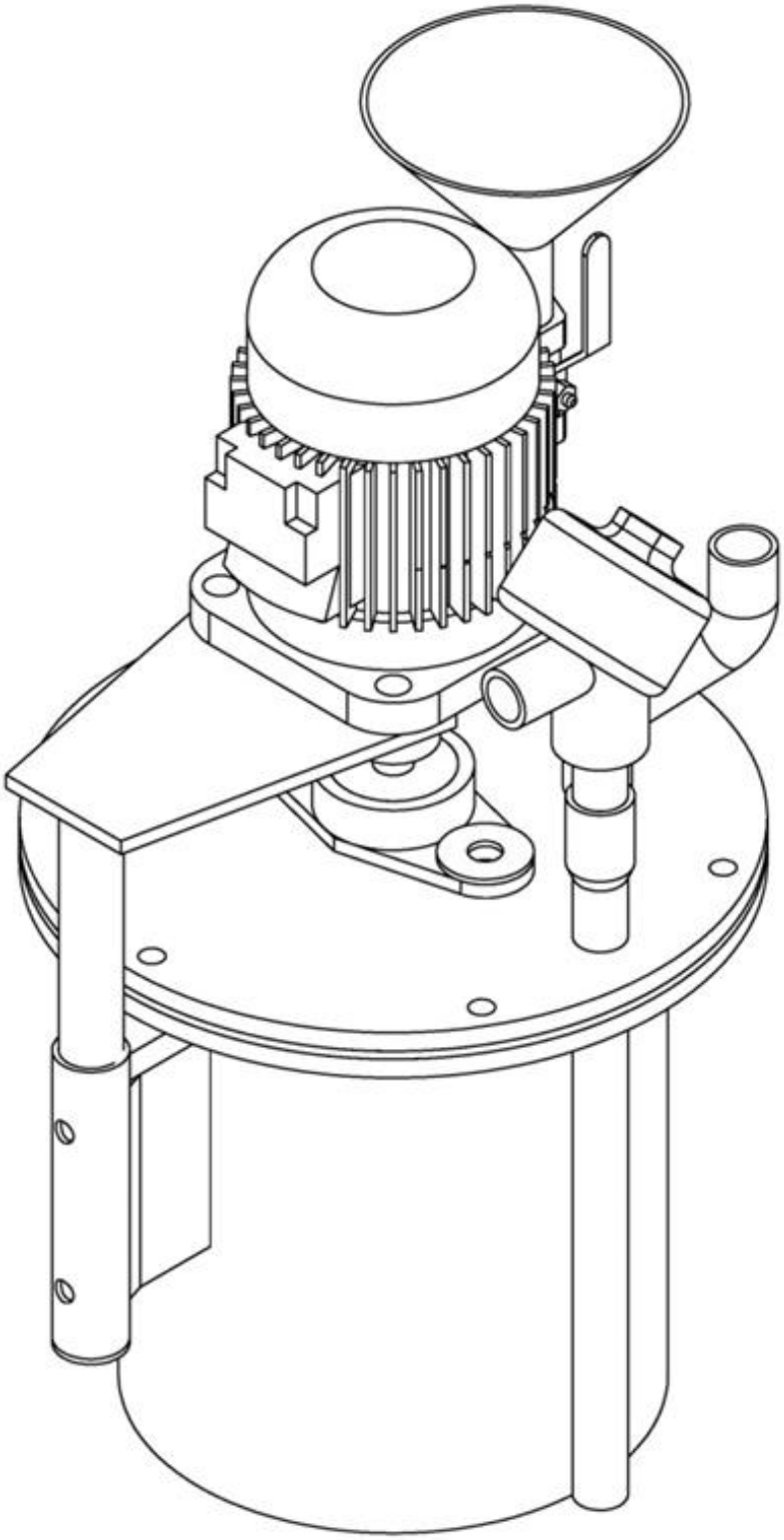
ได้มีการออกแบบเครื่องจักรสำหรับการทดลองขึ้นมาโดยเฉพาะเป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบกะเนื่องจากมีความสะดวกสำหรับใช้ในการทดลองในระดับห้องแลป (Lab Scale) ที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงภาวะที่ทำการทดลองและมีการบันทึกข้อมูลการทดลองอยู่ตลอดเวลา โดยมีลักษณะดังภาพที่ 4.2 ถึง 4.4



ภาพที่ 4.2 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบและขนาดของเครื่องโดยรวม



ภาพที่ 4.3 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบของส่วนฝาและส่วนภาชนะ



ภาพที่ 4.4 แบบจำลองของเครื่องจักรต้นแบบ

- ส่วนภาชนะ/หม้อบรรจุ

จะมีปริมาณความจุสูงสุดที่ 4 ลิตร โดยในการทดลองที่เหมาะสมควรจะบรรจุซิลิโคนของเสียที่จะทำการรีไซเคิลไม่เกิน 80% ของปริมาณความจุสูงสุดซึ่งก็คือ 3.2 ลิตร จะมีข้อต่อยื่นออกมาภายนอกตัวภาชนะเพื่อใช้สำหรับล็อคเข้ากับส่วนฝาของเครื่องจักรต้นแบบชนิดนี้ และจะมีรอยเว้าที่มุมหนึ่งของภาชนะบรรจุเพื่อใช้สำหรับเป็นช่องให้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ได้สัมผัสกับเนื้อซิลิโคนภายในภาชนะบรรจุโดยที่ไม่กีดขวางกาทำงานของใบกวน

- ส่วนฝา

จะมีอุปกรณ์สำคัญต่างๆที่เป็นหัวใจของการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบชนิดนี้จัดเรียงอยู่บนฝาของเครื่องจักรต้นแบบ ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์ที่ถูกตั้งไว้อยู่ใจกลางของส่วนฝาที่ถูกเชื่อมต่อด้วยใบกวนลักษณะสมอ โดยที่จะมีการสร้างเป็นฐานสำหรับวางมอเตอร์เพื่อไว้ช่วยในการรับน้ำหนักและจะยึดติดเข้ากับส่วนของเหล็กกล้าสเตนเลสที่จะใช้ในการนำไปล็อคเข้ากับส่วนของภาชนะ ส่วนประกอบที่สำคัญถัดมาคือเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ซึ่งจะมีการติดตั้งในมุมที่สอดคล้องกับรอยเว้าที่ส่วนภาชนะ โดยเมื่อทำการปิดส่วนฝาบนส่วนภาชนะและให้ส่วนของตัวล็อคจากฐานวางมอเตอร์ลงล็อคกับข้อต่อที่ส่วนภาชนะ แกนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ก็จะลงล็อคกับส่วนที่เป็นรอยเว้าโดยอัตโนมัติ ส่วนประกอบถัดมาคือท่อขนาดยาวที่มีวาล์วเปิดปิดและส่วนปลายเป็นทรงกรวยเพื่อไว้ใช้ในการเติมสารเคมีลงไปในเครื่องจักรต้นแบบ และส่วนประกอบสำคัญส่วนสุดท้ายคือท่อเปิดที่ยื่นออกมาเพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อเข้ากับส่วนของการกลั่นและความดันโดยจะเชื่อมต่อโดยการใช้เทฟลอนเป็นอุปกรณ์ตัวกลางในการเชื่อมต่อ

- ส่วนระบบสุญญากาศ

จะเป็นชุดอุปกรณ์การกลั่นที่จะมี Y-Adaptor เชื่อมต่อจากเทฟลอนจากส่วนฝาเข้ากับอุปกรณ์คอนเดนเซอร์โดยที่มีเทอร์โมมิเตอร์คอยวัดระดับอุณหภูมิของไอซิลิโคน และในส่วนของคอนเดนเซอร์จะเชื่อมต่อกับชุดรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นโดยมีการต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

4.2.2 ผลการศึกษาหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

การทดลองหาภาวะอย่างง่ายในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนนั้นจะทำการศึกษาตัวแปรทั้งสิ้น 4 ตัวแปร ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาภาวะในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

การทดลอง	H_2O (%wt/wt)	H_2SO_4 (%wt/wt)	KOH (%wt/wt)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่า pH	%Yield
A1	10.0	-	-	3	7	**44**
B1	10.0	4.0	-	X	X	**X***
B2	10.0	2.0	-	4	3	**70**
B3	10.0	1.0	-	3	3	**82**
B4	10.0	0.5	-	3	5	**62**
C1	10.0	-	2.0	3	8	**99**
C2	10.0	-	1.0	3	8	**95**
D1	5.0	-	2.0	X	X	**X****
D2	1.0	-	2.0	X	X	**X****

* *ไม่สามารถรีไซเคิลได้ สารผลิตภัณฑ์ที่ได้กลายเป็นของไหลที่มีความหนืดสูงคล้ายเจล*

** *ไม่สามารถรีไซเคิลได้ ของเสียประเภทซิลิโคนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นของแข็ง*

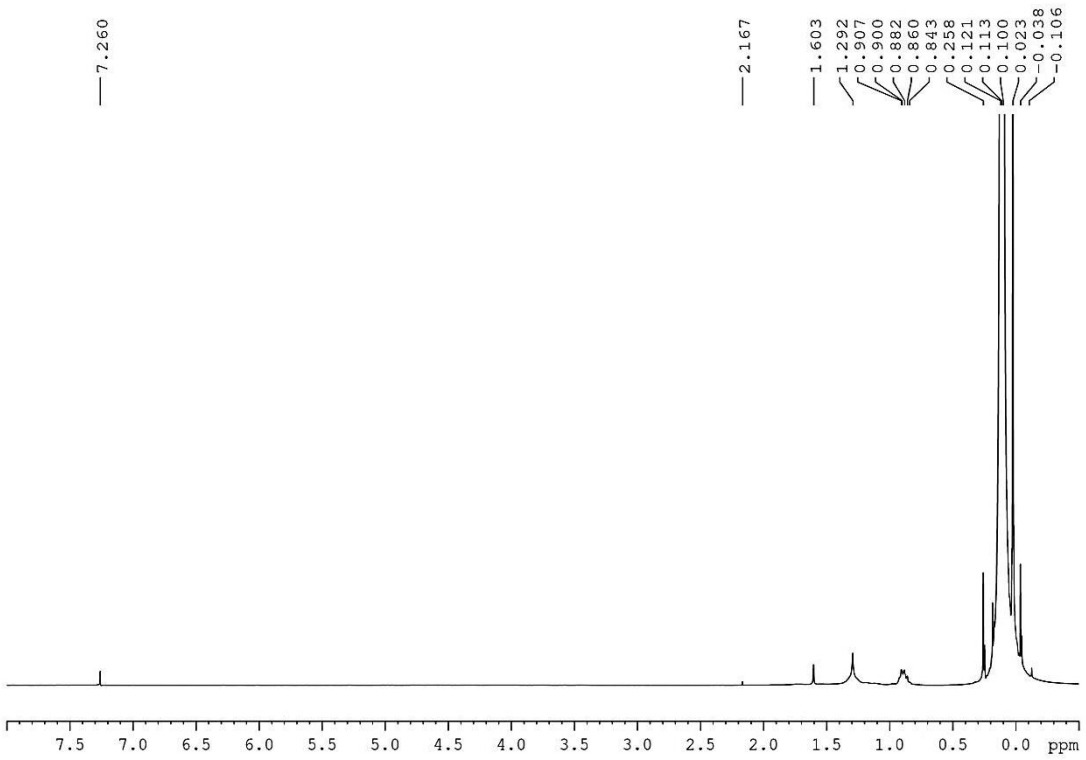
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดลอง A คือ การทดลองโดยใช้ความร้อนให้เกิดปฏิกิริยา (Thermal Depolymerization)
การทดลอง B คือ การทดลองโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Acid-catalyzed Depolymerization)
การทดลอง C คือ การทดลองโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Base-catalyzed Depolymerization)
การทดลอง D คือ การทดลองโดยใช้ปฏิกิริยาการสลายตัวด้วยน้ำที่ตำแหน่งครอสลิงค์ (Hydrolysis of Crosslinked Silicone)

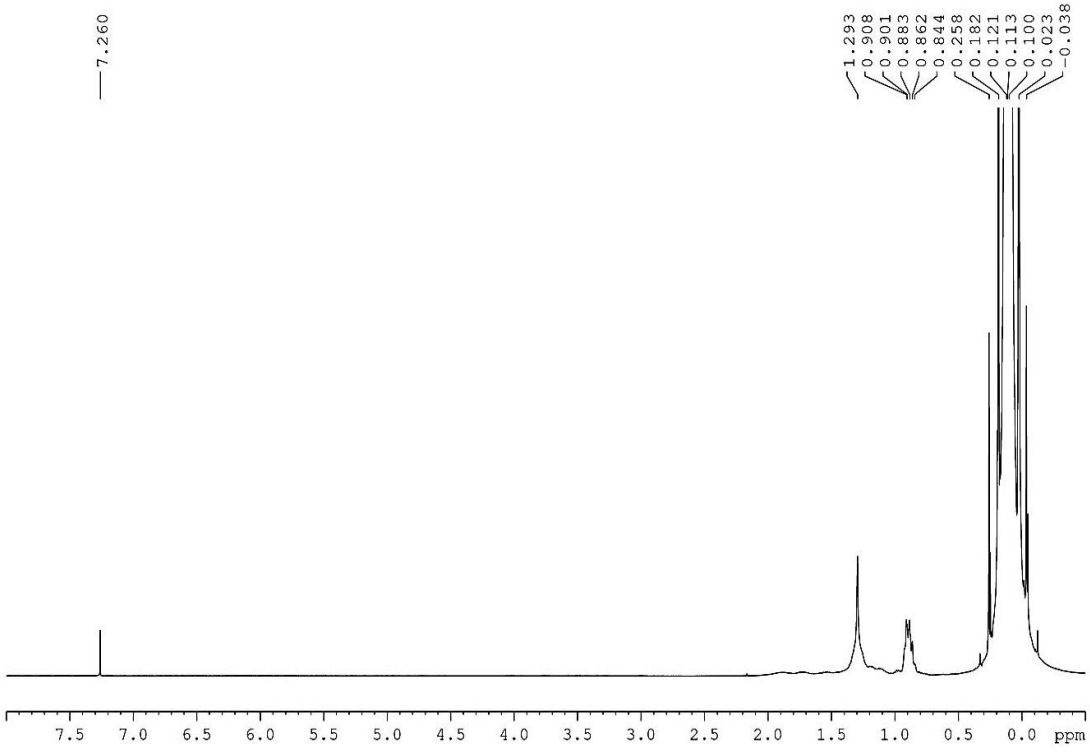
ผลการวิจัยจะพบว่าการใช้ความร้อนโดยไม่มีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาใดๆ จะสามารถรีไซเคิลซิลิโคนได้ Yield = 44% (การทดลอง A1) และคงเหลือกากตกค้างในเครื่องจักรเป็นลักษณะของแข็งที่มีความยืดหยุ่นคล้ายกะละแม หลังจากนั้นผลการทดลองจากการเติมกรดซัลฟิวริกปริมาณ 1.0%wt/wt เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าได้ Yield = 82% (การทดลอง B3) และคงเหลือกากตกค้างในเครื่องจักรเป็นลักษณะผง แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของกรดซัลฟิวริกให้มากขึ้นจนถึง

4.0%wt/wt พบว่าสารผลิตภัณฑ์จะเกิดการเปลี่ยนสภาพจากของเหลวกลายเป็นของไหลที่มีความหนืดสูงไปเอง (การทดลอง B1) ต่อมาได้ทดลองใช้สารละลายเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 2.0%wt/wt เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการทดลองพบว่าได้ Yield = 99% (การทดลอง C1) และคงเหลือกากตกค้างเป็นลักษณะผงสีดำละเอียดโดยคงเหลือในปริมาณที่น้อยมาก และการทดลองสุดท้ายเป็นการศึกษาปฏิกิริยาการสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis) ที่ตำแหน่งครอสลิงค์ของซิลิโคนจากการเติมน้ำพบว่าเมื่อลดการเติมน้ำลง ของเสียประเภทซิลิโคนที่อยู่ภายในเครื่องจักรต้นแบบจะเกิดการพุ่งขึ้น (Bump) และเกิดการกลายสภาพเป็นของแข็งขนาดใหญ่ติดอยู่ภายในเครื่องจักร (การทดลอง D1 และ D2) โดยการทดลองในแต่ละตัวแปรนั้นจะมีจำนวนการทดลองที่ไม่เท่ากันเนื่องจากแต่ละตัวแปรจะพบภาวะที่สามารถรีไซเคิลซิลิโคนได้ออกมาในปริมาณ %Yield ที่ดีไม่เท่ากัน ส่วนในด้านของเวลาการรีไซเคิลที่ไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากภาวะที่ใช้ในการทดลองค่อนข้างสูงและในการทดลองที่ B2 ซิลิโคนในเครื่องจักรต้นแบบมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ค่อนข้างช้าซึ่งอาจเกิดจากเตาให้ความร้อน จึงมีการใช้เวลาในการรีไซเคิลที่นานกว่าการทดลองอื่น

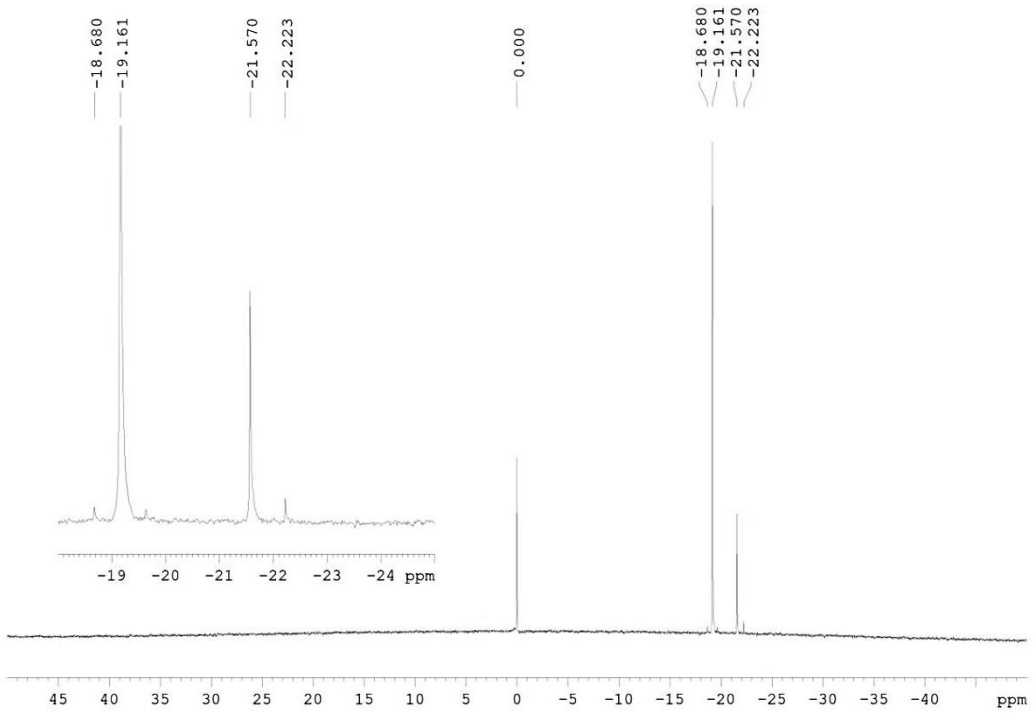
เมื่อได้ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนทั้งในภาวะกรดและภาวะเบสแล้ว (การทดลอง B3 และ C1) จากนั้นจึงทำการสะเทิน (Neutralize) ผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลให้มี pH = 7 หรือใกล้เคียงความเป็นกลางมากที่สุดโดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาล้างด้วยน้ำในอัตรา 1:1 ซึ่งอาจจะใช้กรดอ่อนหรือเบสอ่อนในการช่วยในการสะเทิน เป็นเวลา 30 นาทีและแยกชั้นซิลิโคนออกจากชั้นน้ำ จากนั้นจะทำการกลั่นซิลิโคนออกมาแบบธรรมดา (Simple Distillation) โดยคัดแยกเฉพาะสารที่มีจุดเดือดอยู่ในช่วง 160-220°C ซึ่งจะได้ Yield เฉลี่ยราว 75-80% ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กับผลิตภัณฑ์ซิลิโคนก่อนนำมาวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (NMR Spectroscopy) และแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) โดยได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.5 ถึง 4.8



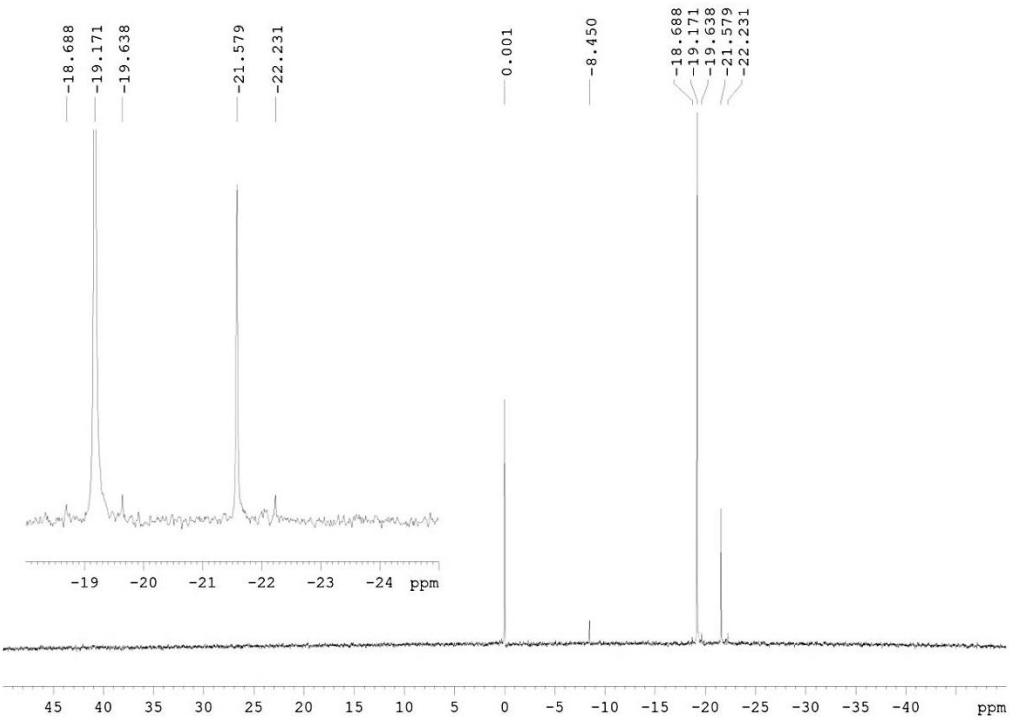
ภาพที่ 4.5 สเปคตรัม ^{1}H NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ภาพที่ 4.6 สเปคตรัม ^{1}H NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ภาพที่ 4.7 สเปคตรัม ^{29}Si {^{1}H} NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



ภาพที่ 4.8 สเปคตรัม ^{29}Si {^{1}H} NMR ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนหลังรีไซเคิลโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

การใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีเพื่อมาวิเคราะห์โครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลที่มีการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากภาพที่ 4.5 พบว่ามีสัญญาณเคมิคัลชิฟท์ (Chemical Shift; δ) ในสเปคตรัม ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) ที่มีความเข้มมากที่ δ -0.038 ถึง 0.258 ppm ซึ่งเป็นสัญญาณของโครงสร้าง $-SiO(CH_3)_2$ δ 0.843 ถึง 0.907 ppm และ 1.292 ppm เป็นสัญญาณของจาระบี (Grease; $CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$) δ 1.603 ppm เป็นสัญญาณของน้ำ (H_2O) δ 2.167 ppm เป็นสัญญาณของ Acetone (CH_3COCH_3) [22] และ δ 7.260 ppm เป็นสัญญาณของตัวทำละลาย $CDCl_3$ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจากการวิเคราะห์ด้วย ^{1}H NMR

Chemical Shift (ppm)	Result
-0.038 – 0.258	$-SiO(CH_3)_2$
0.843 – 0.907 และ 1.292	$CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$
1.603	H_2O
2.167	CH_3COCH_3
7.260	Solvent ($CDCl_3$)

ในขณะเดียวกันการใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีเพื่อมาวิเคราะห์โครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลที่มีการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากภาพที่ 4.6 พบว่ามีสัญญาณเคมิคัลชิฟท์ (Chemical Shift; δ) ในสเปคตรัม ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) ที่มีความเข้มมากที่ δ -0.038 ถึง 0.258 ppm ซึ่งเป็นสัญญาณของโครงสร้าง $-SiO(CH_3)_2$ δ 0.844 ถึง 0.908 ppm และ 1.293 ppm เป็นสัญญาณของจาระบี (Grease) [22] และ δ 7.260 ppm เป็นสัญญาณของตัวทำละลาย $CDCl_3$ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจากการวิเคราะห์ด้วย ^{1}H NMR

Chemical Shift (ppm)	Result
-0.038 – 0.258	$-SiO(CH_3)_2$
0.844 – 0.908 และ 1.293	$CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$
7.260	Solvent ($CDCl_3$)

นอกจากนี้เมื่อได้ใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีเพื่อมาวิเคราะห์โครงสร้างในแบบ ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR เพื่อศึกษาโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของโมเลกุล โดยในสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลที่มีการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากภาพที่ 4.7 พบว่ามีสัญญาณเคมิคัลชิฟท์ (Chemical Shift; δ) ในสเปคตรัม ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR (400 MHz, $CDCl_3$) ที่ δ -22.223 ppm เป็นสัญญาณของจาระบี (Grease; $CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$) [23] δ -21.570 ppm เป็นสัญญาณของโครงสร้าง D5 δ -19.161 ppm เป็นสัญญาณของโครงสร้าง D4 และ δ 0.000 ppm เป็นสัญญาณของ Tetramethylsilane (TMS) โดยมีโครงสร้างดังภาพที่ 4.9 ซึ่งใช้เป็น Reference Standard สำหรับการวิเคราะห์ด้วย ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจากการวิเคราะห์ด้วย ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR

Chemical Shift (ppm)	Result
-22.223	$CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$
-21.570	D5
-19.161	D4
0.000	Reference Standard (TMS)

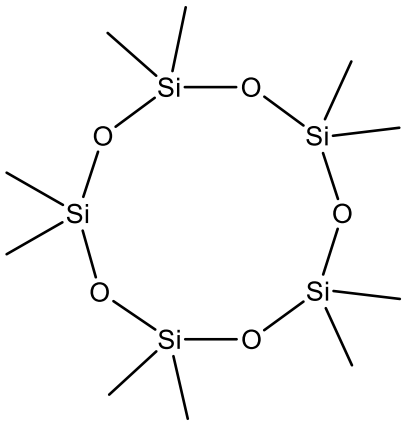
ในขณะเดียวกันเมื่อได้ใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีมาวิเคราะห์โครงสร้างในแบบ ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR เพื่อศึกษาโครงสร้างในสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลที่มีการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากภาพที่ 4.8 พบว่ามีสัญญาณเคมิคัลชิฟท์ (Chemical Shift; δ) ในสเปคตรัม ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR (400 MHz, $CDCl_3$) ที่ δ -22.231 ppm เป็นสัญญาณของจาระบี (Grease) [23] δ -21.579 ppm เป็นสัญญาณของโครงสร้าง D5 δ -19.171 ppm เป็นสัญญาณของโครงสร้าง D4 δ -8.450 ppm เป็นสัญญาณของโครงสร้าง D3 และ δ 0.000 ppm เป็นสัญญาณของ Tetramethylsilane (TMS) ซึ่งใช้เป็น Reference Standard สำหรับการวิเคราะห์ด้วย ^{29}Si $\{^{1}H\}$ NMR ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจากการวิเคราะห์ด้วย $^{29}Si\ \{^{1}H\}$ NMR

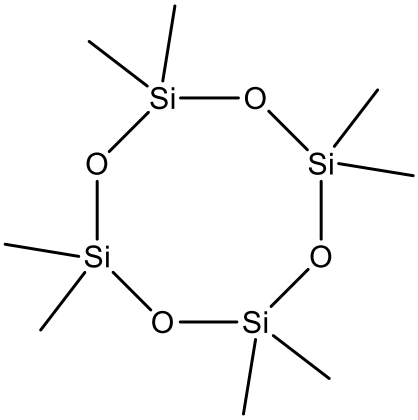
Chemical Shift (ppm)	Result
-22.231	$CH_3[SiO(CH_3)_2]_nSi(CH_3)_3$
-21.579	D5
-19.171	D4
-8.450	D3
0.000	Reference Standard (TMS)

ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่ได้จากการรีไซเคิลด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีนั้นเมื่อนำสเปคตรัมมาวิเคราะห์แล้วจะพบว่าสารผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโครงสร้างดังภาพที่ 4.10 ถึง 4.12 ซึ่งจะเรียกว่าโครงสร้างแบบ D5 D4 และ D3 โดยอ้างอิงจากการเปรียบเทียบสารเคมี Standard ในภาคผนวก ค

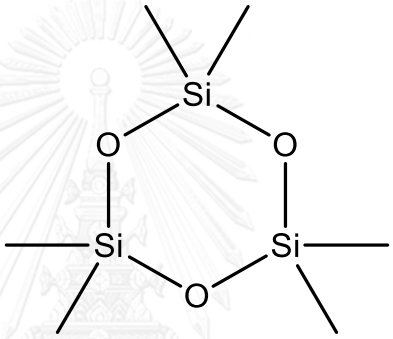
ภาพที่ 4.9 โครงสร้างของ Tetramethylsilane (TMS)



ภาพที่ 4.10 โครงสร้างของ Decamethylcyclopentasiloxane (D5)

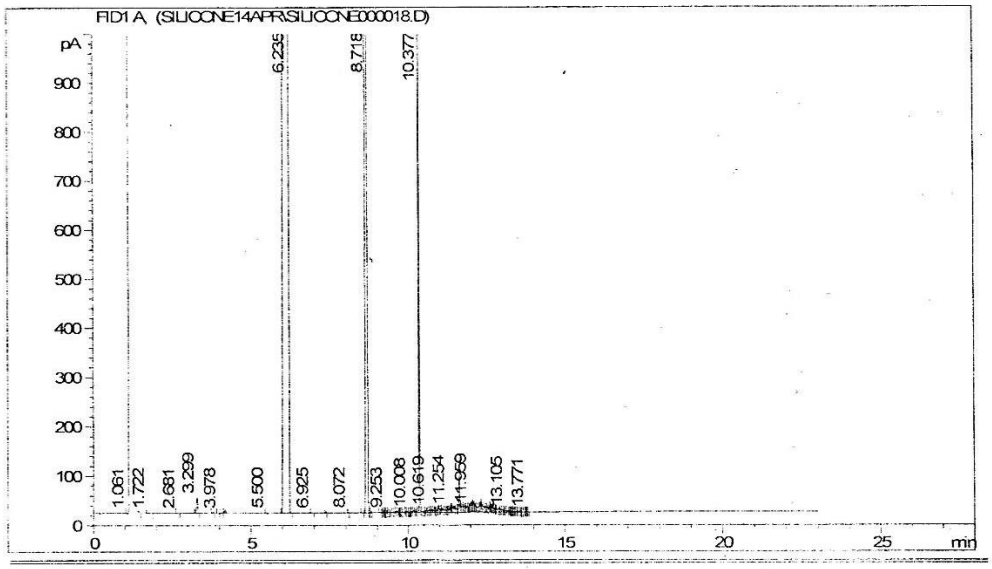


ภาพที่ 4.11 โครงสร้างของ Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)

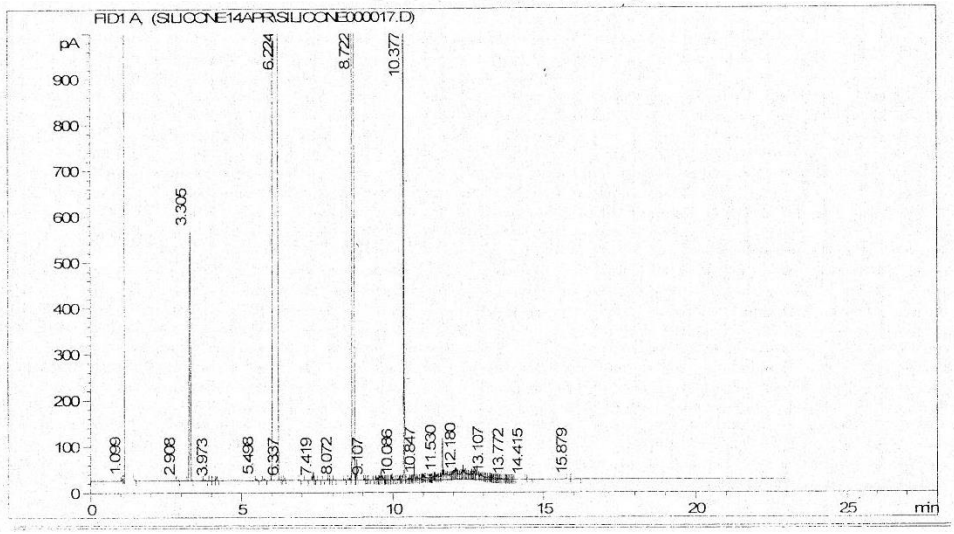


ภาพที่ 4.12 โครงสร้างของ Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)

หลังจากที่วิเคราะห์โครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์เบื้องต้นโดยการใช้เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปีแล้ว ซึ่งในเบื้องต้นทราบว่าเป็นสารผสมระหว่างซิลิโคนที่มีโครงสร้างต่างๆ ประกอบด้วย D3 D4 และ D5 จึงนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบภายในสารผลิตภัณฑ์โดยการใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) และนำสารเคมีมาตรฐาน D3 D4 D5 ของบริษัท Wacker Silicone มาใช้เพื่อเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.13 ถึง 4.14



ภาพที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบส



ภาพที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรด

จากการตรวจสอบองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบสและกรด โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีพบว่ามีสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารผลิตภัณฑ์อยู่ 3 โครงสร้างหลักนั่นคือ ซิลิโคน D3 D4 และ D5 นอกจากนี้อาจเป็นสารเคมีต่างๆที่เกิดการสลายตัวหรืออาจเป็นสารชนิดอื่นที่มีการปนเปื้อน (Impurities) เข้ามาอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.8

ถึง 4.9 โดยสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบสจะมีส่วนประกอบของซิลิโคนแบบวงอยู่ 94.49% และจะมีสารปนเปื้อน (Impurities) อยู่ที่ 5.51% และสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรดจะมีส่วนประกอบของซิลิโคนแบบวงอยู่ 93.69% และจะมีสารปนเปื้อน (Impurities) อยู่ที่ 6.31%

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบสโดยใช้เทคนิค GC

RT (min)	Components	%Area
3.29	Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	0.16
6.23	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	76.59
8.71	Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	17.74
Total		94.49

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรดโดยใช้เทคนิค GC

RT (min)	Components	%Area
3.30	Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	2.90
6.22	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	70.45
8.72	Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	20.34
Total		93.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์จะทำการศึกษาโดยการประเมินความเป็นไปได้โดยการวิเคราะห์จากแผนธุรกิจซึ่งจะทำการประเมินจากความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร และความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด

ในปัจจุบันจำนวนประชากรในโลกได้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้มีปริมาณการอุปโภคบริโภคที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นและของเสียก็จะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนการอุปโภคบริโภคและการผลิต โดยหนึ่งในสินค้าที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายคือ สินค้าประเภทน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

น้ำยาขัดเงาและน้ำยาทำความสะอาดนั้นมีสารเคมีประเภทซิลิโคนเป็นส่วนประกอบอยู่ภายในผลิตภัณฑ์ โดยเหตุผลที่มุ่งเน้นการนำซิลิโคนจากการรีไซเคิลมาใช้ในเชิงพาณิชย์กับอุตสาหกรรมกลุ่มนี้เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์น้ำยาขัดเงาและน้ำยาทำความสะอาดจะมีการใช้งานอยู่ภายนอกร่างกาย เช่น ใช้งานในการขัดถูพื้นที่วัสดุต่างๆ ซึ่งไม่มีการนำมาใช้งานโดยตรงกับร่างกาย ทำให้มีความปลอดภัยจากการใช้งาน และผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในทุกครัวเรือนเป็นสินค้าที่มีการใช้งานได้ในทุกเพศ ทุกวัย ทุกฐานะ ทำให้สามารถเจาะกลุ่มเป้าหมายได้ทุกกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.1 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (External Analysis)

สภาวะแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจจะทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ PEST Analysis ดังต่อไปนี้

- <u>ปัจจัยทางนโยบายและการเมือง (Politic - P)</u>

สภาพทางการเมืองในปัจจุบันนี้ยังไม่มีเสถียรภาพที่มั่นคงเท่าไรนัก เนื่องจากยังมีความขัดแย้งต่างๆที่ยืดเยื้อมานานและยังไม่มีทีท่าว่าจะสิ้นสุด อีกทั้งยังไม่มีรัฐบาลที่ชัดเจนที่จะกำหนดนโยบายต่างๆที่จะสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมได้ จึงมีความเสี่ยงสำหรับธุรกิจ SME ที่ต้องอาศัยการพึ่งพาแรงงานจำนวนมาก หรือมีความยืดหยุ่นน้อยในการบริหารจัดการใน

ขณะที่ต้นทุนสูงขึ้น และกลุ่มที่เป็นตลาดหลักซึ่งเป็นภาคครัวเรือนมีแนวโน้มที่กำลังซื้อจะลดลง

- ปัจจัยทางเศรษฐกิจ (Economic - E)

จากผลกระทบทางการเมืองที่เกิดขึ้นมานั้นส่งผลทางตรงต่อสภาพเศรษฐกิจภายในประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งแนวโน้มการเติบโตของ GDP (Gross Domestic Product) นั้นคาดว่าจะเติบโตราว 3.5-4.0% ในปีพ.ศ. 2558 ซึ่งถูกปรับลดลงมาจาก 4.0-4.5% [24] ซึ่งถือว่าเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างต่ำ แต่กลุ่มธุรกิจส่งออกจำพวก อัญมณี รถยนต์ เคมีภัณฑ์ หรือการเกษตรนั้นยังสามารถที่จะเติบโตได้จากตลาดหลักที่มีแนวโน้มเศรษฐกิจที่ฟื้นตัว รวมไปถึงประโยชน์จากกรอบการเจรจาการค้าเสรีต่างๆกับประเทศคู่ค้า

- ปัจจัยทางสังคม (Social - S)

เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจที่ถดถอยอันเนื่องมาจากผลกระทบทางการเมืองจึงทำให้ทั้งในภาคครัวเรือนรวมไปถึงภาคอุตสาหกรรมบางส่วนนั้นมีการใช้จ่ายที่น้อยลงเพื่อลดภาระหนี้สินที่เกิดขึ้น จึงเกิดแนวโน้มที่จะเลือกใช้สินค้าที่มีราคาถูกที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับสินค้าที่เคยใช้มามากขึ้น

- ปัจจัยทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ (Technology - T)

ภาคอุตสาหกรรมเคมีนั้นถือได้ว่าเป็นภาคอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมาก จึงเป็นสิ่งที่ไม่ยากนักที่จะหาเครื่องมือใหม่ๆ ห้องแลป สารเคมีต่างๆ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการทดลองและการผลิตผลิตภัณฑ์หรือสินค้าต่างๆเพื่อออกสู่ท้องตลาด แต่หากเทียบความก้าวหน้าและความรวดเร็วทางเทคโนโลยีกับประเทศที่เจริญแล้ว ยังนับว่าเทคโนโลยีในประเทศไทยยังมีความล้าหลังและก้าวเดินได้ช้ากว่าในต่างประเทศอย่างมาก เนื่องมาจากประเทศไทยยังไม่เล็งเห็นถึงประโยชน์ในการลงทุนในการวิจัยและพัฒนารวมไปถึงการลงทุนในตัวบุคลากรมากเท่าในประเทศที่พัฒนาแล้ว ด้วยเหตุผลนี้เองทำให้ประเทศไทยไม่สามารถก้าวไปเป็นผู้นำหรือก้าวเข้าสู่เวทีโลกได้ในด้านเทคโนโลยี

5.1.2 การวิเคราะห์ปัจจัย 5 ประการที่ส่งผลต่อสภาวะในการแข่งขันของแต่ละอุตสาหกรรม (Five Forces Model Analysis)

สิ่งที่สำคัญในการเริ่มต้นก่อตั้งธุรกิจคือการรับรู้ เข้าใจ และสามารถประเมินปัจจัยต่างๆที่จะมีผลต่อตัวธุรกิจที่จะทำการก่อตั้งขึ้นมาโดยโมเดล Five Forces นี้จะสามารถช่วยในการประเมินสถานการณ์ต่างๆได้ดังนี้

- <u>การแข่งขันท่ามกลางคู่แข่งที่มีอยู่ (Rivalry among existing competitors)</u>

บริษัทเคมีภัณฑ์ในประเทศไทยที่มีชื่อเสียงทางด้านสารเคมีกลุ่มซิลิโคน พอลิเมอร์และมอนอเมอร์ และมีคุณภาพตามมาตรฐานสากลซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีคือ

- Shin-Etsu Silicones
- Wacker
- Momentive
- Dow Corning
- Asia Silicones Monomer

ซึ่งบริษัทดังกล่าวนี้เป็นบริษัทข้ามชาติที่เข้ามาทำธุรกิจในประเทศไทย และนอกจากนี้ยังมีการนำเข้าซิลิโคนจากต่างประเทศเช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น อเมริกา หรือประเทศต่างๆทางฝั่งยุโรป เป็นต้น โดยจะเห็นได้ว่ามีคู่แข่งมากมายหลายบริษัทที่ทำธุรกิจขายเคมีภัณฑ์ประเภทซิลิโคน แต่หากนับเฉพาะภายในประเทศไทยนั้นจะมีแต่เพียงองค์กรที่ขายซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์เท่านั้น จึงเป็นช่องโหว่เพียงพอที่จะก้าวเข้าสู่การแข่งขันในตลาดกับกลุ่มองค์กรเดิมภายในตลาด

- <u>การคุกคามของผู้ประกอบการใหม่ (Threat of new entrants)</u>

เนื่องจากการที่จะนำซิลิโคนที่ผ่านการใช้งานแล้ว ผ่านการแปรรูปแล้ว และการนำซิลิโคนของเสียประเภทซิลิโคนกลับมาใช้ใหม่นั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางด้านเคมีและทางด้านวิศวกรรมเพื่อที่จะได้ทราบถึงสารเคมีที่จะใช้ ส่วนผสมที่เหมาะสม เวลาที่จะใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เครื่องมือที่ต้องใช้ รวมไปถึงการควบคุมภาวะที่เหมาะสมและดีที่สุดที่จะเอื้ออำนวยให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปริมาณมากที่สุด ทั้งนี้จะต้องมีทีมงานที่มีความสามารถหลากหลายและใช้ความรู้พื้นฐานเฉพาะทางซึ่งอาจจะต้องใช้เวลาในการทำการศึกษาและทดลองนานพอสมควรในการลอกเลียนแบบ อีกทั้งจะต้องมีการลงทุนในเม็ด

เงินในเป็นจำนวนมากสำหรับการทำการตลาดเพื่อที่จะเข้ามาแย่งส่วนแบ่งทางการตลาดในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ ซึ่งหากมีการวิจัยและพัฒนาที่ดีและเร็วเพียงพอก็จะทำให้สามารถหนีห่างจากความเป็นไปได้ที่จะถูกคู่แข่งหน้าใหม่เข้ามาแย่งส่วนแบ่งทางการตลาดไป

- <u>การคุกคามของสินค้าทดแทน (Threat of substitutes)</u>

เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดนั้นจำเป็นต้องมีการใช้งานเคมีภัณฑ์ประเภทซิลิโคน ซึ่งสารเคมีประเภทซิลิโคนนี้จะมีคุณสมบัติที่ค่อนข้างเฉพาะตัวจึงเป็นการยากที่จะมีการใช้สารเคมีอื่นเข้ามาทดแทน

- <u>อำนาจในการต่อรองของซัพพลายเออร์ (The bargaining power of suppliers)</u>

จากการที่จะรีไซเคิลสารเคมีประเภทซิลิโคนนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้วัตถุดิบตั้งต้นเป็นซิลิโคนที่เป็นของเสียหรือของที่ถูกทิ้งแล้ว ทั้งนี้สามารถหาได้ง่ายตามโรงงานที่รับซื้อของเก่าต่างๆ หรือสามารถหาได้จากองค์กรคู่แข่งที่ทำการผลิตซิลิโคนบริสุทธิ์ เนื่องจากในการผลิตสิ่งต่างๆในทุกๆครั้ง จะมีการก่อเกิดของเสียหรือสิ่งต่างๆที่ไม่เป็นที่ต้องการนอกเหนือจากผลิตภัณฑ์หลัก และทุกๆโรงงานจะต้องทำการระบายหรือจัดการของเสียเหล่านี้ออกจากโรงงานในทางใดทางหนึ่งอย่างถูกวิธี ซึ่งโดยปกติแล้วจะทำการส่งกำจัดให้กับองค์กรภายนอก หรือหากของเสียนั้นมีมูลค่าก็จะทำการขายให้กับองค์กรอื่นๆที่สนใจ จึงเป็นการไม่ยากที่จะสามารถหาของเสียประเภทซิลิโคนเพื่อมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นจากแหล่งดังกล่าว ทำให้อำนาจการต่อรองของ Supplier มีไม่สูงมาก เพราะในประเทศไทยยังไม่มีธุรกิจการรีไซเคิลซิลิโคนอย่างจริงจังทำให้คู่แข่งขันที่จะเข้ามาซื้อวัตถุดิบมีน้อย การแข่งขันทางด้านราคาจึงต่ำ

- <u>อำนาจการต่อรองจากผู้บริโภค (The bargaining power of customers)</u>

ในท้องตลาดทั่วไปนั้นสามารถหาซื้อเคมีภัณฑ์ในกลุ่มซิลิโคนได้ไม่ยาก โดยทำได้ทั้งการนำเข้าจากต่างประเทศโดยการสั่งซื้อผ่านทางอินเตอร์เน็ต หรือทำการซื้อจากภายในประเทศทั้งซื้อโดยตรงจากบริษัทรายใหญ่ที่มีชื่อเสียงหรือซื้อผ่าน Trading ต่างๆที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป จากที่กล่าวมานี้ทำให้มีการเข้าถึงการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนได้โดยง่ายอีกทั้งยังมีตัวเลือกให้เปรียบเทียบราคาและคุณภาพได้มากมาย ทำให้อำนาจการต่อรองจากผู้บริโภคนั้นมีสูงมาก

5.1.3 การวิเคราะห์สถานการณ์ (SWOT Analysis)

การวิเคราะห์เครื่องมือ SWOT นั้นจะทำการวิเคราะห์ปัจจัยภายในและภายนอกองค์กร โดยที่ปัจจัยภายในองค์กรคือ จุดแข็งและจุดอ่อนภายในองค์กร ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับกิจการกับคู่แข่งที่อยู่ภายในตลาด และปัจจัยภายนอกองค์กรคือ โอกาสและอุปสรรค ซึ่งจะทำการพิจารณาถึงปัจจัยที่จะมีผลต่อกิจการทั้งในด้านบวกและในด้านลบ โดยปัจจัยเหล่านี้ทางองค์กรจะไม่สามารถทำการควบคุมได้

- <u>จุดแข็ง (Strength - S)</u>

อันเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ขององค์กรเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรีไซเคิลของเสียจึงมีความได้เปรียบในส่วนของต้นทุนในการผลิต การสรรหาวัตถุดิบของเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงงานรับซื้อของเก่า มีการใช้งานสารเคมีและวัตถุดิบที่หาได้โดยง่าย และมีการควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีราคาที่ต่ำมากกว่าซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์กว่าเท่าตัว อีกทั้งยังมีภาพลักษณ์ต่อสิ่งแวดล้อมที่ดีอีกด้วย จึงทำให้เป็นข้อได้เปรียบทางด้านธุรกิจ และจุดแข็งอีกประการหนึ่งของทางองค์กรคือ มีฐานการผลิตภายในประเทศไทยทำให้มีข้อได้เปรียบในด้านของเวลาการจัดส่งสินค้าซึ่งจะมีความรวดเร็วกว่าการสั่งสินค้าจากต่างประเทศมาก

- <u>จุดอ่อน (Weakness - W)</u>

ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการรีไซเคิลจะค่อนข้างต่ำ อันเนื่องมาจากทัศนคติของผู้บริโภคที่จะมองว่าสินค้าจากการรีไซเคิลจะมีคุณภาพด้อยกว่าสินค้าที่ผลิตใหม่ ซึ่งในบางรายอาจมองว่าสินค้าเกรดรีไซเคิลไม่อาจนำมาทดแทนสินค้าที่เกิดจากการผลิตใหม่ได้เลย

- <u>โอกาส (Opportunities - O)</u>

จากการที่สภาวะเศรษฐกิจในประเทศไทยนั้นมีการเจริญเติบโตที่ต่ำมาก จึงส่งผลให้ SME หรือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆนั้นเริ่มหันมาใช้สินค้าทดแทนที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับของเดิมด้วยราคาที่ถูกลง เพื่อลดต้นทุนทางการผลิตและแบ่งเบาภาระค่าใช้จ่ายภายในองค์กร อีกทั้งในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการรีไซเคิลพอลิเมอร์ในประเทศไทยยังล้าหลังอยู่มาก จึงถือเป็นโอกาสที่ธุรกิจการรีไซเคิลพอลิเมอร์จะได้มีการริเริ่มและเติบโตเป็นองค์กรแรกๆในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทนี้

- อุปสรรค (Threats -T)

อันเนื่องมาจากอุปนิสัยของคนไทยและไม่มีข้อกำหนดและการจัดการที่เข้มงวดในการคัดแยกประเภทของขยะทำให้ต้องสูญเสียวัตถุดิบที่มีค่าไปอย่างมากมาย อีกทั้งสภาวะทางการเมืองและเศรษฐกิจที่ยังไม่ลงตัวทำให้การก่อตั้งองค์กรใหม่ในฐานะผู้ประกอบการมีความเสี่ยง รวมไปถึงการก้าวเข้าไปเป็นผู้นำที่ริเริ่มธุรกิจการรีไซเคิลพอลิเมอร์ทำให้ต้องเข้าไปในตลาดโดยที่ยังไม่มีคนรู้จักหรือเข้าใจในเทคโนโลยีอย่างแท้จริง

5.1.4 กลยุทธ์การกำหนดลูกค้าเป้าหมาย (STP)

- การแบ่งส่วนตลาด (Segmentation)

เพื่อความเป็นไปได้ในการขายผลิตภัณฑ์ซิลิโคนเกรดรีไซเคิลนั้น การแบ่งส่วนตลาดจะแบ่งโดยพิจารณาจากประเภทของอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นไปได้ในการนำซิลิโคนเกรดรีไซเคิลมาใช้งานเป็นส่วนผสมของการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆของแต่ละบริษัท

- ตลาดเป้าหมาย (Targeting)

เพื่อความเป็นไปได้ในการขายผลิตภัณฑ์ซิลิโคนเกรดรีไซเคิลนั้น ตลาดเป้าหมายหลัก คือ กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดของประเทศไทยตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดครัวเรือน ซึ่งอุตสาหกรรมประเภทดังกล่าวนี้จะมีการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนที่มีความบริสุทธิ์อยู่ในช่วง 95% ได้ ไม่จำเป็นจะต้องใช้ซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99% เพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและเป็นการลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความรวดเร็วให้กับระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management) เนื่องจากไม่จำเป็นต้องสั่งสารเคมีประเภทซิลิโคนมาจากต่างประเทศ

- การวางตำแหน่งในตลาด (Positioning)

การวางตำแหน่งของสินค้า คือ ผลิตภัณฑ์ซิลิโคนเกรดรีไซเคิลนั้น จะมาจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวกับกลุ่มบริษัทคู่แข่งอาทิเช่น บริษัท Shin-Etsu Silicone บริษัท Wacker บริษัท Dow Corning และการสั่งซื้อจากประเทศจีนผ่านเวปไซต์ Alibaba เป็นต้น เนื่องจากบริษัทเหล่านี้เป็นบริษัทที่มีชื่อเสียงโด่งดังในด้านการขายสารเคมีประเภทซิลิโคน

ภาพที่ 5.1 ตำแหน่งในตลาดของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิล

5.1.5 กลยุทธ์ส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix / 4Ps)

กลยุทธ์ของบริษัทคือ การรีไซเคิลซิลิโคนให้ได้คุณภาพใกล้เคียงกับซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์โดยมีราคาที่ต่ำกว่าซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ ซึ่งจะเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยการลดจำนวนของเสียลงจากธรรมชาติ

- ผลิตภัณฑ์ (Product)

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ในภาคอุตสาหกรรมรวมถึงธุรกิจต่างๆนั้นมีการแข่งขันกันมาก ทั้งในเรื่องราคา คุณภาพ และจุดเด่นด้านอื่นๆ ทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่าแนวโน้มการลดต้นทุนทางธุรกิจให้ต่ำลงและภาพลักษณ์ในการรักษาสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมากในการดำเนินธุรกิจในภาคอุตสาหกรรม จึงมีเป้าหมายที่จะทำการรับซื้อหรือรับกำจัดของเสียประเภทซิลิโคนจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทำการรีไซเคิลให้กลายเป็นซิลิโคนประเภท Cyclic Siloxanes ที่มีราคาถูกกว่าในท้องตลาดโดยที่มีระดับคุณภาพที่ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์เกรดบริสุทธิ์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสินค้าประเภทต่างๆต่อไป

ผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่จะทำการขายออกสู่ตลาดจะมีการบรรจุไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โดยจะถูกบรรจุไว้ในถัง IBC (Intermediate Bulk Container) ขนาด 1,000 ลิตร และถังเคมีขนาด 200 ลิตร ดังภาพที่ 5.2 ถึง 5.3 พร้อมกันนี้จะมีใบรับรองคุณภาพของสินค้า (อ้างอิงข้อมูลจากตารางที่ 5.1) และเอกสาร MSDS (Material Safety Data Sheet) กำกับควบคู่ไปพร้อมกับสินค้าที่ทางผู้บริโภคได้ซื้อ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของสินค้าและให้ผู้ซื้อได้เกิดความเชื่อมั่นในตัวของผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 5.2 ถัง IBC ขนาด 1,000 ลิตร

ภาพที่ 5.3 ถังบรรจุขนาด 200 ลิตร

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของซิลิโคนจากการรีไซเคิลเปรียบเทียบกับตัวอย่างในท้องตลาด

แหล่งที่มาของซิลิโคนประเภท Blend	**ซิลิโคนในท้องตลาด**	**ซิลิโคนเกรดรีไซเคิล**
ลักษณะ	ของเหลวใส	ของเหลวใส
ความถ่วงจำเพาะ	0.95	0.96
ความหนืด ที่อุณหภูมิ 25°C (cSt)	2.7	3.3
จุดวาบไฟ (°C)	58	61
ความบริสุทธิ์ (%)	>99	94
ปริมาณ Cyclotetrasiloxane; D4 (%)	<75	76

- <u>ราคา (Price)</u>

ราคาของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลนี้จะมีราคาที่ถูกกว่าซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ตามท้องตลาดอยู่มาก โดยจะทำการเปรียบเทียบราคาดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ราคาของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลเปรียบเทียบกับราคาตลาด

เกรดของซิลิโคนประเภท Blend	**รูปแบบการขาย**	**ราคา (บาท/กิโลกรัม)**
ซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์	ขายปลีก (Retail Price)	180-350
ซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์	ขายส่ง (Industrial Price)	80-120
ซิลิโคนเกรดรีไซเคิล	ขายส่ง (Industrial Price)	60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยจะเห็นได้ว่าซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์หากนำมาขายปลีกตาม Trading หรือ Distributor ต่างๆ จะมีราคาที่สูงมากเนื่องจากจะต้องเพิ่มกระบวนการเข้าไปในตัวสินค้าและทุกๆกระบวนการที่เพิ่มเข้าไปก็จะมีการเพิ่มราคาเข้าไปในตัวสินค้าทำให้สินค้ามีราคาที่สูงมาก โดยทางผู้วิจัยได้นำใบเสนอราคาขายปลีกจาก Trading มาทำการเปรียบเทียบดังภาพที่ 5.4 ถึง 5.5 แต่หากองค์กรใดที่ต้องการซื้อในปริมาณที่สูงมักจะทำการสั่งซื้อได้ในราคาขายส่ง ซึ่งการซื้อขายในรูปแบบนี้จะเป็นในรูปแบบ Business2Business (B2B) ซึ่งจะทำให้ได้สินค้าในราคาที่ถูกลงมากแลกกับการที่ต้องสั่งซื้อในปริมาณที่สูงและทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างบริษัท โดยทางผู้วิจัยได้เลือกที่จะทำการขายในรูปแบบ B2B ซึ่งเน้นไปที่การซื้อขายระหว่างบริษัทในปริมาณมากเนื่องจากจะสามารถสร้างข้อตกลงการซื้อขายได้ในระยะเวลาที่ยาวและมั่นคง อีกทั้งยังสามารถรักษากลุ่มลูกค้าไว้ได้อย่างเหนียวแน่นมากกว่าการซื้อขายแบบปลีก

SUMMIT CHEMICAL COMPANY LIMITED
บริษัท สัมมิท เคมีคอล จำกัด
52/184 Ramkhamhaeng Rd., Huamark, Bangkapi, Bangkok 10240
52/184 ซ.รามคำแหง 60/4 ถนนรามคำแหง (สุขาภิบาล 3) แขวงหัวหมาก
เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
Tel. (66 2) 735-0150-7 Fax : (66 2) 735-0158

ใบเสนอราคา (QUOTATION)

บริษัทฯ ขอขอบคุณที่ได้สอบถามมา และมีความยินดีที่จะเสนอราคาดังต่อไปนี้ โดยหวังว่าจะได้รับคำตอบจากท่านในเร็ววัน

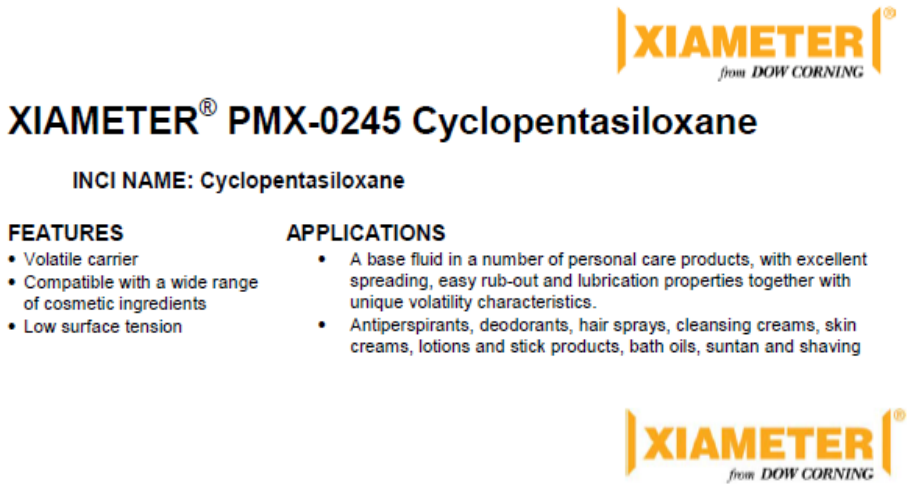
Thank you for your inquire. We have pleasure in submitting our quotation as follows and would look forward to your favourable decision.

ลำดับ Item	ขนาดบรรจุ Packing	รายการ Description	ราคาต่อหน่วย Unit Price (Baht.) (Excluded VAT)
1	20 kgs / pail	PMX-0245	280.00 / kg
	195 kgs / pail	PMX-0245	260.00 / kg
2	20 kgs / pail	PMX-0344	220.00 / kg
	195 kgs / pail	PMX-0344	200.00 / kg
3	20 kgs / pail	PMX-200 Fluid 350 cst	200.00 / kg
	200 kgs / pail	PMX-200 Fluid 350 cst	180.00 / kg

Validity Till end of June 2014.
Payment Cash with 1.5% discount on delivery date.
Delivery Within 3 days after receipt your order and our final confirmation.
Availability is subject to prior sales except that covered by standing order.

(WILAILUX KAISRAPONG)
Sales Manager

ภาพที่ 5.4 ใบเสนอราคาของซิลิโคนในราคาขายปลีก



XIAMETER® PMX-0245 Cyclopentasiloxane

INCI NAME: Cyclopentasiloxane

FEATURES
- Volatile carrier
- Compatible with a wide range of cosmetic ingredients
- Low surface tension

APPLICATIONS
- A base fluid in a number of personal care products, with excellent spreading, easy rub-out and lubrication properties together with unique volatility characteristics.
- Antiperspirants, deodorants, hair sprays, cleansing creams, skin creams, lotions and stick products, bath oils, suntan and shaving

XIAMETER® PMX-0344 Cyclosiloxane Blend

INCI NAME: Cyclotetrasiloxane (and) Cyclopentasiloxane

FEATURES
- Volatile carrier
- Compatible with a wide range of cosmetic ingredients
- Low surface tension
- Transient effect

APPLICATIONS
- A base fluid in a number of personal care products, with excellent spreading and lubrication properties and unique volatility characteristics.
- Antiperspirants, deodorants, hair sprays, cleansing creams, skin creams, lotions, bath oils, suntan and shaving products, make-up, nail polishes, perfumes and colognes.

ภาพที่ 5.5 รายละเอียดสินค้าจากใบเสนอราคาซิลิโคนในภาพที่ 5.4

- <u>ช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)</u>

เนื่องจากรูปแบบของธุรกิจที่วางแผนไว้เป็นรูปแบบ B2B ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการขายตรงไปยังกลุ่มเป้าหมาย โดยในช่วงแรกจะอาศัยความสามารถจากการขายของฝ่ายขาย และจะขยายช่องทางการจำหน่ายโดยจำหน่ายผ่านทาง Distributor และ Trading ซึ่งจะมีความเชี่ยวชาญในการกระจายสินค้ากลุ่มเคมีภัณฑ์ให้กับลูกค้ากลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ

- <u>การส่งเสริมการตลาด (Promotion)</u>

การส่งเสริมทางการตลาดจะทำโดยมีการนำเสนอขายตามโรงงานที่ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดเป็นเป้าหมายหลัก โดยจะทำการนำเสนอถึงจุดเด่นในเรื่องราคาของสินค้าที่มาจากการรีไซเคิลเทียบกับสินค้าเกรดบริสุทธิ์ซึ่งเป็นคู่แข่งหลัก และเทียบคุณภาพสินค้าทั้ง 2 เกรดกันเพื่อให้ลูกค้าได้ตัดสินใจ จากนั้นจะทำการเสนอให้นำผลิตภัณฑ์ทดลอง (Product Sample) ปริมาณ 5 กิโลกรัมแก่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำมาทดลองใช้ในระดับวิจัยและพัฒนาในการทดลองใช้เป็นส่วนผสมจริงและทดลองดูว่าสินค้าที่ได้จากการใช้ซิลิโคน

เกรดรีไซเคิลนั้นมีมาตรฐานเทียบเท่ากับการใช้ซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์หรือไม่ และนอกจากนี้ยังสามารถเสนอเพื่อขอนำซิลิโคนที่ผ่านการใช้งานหรือหมดอายุจากโรงงานนั้นๆมาใช้เป็นส่วนลดหรือนำมารับบริการรีไซเคิลใหม่ได้อีกด้วย

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

5.2.1 สถานประกอบการในการผลิต

สถานที่ตั้งของทางบริษัทในช่วงแรกจะตั้งรวมส่วนของการผลิตและส่วนของสำนักงานเข้าไว้เป็นสถานที่เดียวกันเพื่อลดต้นทุนในการเช่าพื้นที่ โดยที่สถานประกอบการจะตั้งอยู่ภายในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี เนื่องจากว่าในทำเลใกล้เคียงจะมีบริษัทหรือโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดอยู่มาก ซึ่งจะมีการติดต่องานและมีการขนส่งที่สะดวก ค่าใช้จ่ายในการขนส่งจะต่ำ อีกทั้งยังอยู่ไม่ไกลกับนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและนิคมอุตสาหกรรมเอเชียที่อยู่ในจังหวัดระยองอีกด้วย ซึ่งในนิคมอุตสาหกรรมดังกล่าวจะเน้นไปที่อุตสาหกรรมหนัก แต่จะมีโรงงานที่ผลิตซิลิโคนพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ข้ามชาติที่มีชื่อเสียงตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้ ทำให้สามารถเจรจาธุรกิจหรือดำเนินการในเรื่องต่างๆได้สะดวก โดยประเมินเนื้อที่ที่จะทำการเช่าเพื่อประกอบกิจการเป็นเนื้อที่ประมาณ 3,000 ตารางเมตร และจะมีค่าใช้จ่ายในการเช่าที่ประมาณ 450,000 บาทต่อเดือน

5.2.2 เครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือในการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 รายการเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

รายการเครื่องจักร	จำนวน	ราคาต่อเครื่อง (บาท)	ราคารวม (บาท)
- Cracking reactor	1	400,000	400,000
- Condenser	1	250,000	250,000
- Chiller	1	150,000	150,000
- Intermediate tank	1	100,000	100,000
- Heater and hot oil line	1	100,000	100,000
- Vacuum pump and line	1	350,000	350,000
รวม			1,350,000

5.2.3 รายละเอียดวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 5.4 รายการวัตถุดิบ ราคา และปริมาณการใช้ต่อแบทช์ (กรณีใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา)

รายการ	ปริมาณการใช้งาน (กิโลกรัม/แบทช์)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ราคา (บาท/แบทช์)
- Waste silicones	1,500	2	3,000
- Base catalyst	24	30	720
- Water	120	8	960
- Activated carbon	24	45	1080
รวม			5,760

ตารางที่ 5.5 รายการวัตถุดิบ ราคา และปริมาณการใช้ต่อแบทช์ (กรณีใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา)

รายการ	ปริมาณการใช้งาน (กิโลกรัม/แบทช์)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ราคา (บาท/แบทช์)
- Waste silicones	1,500	2	3,000
- Acid catalyst	12	13	156
- Water	120	8	960
- Activated carbon	24	45	1080
รวม			5,196

จากตารางที่ 5.4 และ 5.5 จะเห็นว่าการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะสามารถลดต้นทุนได้มากกว่าการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยที่สามารถลดต้นทุนค่าสารเคมีในการผลิตต่อแบทช์ได้ราว 9.8% และนอกจากนี้การใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยายังสามารถรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนได้หลายประเภทมากกว่าซึ่งสามารถรีไซเคิลได้แม้กระทั่งซิลิโคนที่เป็นสถานะของแข็ง

ตารางที่ 5.6 รายการบรรจุภัณฑ์เวียน

รายการ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
- ถัง IBC ขนาด 1,000 ลิตร	100	2,500	250,000
- ถังบรรจุขนาด 200 ลิตร	100	200	20,000
Total			270,000

5.2.4 กระบวนการผลิต และปริมาณการกำลังการผลิต

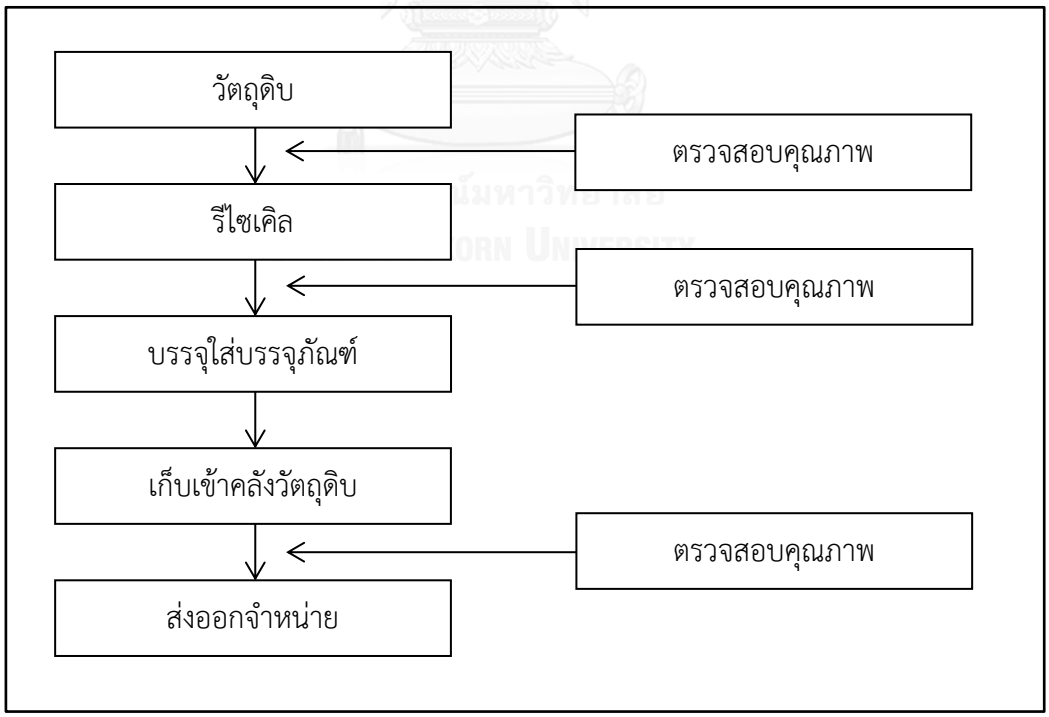
- <u>กระบวนการผลิต</u>

จะเริ่มต้นจากการเติมของเสียประเภทซิลิโคนเข้าสู่ Cracking Reactor จากนั้นจะทำการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาและสารเคมีต่างๆตามขั้นตอนที่กำหนด เมื่อซิลิโคนถูกรีไซเคิลออกมาจะทำการ Neutralized และ Deodorized

แผนปริมาณการกำลังการผลิตสูงสุดไว้ที่ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 432,000 กิโลกรัมต่อปี แต่ในปีแรกของการดำเนินงานจะทำการผลิตคิดเป็นราว 70% ของกำลังการผลิตสูงสุด เนื่องจากเป็นช่วงเวลาของการเข้าหาและเพิ่มกลุ่มเป้าหมายใหม่ๆ และเมื่อมีกลุ่มลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้น ก็จะทำการเพิ่มกำลังการผลิต

- <u>การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงบรรจุภัณฑ์</u>

หลังจากทำการรีไซเคิลซิลิโคนครบทุกกระบวนการจะทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ได้ลงสู่บรรจุภัณฑ์เวียน คือ ถัง IBC ขนาด 1,000 ลิตรและถังบรรจุขนาด 200 ลิตร โดยจะทำการถ่ายสารผลิตภัณฑ์จาก Intermediate Tank ลงสู่ถัง และทำการเก็บเข้าสู่คลังสินค้าต่อไป



ภาพที่ 5.6 ภาพรวมของกระบวนการผลิต

5.2.5 การวางแผนการผลิตและการจัดการสินค้าคงคลัง

การจัดการสินค้าคงคลังมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสมดุลในห่วงโซ่อุปทาน เพื่อจะทำให้ระดับสินค้าคงคลังมีปริมาณต่ำที่สุด โดยไม่กระทบต่อระดับการให้บริการ หากไม่สามารถวางแผนและสร้างการจัดการสินค้าคงคลังให้ดีจะทำให้เกิดการเก็บของไว้มากเกินความจำเป็นซึ่งเป็นสาเหตุของการทำให้เงินลงทุนต้องจมอยู่กับที่ หรืออาจเกิดการเก็บของไว้น้อยเกินไปซึ่งจะทำให้ไม่สามารถนำของที่ต้องการมาใช้ได้อย่างทันท่วงทีเมื่อถึงคราวต้องใช้งาน ซึ่งหากมีการจัดการสินค้าคงคลังได้ดีก็ย่อมตอบสนองไปถึงตัวลูกค้าคือ สามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้ทันเวลา

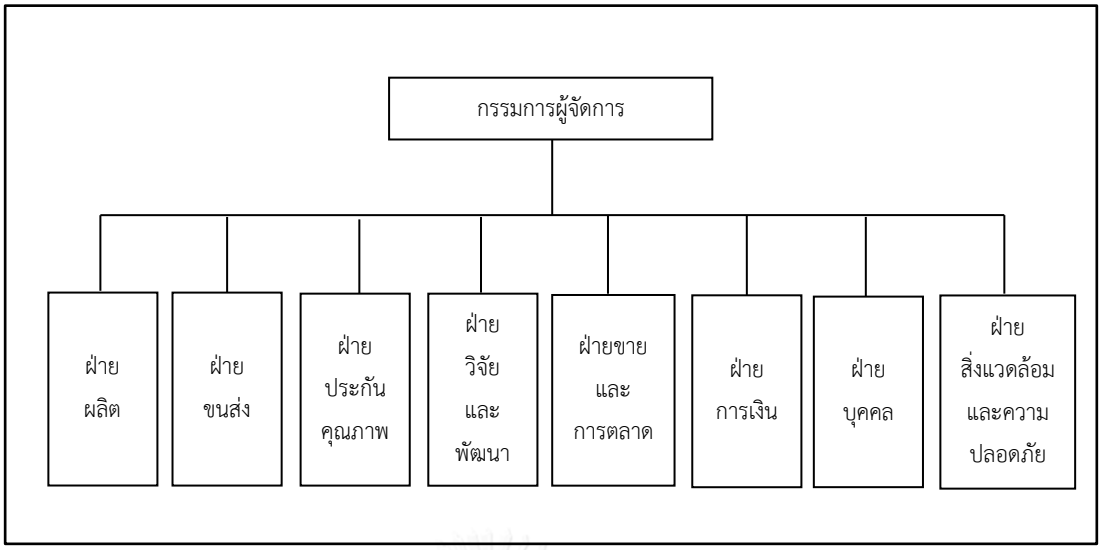
ในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลให้ได้เปรียบคู่แข่งโดยเฉพาะกับต่างประเทศในเรื่องของระยะเวลาการให้บริการนั้น จะทำการจัดเตรียมวัตถุดิบและสารเคมีต่างๆที่จำเป็นในการผลิตเพื่อให้ผลิตได้ล่วงหน้าอย่างน้อยเป็นเวลา 1 เดือน และรวมไปถึงการจัดเตรียมผลิตภัณฑ์สินค้าให้สามารถนำมาใช้ในการขายได้อย่างน้อยเป็นเวลา 1 เดือน

5.2.6 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพนั้นจะทำการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบเข้ามาภายในโรงงาน เพื่อตรวจสอบและประเมินถึงความเป็นไปได้ในการรีไซเคิลจากวัตถุดิบแต่ละชนิด รวมไปถึงทำการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เวียนด้วยกันระหว่างทางบริษัทและบริษัทคู่ค้า จากนั้นจะมีการตรวจสอบระหว่างการผลิตจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนบรรจุใส่บรรจุภัณฑ์ และจะมีการตรวจสอบครั้งสุดท้ายก่อนนำสินค้าออกจำหน่ายให้ลูกค้า และออกใบรับรองคุณภาพของสินค้า รวมไปถึงเอกสาร MSDS แนบไปกับสินค้า เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของ ISO 9000 (International Organization for Standardization) โดยที่เกณฑ์คุณภาพขั้นต่ำเพื่อที่จะให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนดคือ จะต้องมีความบริสุทธิ์อยู่ที่มากกว่า 90%

5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร

ทางบริษัทได้ทำการแบ่งโครงสร้างองค์กรออกเป็นฝ่ายที่สำคัญๆ 8 ฝ่าย คือ ฝ่ายผลิต ฝ่ายขนส่ง ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ฝ่ายขายและการตลาด ฝ่ายการเงิน ฝ่ายบุคคล ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย โดยทุกฝ่ายจะขึ้นตรงกับกรรมการผู้จัดการที่ทำหน้าที่คอยดูแลภาพรวมของบริษัท ดังแสดงในภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 โครงสร้างองค์กรของทางบริษัท

5.3.1 หน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย

- <u>กรรมการผู้จัดการ</u>

ทำหน้าที่ดูแลบริหารทั่วไป ประสานงานกับฝ่ายต่างๆเพื่อกำหนดกลยุทธ์และทิศทางโดยรวมของบริษัทให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

- <u>ฝ่ายผลิต</u>

ทำหน้าที่ดำเนินการผลิตสินค้าคือซิลิโคนรีไซเคิลและบรรจุซิลิโคนรีไซเคิลลงในบรรจุภัณฑ์ รวมไปถึงการวางแผนและประมาณการในการผลิต ทำหน้าที่บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรทุกชนิด (Preventive Maintenance - PM) และดูแลระบบไฟฟ้าหรือโครงสร้างต่างๆเชิงวิศวกรรมให้กับทางบริษัท คอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- <u>ฝ่ายขนส่ง</u>

ทำหน้าที่บริหารจัดการคลังสินค้า ควบคุมสินค้าคงคลังอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงการทำหน้าที่ขนส่งสินค้าจากโรงงานไปส่งให้กับลูกค้าโดยมีการวางแผนเส้นทางการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าในบริษัทต่างๆได้อย่างรวดเร็วและเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- ฝ่ายประกันคุณภาพ

ทำหน้าที่ตรวจสอบวัตถุดิบตั้งต้นตั้งแต่ก่อนรับเข้ามาบริษัท ประเมินความเป็นไปได้ในการนำวัตถุดิบเหล่านั้นมารีไซเคิล สุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์ระหว่างดำเนินการผลิต ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ภายหลังการรีไซเคิลเสร็จ และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ครั้งสุดท้ายก่อนนำไปจำหน่ายสู่ลูกค้า รวมไปถึงคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- ฝ่ายวิจัยและพัฒนา

ทำหน้าที่วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพและคุณภาพของสินค้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งความบริสุทธิ์ของสินค้าซิลิโคนรีไซเคิล รวมไปถึงศึกษากระบวนการใหม่ๆที่สามารถนำไปซึ่งการลดต้นทุนการผลิตของสินค้า นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้ทำการวิจัยอย่างอิสระ โดยมุ่งเน้นไปที่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆเข้ามายังบริษัท และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- ฝ่ายขายและการตลาด

ทำหน้าที่ติดต่อประสานงานกับลูกค้าโดยมุ่งเน้นไปที่การขายสินค้าซิลิโคนรีไซเคิลให้กับกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด รวมไปถึงการคิดกลยุทธ์ต่างๆทางการตลาดเพื่อดึงดูดให้กลุ่มลูกค้ามีความสนใจที่จะซื้อในผลิตภัณฑ์ และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ฝ่ายการเงิน

ทำหน้าที่ดูแลบัญชีและดูแลตัวเลขทางการเงินต่างๆให้กับบริษัท คอยสนับสนุนฝ่ายต่างๆโดยการทำหน้าที่จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆให้กับฝ่ายต่างๆ บริหารจัดการเจ้าหนี้และลูกหนี้ของบริษัทให้มีการจ่ายเงินอย่างตรงเวลา และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- ฝ่ายบุคคล

ทำหน้าที่ดูแลความเป็นไปของพนักงานภายในบริษัท บริหารจัดการในทรัพยากรบุคคลให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำหน้าที่ CSR (Corporate Social Responsibility) ให้กับบริษัท ดูแลระบบการรับเข้าของพนักงานและประเมินถึงความหมาะสม จัดหลักสูตรฝึกอบรมให้กับพนักงานภายในบริษัท คอยสนับสนุนฝ่ายต่างๆให้มีความสะดวกสบายในการทำงาน จัดกิจกรรมต่างๆภายในบริษัท และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

- ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย

ทำหน้าที่ตรวจสอบและลดความเสี่ยงในสถานการณ์ที่อาจจะเกิดอุบัติเหตุต่างๆจากการทำงาน ดูแลมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 ให้กับบริษัท ดูแลเรื่องกฎหมายที่จำเป็นต่างๆให้กับบริษัท และคอยประสานงานกับฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง

5.3.2 โครงสร้างเงินเดือนพนักงาน

ตารางที่ 5.7 โครงสร้างเงินเดือนพนักงาน

ฝ่าย	ระดับ	จำนวน	เงินเดือน (บาท)	รวม (บาท)
กรรมการผู้จัดการ	- ผู้บริหาร	1	50,000	50,000
ฝ่ายผลิต	- ผู้จัดการ	1	22,000	22,000
	- หัวหน้างาน	2	18,000	36,000
	- พนักงาน	3	10,000	30,000
ฝ่ายขนส่ง	- ผู้จัดการ	1	18,000	18,000
	- พนักงาน	2	10,000	20,000
ฝ่ายประกันคุณภาพ	- ผู้จัดการ	1	22,000	22,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
ฝ่ายวิจัยและพัฒนา	- ผู้จัดการ	1	22,000	22,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
ฝ่ายขายและการตลาด	- ผู้จัดการ	1	22,000	22,000
	- หัวหน้างาน	1	18,000	18,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
ฝ่ายการเงิน	- ผู้จัดการ	1	20,000	20,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
ฝ่ายบุคคล	- ผู้จัดการ	1	20,000	20,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย	- ผู้จัดการ	1	18,000	18,000
	- พนักงาน	1	10,000	10,000
รวม		23		378,000

5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

5.4.1 ประมาณการในเงินลงทุน

5.4.1.1 สินทรัพย์ที่ใช้ประกอบธุรกิจ

รายการสินทรัพย์ที่ใช้ในการประกอบธุรกิจแสดงดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 สินทรัพย์ที่ใช้ในการประกอบธุรกิจ

รายการ	จำนวน	มูลค่าต่อหน่วย (บาท)	รวมมูลค่า (บาท)
- Cracking reactor	1	400,000	400,000
- Condenser	1	250,000	250,000
- Chiller	1	150,000	150,000
- Intermediate tank	1	100,000	100,000
- Heater and hot oil line	1	100,000	100,000
- Vacuum pump and line	1	350,000	350,000
- IP phones	3	2,000	6,000
- Scanners/Printers	2	20,000	40,000
- Air conditioners	4	10,000	40,000
- Engineering tools	2	10,000	20,000
- Computers	5	25,000	125,000
- Office equipment	1	20,000	20,000
- Truck (2^{nd} hand)	1	930,000	930,000
- Drums	100	200	20,000
- IBC	100	2,500	250,000
รวม			2,801,000

5.4.1.2 เงินทุนหมุนเวียนในการดำเนินกิจการ

- เงินสดที่สำรองไว้เป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 2 เดือน
- ลูกหนี้บริษัทจะให้เครดิตลูกหนี้ที่เป็นบริษัทและ Dealer 30 วัน
- สินค้าคงเหลือมีนโยบายสต๊อคสินค้าเพื่อจำหน่าย 30 วัน
- บริษัทได้รับเครดิตทางการค้าในการซื้อวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นเวลา 30 วัน

ตารางที่ 5.9 เงินทุนหมุนเวียน (Working Capital) สำหรับดำเนินงาน 2 เดือน

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	จำนวนเงินรวม (บาท)
- ค่าเช่าโรงงาน	(2 เดือน) (450,000)	900,000
- เงินเดือนพนักงาน	(2 เดือน) (378,000)	756,000
- ค่าสาธารณูปโภคและเบ็ดเตล็ด	(2 เดือน) (200,000)	400,000
- ลูกหนี้การค้า (Account Receivable)	1,512,000	1,512,000
- สินค้าคงคลัง (Inventory)	109,116	109,116
- เจ้าหนี้การค้า (Account Payable)	-109,116	-109,116
รวม		3,568,000

<u>รายละเอียดเพิ่มเติม</u>

- ลูกหนี้การค้า (Account Receivable) คำนวนโดยการนำรายได้จากการขายในปีแรก ดังตารางที่ 5.12 มาคำนวนต่อ 1 เดือน
- สินค้าคงคลัง (Inventory) คำนวนโดยการนำต้นทุนสินค้าเฉลี่ยต่อปีในปีแรก ดังตารางที่ 5.13 มาคำนวนต่อ 1 เดือน
- เจ้าหนี้การค้า (Account Payable) จะเท่ากับจำนวนสินค้าคงคลัง

5.4.1.3 ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินการ

ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการติดตั้งออฟฟิศ ค่าทำวิจัยตลาด ค่าวิจัยและพัฒนาตัวสินค้า ค่าใช้จ่ายในสินทรัพย์ที่ใช้ในการประกอบธุรกิจ และเงินทุนหมุนเวียน

ตารางที่ 5.10 ค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินการ

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งออฟฟิศ	200,000
- ค่าทำวิจัยตลาด	20,000
- ค่าวิจัยและพัฒนาตัวสินค้า	300,000
- สินทรัพย์ที่ใช้ในการประกอบธุรกิจ	2,801,000
- เงินทุนหมุนเวียน	3,568,000
รวม	6,889,000

5.4.2 แหล่งเงินทุน

ตารางที่ 5.11 แหล่งของเงินทุนในแต่ละส่วน

ประเภท	แหล่งเงินทุน	จำนวน (บาท)
- หนี้สิน	กู้ระยะยาวจากธนาคาร	3,444,500
- ส่วนของผู้ถือหุ้น	ส่วนของเจ้าของ	3,444,500
รวม		6,889,000

5.4.3 ข้อสมมติทางการเงิน

5.4.3.1 การประมาณการรายได้

เครื่องจักร 1 เครื่องมีกำลังการผลิตซิลิโคนรีไซเคิลสูงสุดที่ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน โดยในปีแรกจะดำเนินการผลิตเพียง 70% ของกำลังการผลิตสูงสุดเนื่องจากเป็นบริษัทที่เพิ่งเข้ามาในตลาดจึงยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางจึงต้องทำการสร้างฐานลูกค้าให้มั่นคงในช่วงปีแรกๆที่เข้ามา และตั้งข้อสมมติยอดขายว่าจะดำเนินการให้มียอดขายโตขึ้นปีประมาณละ 5% ในช่วง 2 ปีแรก และเติบโตอีกประมาณ 10% ในปีที่ 4 และปีที่ 5 ทั้งนี้จะใช้กำลังการผลิตเป็นตัวแปรในการคำนวนถึงอัตราการเติบโต และจะทำการขายผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลในราคากิโลกรัมละ 60 บาท โดยได้แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5.12 ทั้งนี้เมื่อดำเนินการผลิตเป็น 100% แล้ว คิดเป็นสินค้าทั้งสิ้น 432,000 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อทดลองเทียบกับปริมาณการนำเข้าของสารเคมีประเภทซิลิโคนของประเทศไทยในปี 2013 คิดเป็นตัวเลข 85,830 ตัน หรือ 85,830,000 กิโลกรัม [11] ทั้งนี้เมื่อเดินหน้าเต็มกำลังการผลิต 100% จะคิดเป็นเพียง 0.50% ของยอดการนำเข้าสินค้าประเภทซิลิโคนของประเทศไทยเท่านั้นเอง

ตารางที่ 5.12 ประมาณการยอดขายในแต่ละปี

ปีที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
อัตราการเติบโตโดยประมาณ (%)	-	5	5	10	10
กำลังการผลิต (%)	70	75	80	90	100
ยอดขาย (กิโลกรัม)	302,400	324,000	345,600	388,800	432,000
รายได้จากการขาย (บาท)	18,144,000	19,440,000	20,736,000	23,328,000	25,920,000

5.4.3.2 ต้นทุน

ต้นทุนการผลิตซิลิโคนจะประมาณการโดยคิดเพียงค่าวัตถุดิบและสารเคมีเท่านั้น โดยที่ค่าสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ รวมไปถึงค่าแรงงาน จะถูกนำมาประเมินรวมทั้งโรงงานในอีกส่วน ซึ่งค่าต้นทุนของการผลิตซิลิโคนรีไซเคิลนั้นจะมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 5,196 บาทต่อ 1,200 กิโลกรัม ซึ่งจะเท่ากับมีต้นทุนอยู่ที่ 4.33 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 5.13 ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ซิลิโคนในปีที่ 1

ผลิตภัณฑ์	**ต้นทุนต่อกิโลกรัม (บาท)**	**ปริมาณต่อปี (กิโลกรัม)**	**ต้นทุนสินค้าต่อปี (บาท)**
ซิลิโคนรีไซเคิล	4.33	302,400	1,309,392

5.4.3.3 นโยบายการจำหน่ายและนโยบายสินค้าคงเหลือ

บริษัทจะกำหนดนโยบายให้เครดิตลูกค้าในการชำระหนี้หลังจากซื้อสินค้าไปแล้วเป็นระยะเวลา 30 วัน และมีนโยบายกำหนดให้มีการสต็อคสินค้าเพื่อจำหน่ายเป็นเวลา 30 วัน

5.4.3.4 การกู้ยืมเงิน

จะทำการกู้เงินระยะยาวจากสถาบันการเงินประเภท MLR อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7.25 (อ้างอิงจาก ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ณ วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ 2557) โดยจะทำการผ่อนชำระเป็นงวดที่เท่ากันในทุกปี จำนวน 688,900 บาท เพื่อคืนในส่วนของเงินต้น เป็นเวลา 5 ปี และในส่วนของดอกเบี้ยจะมีการจ่ายทุกปีและนำไปคำนวนต่อไปในงบกำไร

ตารางที่ 5.14 แผนการผ่อนชำระหนี้

L/T Loan	ปีที่ (บาท)				
	1	2	3	4	5
- เงินกู้ทั้งหมด คืนเงินต้นใน 5 ปี	3,444,500	2,755,600	2,066,700	1,377,800	688,900
- เงินกู้ระยะยาวชำระคืนทุก 1 ปี	688,900	688,900	688,900	688,900	688,900
- เงินต้นคงเหลือ	2,755,600	2,066,700	1,377,800	688,900	0
- ดอกเบี้ย	249,726	199,781	149836,	99,891	49,945

5.4.3.5 ค่าใช้จ่ายเป็นการดำเนินการในแต่ละเดือน

ค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือนนั้นกำหนดให้ค่าเช่าโรงงานในนิคมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี เนื้อที่ประมาณ 3,000 ตารางเมตร มีค่าเช่าเดือนละ 450,000 บาทต่อเดือน โดยจะทำการจ่ายค่าเช่าทุกวันที่ 1 ของเดือน เงินเดือนพนักงานจะทำการจ่ายทุกสิ้นเดือน ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าโทรศัพท์ และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆประมาณเดือนละ 200,000 บาท และกำหนดให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดเพิ่มขึ้นปีละ 5% โดยได้แสดงรายการค่าใช้จ่ายต่างๆในแต่ละเดือนภายในปีแรกไว้ดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในปีแรก

รายการ	จำนวน (ครั้ง/ปี)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
- ค่าเช่าโรงงาน	12	450,000	5,400,000
- เงินเดือนพนักงาน	12	378,000	4,536,000
- ค่าสาธารณูปโภคและเบ็ดเตล็ด	12	200,000	2,400,000
- ค่าสอบบัญชี	1	40,000	40,000
- ค่าจ้างองค์กรอิสระเพื่อตรวจสอบการดำเนินการ	1	40,000	40,000
- ค่าดำเนินการทางการตลาดในปีแรก	1	50,000	50,000
รวม			12,466,000

5.4.3.6 ค่าเสื่อมราคา

ตารางที่ 5.16 ค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินต่างๆภายในโรงงาน

ค่าเสื่อมราคา	ปีที่ (บาท)				
	1	2	3	4	5
- เครื่องจักรในโรงงาน	270,000	270,000	270,000	270,000	27,000
- โทรศัพท์ IP	2,400	900	900	900	900
- เครื่องคอมพิวเตอร์	50,000	18,750	18,750	18,750	18,750
- เครื่องสแกน / เครื่องปริ้นท์	16,000	6,000	6,000	6,000	6,000
- เครื่องปรับอากาศ	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
- เครื่องมือช่าง	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
- อุปกรณ์สำนักงาน	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
- รถบรรทุก	186,000	186,000	186,000	186,000	186,000
- ถังเวียน	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
รวม	594,400	551,650	551,650	551,650	551,650
ค่าเสื่อมราคาสะสม	594,400	1,146,050	1,697,700	2,249,350	2,801,000

โดยกำหนดให้โทรศัพท์ IP เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องแสกนหรือเครื่องปรินท์มีค่าเสื่อมราคาเป็น 40% ในปีแรกและมีค่าเสื่อมราคาในอัตราลดลงเรื่อยๆในปีถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน

ผลตอบแทนจากการลงทุนและจุดคุ้มทุนของทางบริษัทจะใช้การวิเคราะห์ด้วย NPV IRR และ Payback Period

<u>การคำนวนหา WACC (Weighted Average Cost of Capital)</u>

การคิดต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนในการดำเนินการ สามารถวิเคราะห์ได้จากตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7.25% ต่อปี (อ้างอิงจาก ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ณ วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2557)

- อัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง (Return of Risk Free Rate) โดยอ้างอิงอัตราผลตอบแทนจากพันธบัตรรัฐบาลอายุ 5 ปี ให้อัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 3.80 ต่อปีโดยเฉลี่ย (อ้างอิงจาก ธนาคารแห่งประเทศไทย ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด วันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2556)

- Risk Premium ของการลงทุนในประเทศไทยอยู่ที่ร้อยละ 8.25 ต่อปี (ที่มา: Country Default Spreads and Risk Premiums ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557)

- Cost of Equity = Return of Risk Free Rate + Risk Premium
= 3.80 + 8.25 = 12.05

- สามารถคำนวน WACC ได้จากสูตร WACC = Wd(Kd)(1-t) + (We)(Ke)

โดย Wd = สัดส่วนของเงินลงทุนในส่วนเงินกู้ ร้อยละ 50
We = สัดส่วนของเงินลงทุนในส่วนเจ้าของ ร้อยละ 50
Kd = อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ร้อยละ 7.25
Ke = อัตราตอบแทนในส่วนของเจ้าของหรืออัตราผลตอบแทนของหุ้นสามัญร้อยละ 12.05
t = อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 20

ดังนั้น WACC = [(0.50)(0.0725)(1-0.20)] + [(0.50)(0.1205)]
= 0.08925 หรือ ร้อยละ 8.93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ผลตอบแทน</u>

WACC = 8.93%
NPV = 7,333,204 บาท
IRR = 35.74%
Payback Period = 2.77 ปี

- โดยที่กำหนดระยะเวลาโครงการเท่ากับ 5 ปี
- อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล 20% ต่อปี

หมายเหตุ: 1. การวิเคราะห์งบการเงินของทางบริษัทอ้างอิงได้จากภาคผนวก ข
2. การคำนวน NPV IRR และ Payback Period ทำการคำนวนโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010

ธุรกิจการรีไซเคิลซิลิโคนนี้มีระยะเวลาคืนทุนที่ 2.77 ปี เนื่องจากบริษัทมีการใช้เงินลงทุนที่ค่อนข้างที่จะสูงและมีค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆที่มากรวมไปถึงการลงทุนในด้านการเริ่มต้นก่อตั้งโรงงานเพื่อการผลิต แต่ทั้งนี้จัดว่าเป็นการลงทุนในโรงงานขนาดเล็กจึงมีลักษณะการทำงานแบบไม่ก้าวกระโดดค่อยๆเพิ่มฐานลูกค้าให้ได้เรื่อยๆและรักษาฐานลูกค้าอย่างมั่นคง และภายหลังการดำเนินการไปแล้ว 2 ปี 10 เดือน ทางบริษัทเริ่มได้กำไรกลับมาจากการที่ได้ลงทุนไป

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,333,204 บาท โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับ 35.74% ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยของโครงการที่ 8.93% นับว่าเป็นโครงการที่คุ้มค่าเพียงพอที่สามารถลงทุนได้

5.4.5 อัตราส่วนทางการเงิน

ตารางที่ 5.17 อัตราส่วนทางการเงิน

อัตราส่วนทางการเงิน	ปีที่				
	1	2	3	4	5
- อัตราส่วนสภาพคล่อง	3.55	7.57	12.11	18.12	-
- อัตราส่วนหนี้สินต่อทุน	0.80	0.60	0.40	0.20	0.00
- อัตราส่วนกำไรขั้นต้น	92.8%	92.8%	92.8%	92.8%	92.8%
- อัตราส่วนกำไรสุทธิ	15.5%	14.0%	15.0%	18.2%	20.6%
- อัตราส่วนผลตอบแทนจากสินทรัพย์รวม	30.9%	23.0%	20.6%	21.5%	20.8%

จากตารางที่ 5.17 เนื่องจากได้ทำการกำหนดระยะเวลาของโครงการเท่ากับ 5 ปี จึงจะเห็นได้ว่าในปีที่ 5 นั้นสภาพคล่องจะไม่สามารถหาได้เนื่องจากไม่ได้มีทรัพย์สินหมุนเวียนซึ่งก็คือ Inventory และ Account Payable และอัตราส่วนต่างๆทางการเงินนั้นค่อนข้างมีสัดส่วนที่คงที่ยกเว้นอัตราส่วนหนี้สินต่อทุนที่มีแนวโน้มลดลงไปเรื่อยๆจนมีค่าเป็นศูนย์ในปีที่ 4

5.4.6 แผนสำรองฉุกเฉินเพื่อควบคุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

การคาดการณ์ในเหตุการณ์ต่างๆที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันจะส่งผลกระทบต่อตัวธุรกิจของทางบริษัทเป็นเรื่องที่ดี เนื่องจากในอนาคตนั้นอาจเกิดเหตุการณ์ใดๆที่นอกเหนือจากการควบคุมได้ทำให้การมีแผนสำรองฉุกเฉินเป็นการเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ในอนาคตนั้นๆได้ในเบื้องต้น โดยทางผู้วิจัยได้ประเมินแผนสำรองฉุกเฉินไว้ดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 แผนสำรองฉุกเฉิน

ลำดับที่	ลักษณะปัญหาหรือความเสี่ยง	ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1	เกิดการลอกเลียนแบบสินค้า	ส่วนแบ่งทางการตลาดลดลง ฐานลูกค้าหลักลดลง	ทำการวิจัยและพัฒนาอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ๆสำหรับการพัฒนาในตัวสินค้าอีกทั้งยังสามารถนำมาต่อยอดงานวิจัยใหม่ๆเพื่อนำมาสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมใหม่ๆออกมาแข่งขันในตลาด หรืออาจใช้การจดสิทธิบัตรเพื่อป้องกันการลอกเลียนแบบได้อีกด้วย
2	ต้นทุนการผลิตที่อาจสูงขึ้นจากค่าแรงงานหรือค่าต้นทุนวัตถุดิบ	ผลกำไรลดลงและเกิดความเสียเปรียบคู่แข่งมากขึ้น	ทำการควบคุมการทำงานของพนักงานหรือบริหารจัดการบุคลากรให้มีการทำงานอย่างคุ้มค่าที่สุดเพื่อลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าแรง หรืออาจจะทำการขยับราคาสินค้าเพิ่มขึ้นมาเพื่อทดแทนต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นจากค่าแรงงานหรือค่าต้นทุนวัตถุดิบ
3	การขาดรายได้กะทันหันเนื่องจากมีเหตุไม่คาดคิดเกิดขึ้น	บริษัทขาดรายได้แบบกะทันหันและทรัพย์สิน	จัดตั้งกฎระเบียบของบริษัทให้ครอบคลุมในทุกการ

	เช่น ภาวะอัคคีภัย อุทกภัย เป็นต้น	ของบริษัทอาจเกิดความเสียหาย	ทำงานให้ปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยและมีการตรวจตราอย่างเข้มงวดเพื่อลดความเป็นไปได้ที่จะเกิดอุบัติเหตุจากความประมาทและทำประกันภัยต่างๆเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของบริษัท
4	ระเบียบข้อบังคับพิเศษที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการขายสินค้า เช่น อาจมีกฎหมายที่ประกาศยกเลิกการจัดจำหน่ายหนึ่งในชิ้นส่วนวัตถุดิบ เป็นต้น	เกิดผลกระทบต่อการขายสินค้าอย่างกะทันหัน	ทำการวิจัยและพัฒนาสินค้าให้มีข้อมูลใหม่ๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทดลองเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตให้มีความหลากหลาย เพิ่มความบริสุทธิ์ให้กับผลิตภัณฑ์และแตกแขนงไลน์ของสินค้าไปสู่อุตสาหกรรมกลุ่มอื่นๆ นอกจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด อีกทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมใหม่ๆที่สามารถเจาะกลุ่มเข้าไปได้อาจกลับกลายมาเป็นกลุ่มลูกค้าหลักของบริษัทก็ได้
5	คู่แข่งปรับลดราคา	ยอดขายลดลงเนื่องจากลูกค้ามีตัวเลือกในการจับจ่ายใช้สอยมากขึ้น	จัดทำโปรโมชั่นให้มีความน่าสนใจที่สามารถดึงดูดกลุ่มลูกค้าไม่ให้เปลี่ยนบริษัทคู่ค้า
6	เกิดความขัดแย้งภายในองค์กรในการบริหารงาน	เป้าหมายของบริษัทกระจัดกระจายไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน	มีตัวกลางในการไกล่เกลี่ยและสร้างสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี เพื่อที่จะให้พนักงานทุกคนสนิทกัน มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

			ความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน หรือจัดกิจกรรมต่างๆเพื่อคอยกระชับความสัมพันธ์ของคนในองค์กร
7	อุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดเกิดการเปลี่ยนส่วนผสมทางเคมี และยกเลิกการใช้ซิลิโคน	บริษัทเกิดการขาดรายได้อย่างกะทันหัน	ทำการวิจัยและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงการพัฒนาโครงการใหม่ๆในระดับห้องวิจัยในเรื่องของการรีไซเคิลพอลิเมอร์ชนิดอื่น เช่น รีไซเคิล Polyethylene terephthalate (PET) ซึ่งมีการใช้พื้นฐานความรู้ที่ใกล้เคียงกัน
8	ไม่สามารถขายสินค้าได้ตามเป้าหมายที่ได้คาดการณ์ไว้ ซึ่งอาจเกิดจากฝ่ายขายที่ไม่สามารถปิดการขายกับกลุ่มลูกค้าได้ตามเป้าที่คาดการณ์ไว้	ไม่สามารถทำรายได้และสร้างกำไรได้ตามแผนที่ได้ประเมินไว้	เพิ่มการลงทุนทางการตลาด รวมไปถึงการรับพนักงานในตำแหน่งฝ่ายขายเพิ่มเพื่อสร้างฐานลูกค้าในช่วงแรกให้ได้ และในส่วนของการดำเนินการจะทำการลดปริมาณการผลิตสินค้าเพื่อลดการเพิ่มขึ้นของสินค้าคงคลัง ลดการสั่งซื้อวัตถุดิบลงในงวดถัดไปเพื่อรอดูท่าทีของสถานการณ์ และอาจมีการจัดการฝึกอบรมในด้านการขายเพิ่มเติมให้กับฝ่ายขาย
9	มีการขายสินค้าได้เกินกว่าที่คาดการณ์ไว้	เกิดภาระงานที่เพิ่มขึ้นและมีภาวะเสี่ยงที่จะ	เพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้น วางแผนในการเพิ่มหรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

		ผลิตไม่ทันหรือเกินกำลังที่เครื่องจักรจะผลิต	ปรับปรุงรวมไปถึงการซ่อมบำรุงเครื่องจักร จัดหาแหล่งวัตถุดิบเพิ่มขึ้น เพิ่มการทำงานนอกเวลา และจะต้องทำการรักษามาตรฐานการผลิตในทุกกระบวนการ เพื่อรักษาฐานลูกค้าให้ได้อย่างมั่นคง
10	เกิดการขาดแคลนในวัตถุดิบ	ไม่สามารถทำการผลิตสินค้าออกมาได้	ต้องมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ซึ่งต่างประเทศจะมีวัตถุดิบซิลิโคนที่เป็นของเสียอยู่มากในโรงงานอุตสาหกรรม แต่อาจจะทำให้ต้นทุนวัตถุดิบเพิ่มขึ้นจากราคาค่าขนส่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดนี้ เป็นการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการเพื่อเป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนสำคัญ โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่ส่วนที่ 1 เป็นการวิจัยความต้องการของตลาด ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนซึ่งจะแบ่งเป็นการศึกษาในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการทดลองและเป็นการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน และส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำนวัตกรรมนี้ออกไปสู่เชิงพาณิชย์ จากการดำเนินงานทั้งหมดสามารถสรุปได้ ดังนี้

6.1.1 การวิจัยความต้องการของตลาด

จากการสุ่มบริษัทที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายคืออุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาดเป็นจำนวน 3 บริษัท ซึ่งได้ทำการเลือกบริษัทที่เป็นองค์กรขนาดใหญ่ที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย องค์กรขนาดกลาง และองค์กรขนาดเล็ก จากนั้นได้ทำการเข้าไปสัมภาษณ์ทั้ง 3 บริษัทที่ได้เลือกทำการศึกษา โดยทั้ง 3 บริษัทนี้จะมีจุดร่วมคือผู้ให้การสัมภาษณ์จะอยู่ในตำแหน่งที่มีอำนาจในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลได้และเป็นผู้ที่มีความรู้ถึงการใช้สารเคมีประเภทซิลิโคนเป็นส่วนผสมในตัวสินค้าของทางบริษัท

จากการเข้าไปสัมภาษณ์จากทั้ง 3 บริษัทพบว่าทั้ง 3 บริษัทมีความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิล และเมื่อสอบถามถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจะพบได้ว่าองค์กรขนาดใหญ่และองค์กรขนาดกลางนั้นให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านคุณภาพและราคามากที่สุด ส่วนสถานที่จำหน่ายนั้นมีอิทธิพลไม่มากเท่าประการแรก ในขณะที่องค์กรขนาดเล็กจะให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านคุณภาพไม่มากเท่าองค์กรขนาดกลางและขนาดใหญ่แต่จะให้ความสำคัญในด้านสถานที่จำหน่ายมากกว่า สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.2 และจะเห็นได้ว่าอิทธิพลที่เป็นจุดร่วมที่ทั้งองค์กรขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กให้ความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ซิลิโคนนั้นคือปัจจัยด้านราคา แต่ปัจจุบันทั้ง 3 บริษัทนี้มีการใช้งานสารเคมีประเภทซิลิโคนในเกรดบริสุทธิ์ ซึ่งมีราคาที่สูงโดยเฉพาะองค์กรขนาดใหญ่ที่มีการนำเข้าซิลิโคนมาจากต่างประเทศ แต่องค์กรขนาดกลางและขนาดเล็กนั้นจะเลือกใช้งานซิลิโคนที่มีขายอยู่ภายในประเทศ แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 3 บริษัทได้ให้

ความสนใจถึงผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลที่มีราคาถูกเพียงแต่อาจมีคุณภาพที่ด้อยไปกว่าซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์ และยังสนใจที่จะนำซิลิโคนรีไซเคิลไปใช้ในระดับวิจัยและพัฒนาเพื่อทดสอบถึงคุณภาพเปรียบเทียบกับการใช้งานซิลิโคนเกรดบริสุทธิ์อีกด้วย

6.1.2 การพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคน

ในการวิจัยถึงการพัฒนานวัตกรรมกระบวนการในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนนั้น สิ่งที่ต้องดำเนินการเป็นประการแรกคือต้องทำการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนที่จะนำมาใช้ในการทดลองในระดับห้องแลปโดยได้ทำการออกแบบดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 ถึงภาพที่ 4.4 โดยเครื่องจักรต้นแบบนี้ถูกสร้างขึ้นมาจากปัญหาที่ว่าในอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องแลปนั้นไม่สามารถทำการกวนสารเคมีหรือวัตถุดิบที่มีความหนืดได้เนื่องจากการใช้การกวนด้วยแรงทางสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก (Magnetic Bar) มีกำลังไม่เพียงพอที่จะทำการกวนได้จึงต้องเปลี่ยนมาใช้เครื่องจักรต้นแบบที่ถูกออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะซึ่งจะใช้แรงเชิงกล (Mechanic Force) จากมอเตอร์ ทำให้วัตถุดิบตั้งต้นและสารเคมีถูกกวนเข้าด้วยกันเกิดการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) เข้าด้วยกัน โดยเครื่องจักรที่ได้ออกแบบมานั้นถูกสร้างขึ้นจากเหล็กกล้าสเตนเลสซึ่งมีความจุสูงสุดโดยปริมาตรทั้งสิ้น 4 ลิตร เป็นประเภทเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ อีกทั้งเครื่องจักรต้นแบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ในการใช้งานในการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเมอร์ชนิดอื่น เช่น Polyethylene Terephthalate (PET) ได้อีกด้วย โดยหากมีการเพิ่มขนาดของการทดลองให้ใหญ่ขึ้นในการทดลองใดๆในเชิงวิศวกรรมแล้ว จะทำการบรรจุสารเคมีลงในเครื่องปฏิกรณ์ต่างๆไม่ควรเกินระดับ 80% ของปริมาตรบรรจุ เพื่อให้เหลือพื้นที่บางส่วนสำหรับการขยายตัวของสารเคมี

ในส่วนของการวิจัยหาภาวะที่เหมาะสมในการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนนั้น จะพบว่าการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นภาวะที่ดีที่สุด โดยการใช้สารละลายเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 50 % ในน้ำที่ 2.0%wt/wt จะได้ %Yield ถึง 99% รองลงมาเป็นการใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 98% ที่ 1.0%wt/wt จะได้ %Yield เท่ากับ 82% และเมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (NMR Spectroscopy) จะพบว่าผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่ได้จากการรีไซเคิลจะมีส่วนประกอบของซิลิโคนประเภทวงโดยมีโครงสร้าง D3 D4 และ D5 ผสมกันเนื่องจากซิลิโคนทั้ง 3 โครงสร้างนี้เป็น Azeotrope ซึ่งกันและกัน [2] หากจะทำการแยกซิลิโคนในแต่ละโครงสร้างออกจากกันจะต้องดำเนินการแยกด้วยเทคนิคพิเศษ หากสามารถแยกซิลิโคนแต่ละโครงสร้างออกจากกันได้จะสามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมหาศาลอีกทั้งยังสามารถเพิ่มกลุ่มลูกค้าได้อีกอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้เมื่อได้ตรวจสอบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโต-กราฟีจะพบว่าผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจะประกอบไป

ด้วย โครงสร้าง D3 เท่ากับ 0.16% โครงสร้าง D4 เท่ากับ 76.59% และโครงสร้าง D5 เท่ากับ 17.74% โดยที่มีสารปนเปื้อน (Impurities) อยู่ที่ 5.51% และมีความบริสุทธิ์โดยรวมอยู่ที่ 94.49% ดังที่ได้แสดงในตาราง 4.8 ส่วนผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจะประกอบไปด้วย โครงสร้าง D3 เท่ากับ 2.90% โครงสร้าง D4 เท่ากับ 70.45% และโครงสร้าง D5 เท่ากับ 20.34% โดยที่มีสารปนเปื้อน (Impurities) อยู่ที่ 6.31% และมีความบริสุทธิ์โดยรวมอยู่ที่ 93.69% ดังที่ได้แสดงในตาราง 4.9 ซึ่งทั้งนี้ทั้งผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดและเบสต่างก็พบสารปนเปื้อน (Impurities) เช่นเดียวกัน โดยทางผู้วิจัยได้ตั้งข้อสังเกตว่าอาจมีซิลิโคนโครงสร้าง D6 ปะปนอยู่ในสารปนเปื้อน (Impurities) ด้วยจากผลของแก๊สโครมาโตกราฟี ซึ่งในผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยเบสจะพบว่าที่ RT = 10.37 min จะมี %Area ที่ 2.38% ดังภาพที่ 4.13 และในผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่รีไซเคิลด้วยกรดจะพบว่าที่ RT = 10.37 min จะมี %Area ที่ 2.42% ดังภาพที่ 4.14 (สามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ค) ซึ่งทางผู้วิจัยคาดว่าอาจจะเป็นซิลิโคนโครงสร้าง D6 หรือจาระบี (Grease) แต่ทั้งนี้ทางผู้วิจัยไม่มีสารเคมีมาตรฐาน (Standard) ซิลิโคน D6 หรือจาระบี (Grease) เพื่อที่จะนำมาใช้ยืนยันในโครงสร้างที่แท้จริง ส่วนสารปนเปื้อน (Impurities) อื่นๆอาจเป็นการย่อยสลาย (Decompose) ของสารปนเปื้อนต่างๆหรืออาจจะเป็นซิลิโคนในโครงสร้างอื่น เช่น เป็นซิลิโคนพอลิเมอร์ เนื่องจากไม่พบสัญญาณของสารอินทรีย์อื่นๆใน ^{1}H NMR ที่ชัดเจน จึงสันนิษฐานว่าเป็นโครงสร้างซิลิโคนในโครงสร้างแบบพอลิเมอร์

6.1.3 ความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์

จากการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด ทางด้านเทคนิค ทางด้านบริหาร และทางด้านการเงิน พบว่าขนาดของตลาดซิลิโคนในประเทศไทยและรวมถึงทั่วโลกเป็นตลาดที่กว้างขวางมาก แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการใช้งานในส่วนของสารเคมีประเภทซิลิโคนที่มาจากการรีไซเคิล เนื่องจากเทคโนโลยีของประเทศไทยที่ยังไปได้ไม่ถึงในด้านการรีไซเคิลพอลิเมอร์และลักษณะโดยทั่วไปของคนไทยที่ไม่ใส่ใจในการแยกขยะทำให้การตลาดการรีไซเคิลในวัตถุดิบจำพวกพอลิเมอร์นั้นยังไม่เติบโตเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับต่างประเทศ ทั้งนี้เมื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินโดยประเมินกำลังการผลิตสูงสุดที่ 1,200 กิโลกรัมต่อวัน และในปีแรกจะดำเนินการผลิตเป็น 70% ของกำลังการผลิตสูงสุด ซึ่งคิดเป็นตัวเลขเพียง 0.50% ของยอดการนำเข้าสินค้าประเภทซิลิโคนของประเทศไทยในปี 2013 และจะเพิ่มกำลังการผลิต 5% ใน 2 ปีแรก และเพิ่มเป็น 10% ใน อีก 2 ปีถัดไป จากนั้นลงทุนด้วยเงินทุนทั้งสิ้น 6,889,000 บาท ซึ่งในครึ่งหนึ่งของเงินลงทุนจะคิดจากการกู้เงินจากธนาคารและเงินลงทุนอีกครึ่งหนึ่งจะเป็นส่วนของเจ้าของ โดยโครงการมีระยะเวลา 5 ปี พบว่าจะมีระยะเวลาในการคืนทุนอยู่ที่

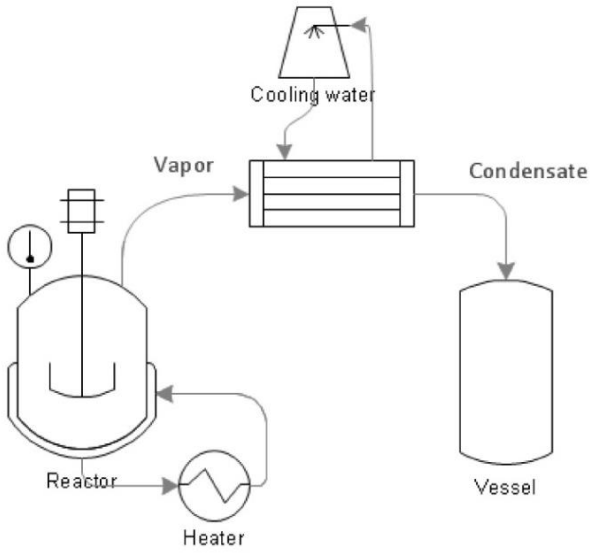
2 ปี 10 เดือน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,333,204 บาท โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) เท่ากับ 35.74% ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยของโครงการที่ 8.93%

ผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลนั้นจะทำการขายใน 2 ปริมาณ โดยจะทำการบรรจุเป็น 1,000 กิโลกรัม และ 200 กิโลกรัมภายใต้บรรจุภัณฑ์เวียน โดยที่มีราคาขายที่กิโลกรัมละ 60 บาท และมีเป้าหมายกลุ่มลูกค้าหลักที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

6.2 ข้อเสนอแนะ

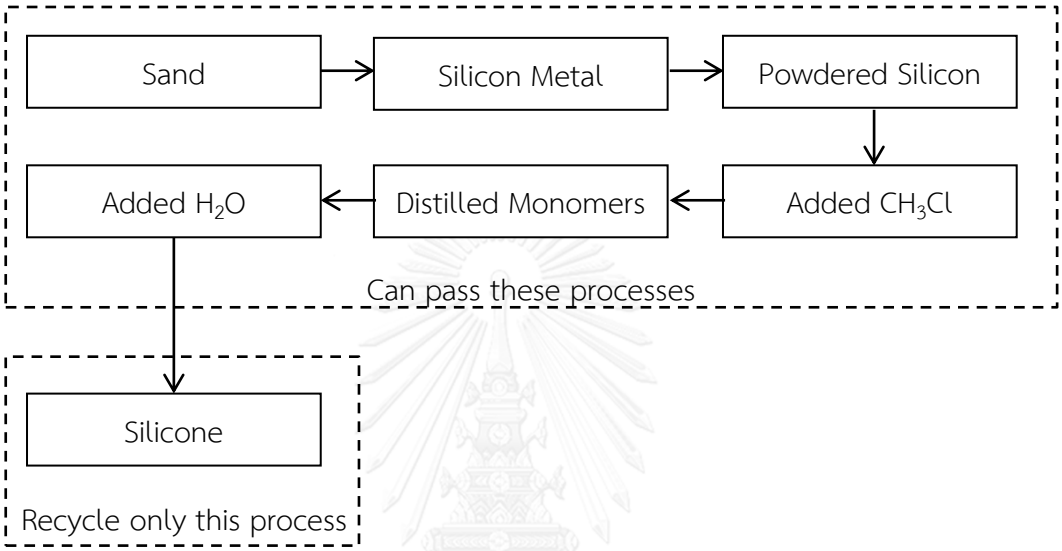
- ผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่ได้จากการรีไซเคิลนั้นยังมีจุดด้อยที่คุณภาพคือด้านความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถนำมาเพิ่มความบริสุทธิ์ให้มากขึ้น (Purification) โดยการออกแบบการกลั่นและใช้เทคนิคการกลั่นที่เหมาะสม ทั้งนี้อาจจะมีการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่หากสามารถเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กับผลิตภัณฑ์ซิลิโคนรีไซเคิลได้จะทำให้สามารถขยายกลุ่มลูกค้าเป้าหมายไปได้อย่างกว้างขวาง

- จากงานวิจัยนี้ที่ได้ทำการทดลองถึงการนำนวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนภายในห้องแลปมาประเมินเพื่อที่จะประยุกต์ใช้จริงในระดับอุตสาหกรรรมนั้น สามารถทำได้โดยการวางระบบการผลิตดังภาพที่ 6.1 ซึ่งจะมีความแตกต่างกับระดับห้องแลปเพียงเล็กน้อยนั่นคือ ระบบการให้ความร้อน โดยในการใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรมจะมีการให้ความร้อนผ่านน้ำมันนำความร้อน (Heat Transfer Oil) ซึ่งจะอยู่ภายใน Jacket ของเครื่องปฏิกรณ์



ภาพที่ 6.1 ระบบการรีไซเคิลซิลิโคนจำลองในระดับ Production Scale

- หากมีการพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลอย่างจริงจังไม่เฉพาะแต่เพียงซิลิโคนพอลิเมอร์ แต่ยังรวมไปถึงพลาสติกอื่นๆ ให้สามารถรีไซเคิลได้อย่างแพร่หลาย อาจจะทำให้ประเทศไทยมีความก้าวหน้าเทียบเคียงกับประเทศที่พัฒนาแล้วได้ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่ประเทศที่พัฒนาแล้วจะมีการแยกขยะอย่างเป็นระบบเพื่อนำขยะที่ได้ถูกคัดแยกแล้วออกมาบริหารจัดการได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นการลดของเสียอันจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วยดังภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.2 ภาพรวมการลดพลังงานและของเสียจากการผลิตด้วยวิธีรีไซเคิล

- หากมีการนำนวัตกรรมการรีไซเคิลซิลิโคนมาใช้จริงในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย จะทำให้ประเทศไทยมีความได้เปรียบทางการค้าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านต้นทุนการผลิตสินค้าที่มีซิลิโคนเป็นส่วนประกอบ

- งานวิจัยนี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการรีไซเคิลของเสียประเภทซิลิโคนในสถานะของแข็งได้อีกด้วย แต่ทั้งนี้อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการใช้สารเคมีหรือภาวะการทดลองให้มีความเหมาะสมกับซิลิโคนที่นำมารีไซเคิล เช่น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทกรดจะสามารถให้ %Yield ที่ดีกว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเบส และรวมถึงของเสียประเภทซิลิโคนที่เป็นสถานะของแข็งนั้นจะให้ %Yield ที่ต่ำกว่าสถานะของเหลว เนื่องจากในสถานะของแข็งจะมีสารตัวเติม (Filler) และสารเติมแต่ง (Additive) อยู่ในตัวซิลิโคนที่นำมารีไซเคิล ทำให้รีไซเคิลออกมาได้เนื้อผลิตภัณฑ์ซิลิโคนที่ต่ำกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

1. James Thompson, *Waste Market Overview & Outlook* 2012. 2012: Waste Business Journal.
2. Anthony O'Lenick *Basic Silicone Chemistry - A Review*. 2009.
3. Dow Corning Corporation. *Silicone Manufacturing*. [cited 2014 June 15]; Available from: http://www.dowcorning.com/content/discover/discoverchem/si-manufacturing.aspx?e=Silicone+Manufacturing.
4. David Smith, *Exploring Innovation*. 2010: McGraw-Hill Education.
5. Boston University School of Public Health. 2013 [cited 2014 September 2]; Available from: http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/SB/SB721-Models/SB721-Models4.html.
6. Stephen J. Clarson, *Silicones and Silicone-Modified Materials: A Concise Overview*. Vol. 838. 2003: American Chemical Society.
7. Siska Hamdani, et al., *Flame retardancy of silicone-based materials.* Polymer Degradation and Stability, 2009. 94: p. 465-495.
8. Gelest Corporation. *Literature*. [cited 2014 August 31]; Available from: http://www.gelest.com/gelest/forms/GeneralPages/literature.aspx.
9. Countryeconomy. *Denmark-Population*. 2014 [cited 2014 August 31]; Available from: http://countryeconomy.com/demography/population/denmark.
10. Carsten Lassen, et al., *Siloxanes - Consumption, Toxicity and Alternatives*. 2005, Denish Ministry of the Environment.
11. Zauba. [cited 2014 September 4]; Available from: https://www.zauba.com/.
12. Oxford Economics *Economic Evaluation of Siloxanes in Canada*. 2008.
13. Robert Fishlock, *Minister Reverses Decision to Add Siloxane D5 to CEPA Toxic Substances List*. 2012: Blakes.

14. G. Carmino, S.M. Lomakin, and M. Lazzari, *Polydimethylsiloxane thermal degradation Part* 1. *Kinetic aspects.* Polymer, 2001. 42: p. 2395-2402.
15. Thomas W. Greenlee, *Process for Recycling Silicone Scrap and Products Relating Thereto*. 1992, Tremco Incorporated: United States.
16. Kawamoto Takeshi, *Method for Recycling Crosslinked Silicone Compound Waste*. 2000: European.
17. Huang Zhixiong, Xie Wenfeng, and Cheng Dongcai, *The Thermal Decomposition Kinetics of Polysiloxane/Polymethylacrylate IPNs Materials.* Journal of Wuhan University of Technology - Mater.Sci.Ed., 2006. 21: p. 47-49.
18. Perry Eyster, *Method of Processing Silicone Wastes*. 2009: United States.
19. The Essential Chemical Industry Online. *Chemical Reactors*. 2013 [cited 2014 September 4]; Available from: http://www.essentialchemicalindustry.org/processes/chemical-reactors.html.
20. Foshan JCT Machinery. [cited 2014 September 4]; Available from: http://foshan-jct.en.ywsp.com/.
21. Engineers Guide. *Types of Agitators*. [cited 2014 September 4]; Available from: http://enggyd.blogspot.com/2011/06/types-of-agitators-used-in-chemical.html.
22. Gregory R. Fulmer, et al., *NMR Chemical Shifts of Trace Impurities: Common Laboratory Solvents, Organics, and Gases in Deuterated Solvents Relavant to the Organometallic Chemist.* Organometallics, 2010. 29: p. 2176-2179.
23. Frank Uhlig and Heinrich Chr. Marsmann ^{29}*Si NMR Some Practical Aspects*. 208-222.
24. อตฦ, ธนวัฏ, and ศศิธร, กกร.ลดคาด *GDP* ปี 58 เหลือโต 3.5-4% รัฐเบิกจ่ายช้า ศก.โลกไม่ฟื้น,ค้านขึ้น *VAT*, in สำนักข่าวอินโฟเควสท์ (*IQ*). 2014, RYT9.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามสำหรับการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้งานซิลิโคน ของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

คำชี้แจง : คำถามชุดนี้เป็นคำถามเพื่อใช้ในการวิจัย เรื่อง นวัตกรรมในการรีไซเคิลซิลิโคนสำหรับอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด เพื่อศึกษาในส่วนของความต้องการในการใช้งานซิลิโคนของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด ประกอบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ความต้องการในการใช้งานซิลิโคนของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด
2. ข้อเสนอแนะ
3. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบคำถาม

ส่วนที่ 1 : ความต้องการในการใช้งานซิลิโคนของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาขัดเงาและทำความสะอาด

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามให้ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

1. สินค้าที่ทางบริษัทของท่านได้ผลิต มีสารเคมีประเภทซิลิโคน (Siloxanes) เป็นส่วนประกอบหรือไม่
   ☐ มี ☐ ไม่มี
2. ปกติทางบริษัทของท่านได้ซื้อซิลิโคนจากที่ใด
   ☐ ในประเทศ ☐ ต่างประเทศ ☐ ไม่ได้ซื้อจากที่ใด
3. ทางบริษัทของท่านเลือกซื้อซิลิโคนในรูปแบบใด
   ☐ ซิลิโคนใหม่ / บริสุทธิ์ ☐ ซิลิโคนที่มาจากการรีไซเคิล
4. ในการเลือกซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนจากทาง Supplier ท่านคิดว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลมากที่สุดในการตัดสินใจเลือกซื้อ
   <u>(เรียงลำดับจากมากที่สุดคือ 1 ไปหาน้อยที่สุดคือ 3)</u>
   ..... คุณภาพของสินค้า ..... ราคาของสินค้า ..... สถานที่จำหน่ายเข้าถึงได้ง่าย
5. ทางบริษัทของท่านมีการซื้อสารเคมีประเภทซิลิโคนประมาณปีละ
   ☐ น้อยกว่า 2,500 ลิตรหรือกิโลกรัม
   ☐ 2,500 – 5,000 ลิตรหรือกิโลกรัม
   ☐ 5,000 – 7,500 ลิตรหรือกิโลกรัม
   ☐ มากกว่า 7,500 ลิตรหรือกิโลกรัม
6. ทางบริษัทของท่านมีการจัดการของเสีย (Waste) ประเภทซิลิโคนด้วยวิธีใด
   ☐ จัดการด้วยกรรมวิธีของทางบริษัทเอง ☐ ส่งให้องค์กรภายนอกจัดการ
7. ท่านทราบหรือไม่ว่าประเทศที่พัฒนาแล้วมีระบบการจัดการขยะด้วยวิธีการคัดแยกและนำมารีไซเคิลใหม่
   ☐ ทราบ ☐ ไม่ทราบ
8. หากประเทศไทยมีนวัตกรรมที่สามารถรีไซเคิลซิลิโคนได้ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ 95% แต่มีราคาต่ำกว่าซิลิโคนเกรดปกติทั่วไปตามท้องตลาดประมาณ 2-3 เท่า ท่านมีความสนใจนำมาทดลองใช้งานหรือไม่
   ☐ น่าสนใจ ☐ ไม่น่าสนใจ
   ** ซิลิโคนที่ได้จากการรีไซเคิลในแบบสอบถามนี้จะมีความบริสุทธิ์ที่ประมาณ 95% โดยรีไซเคิลผ่านกระบวนการ Depolymerization ของซิลิโคนพอลิเมอร์ ทั้งนี้ซิลิโคนที่ผ่านการใช้งานสามารถนำมาเข้าสู้กระบวนการรีไซเคิลได้ใหม่เรื่อยๆ*

ส่วนที่ 2 : ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบคำถาม

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามให้ตรงกับข้อมูลของท่านมากที่สุด

1. เพศ

   ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

   ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20-30 ปี ☐ 31-40 ปี
   ☐ 41-50 ปี ☐ 51-60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

   ☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช ☐ อนุปริญญา / ปวส
   ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. ธุรกิจที่ท่านสังกัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภท

   ☐ ผลิตน้ำยาขัดเงา
   ☐ ผลิตน้ำยาทำความสะอาด
   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

5. ลักษณะการผลิตในอุตสาหกรรมที่ท่านสังกัดอยู่

   ☐ อุตสาหกรรมที่ 1 (ผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบ)
   ☐ อุตสาหกรรมที่ 2 (ผลิตเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูป)
   ☐ อุตสาหกรรมที่ 3 (กิจการด้านการบริการ)

6. ขนาดของอุตสาหกรรม

   ☐ อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ☐ อุตสาหกรรมขนาดย่อม ☐ อุตสาหกรรมในครัวเรือน

7. สังกัดฝ่าย / แผนก

   ☐ ฝ่ายบริหาร ☐ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา
   ☐ ฝ่ายผลิต ☐ ฝ่ายจัดซื้อ
   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

8. ตำแหน่ง / ระดับ

   ☐ ผู้บริหาร / เจ้าของกิจการ ☐ ผู้จัดการ
   ☐ หัวหน้างาน ☐ พนักงาน
   ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

ภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข1 งบกำไรขาดทุน

Income statement	Year					
	0	1	2	3	4	5
รายได้รวม	0	18,144,000	19,440,000	20,736,000	23,328,000	25,920,000
ต้นทุน	0	1,309,392	1,402,920	1,496,448	1,683,504	1,870,560
ค่าเสื่อมราคา	0	594,400	551,650	551,650	551,650	551,650
รายจ่ายจากการดำเนินงาน	0	12,466,000	13,036,800	13,688,640	14,373,072	15,091,726
EBIT	0	3,774,208	4,448,630	4,999,262	6,719,774	8,406,064
ดอกเบี้ยเงินกู้ (7.25%)	0	249,726	199,781	149,836	99,891	49,945
EBT	0	3,524,482	4,248,849	4,849,426	6,619,884	8,356,119
ภาษี (20%)	0	704,896	849,770	969,885	1,323,977	1,671,224
EAT	0	2,819,585	3,399,079	3,879,541	5,295,907	6,684,895
เงินปันผล (20%)	0	0	679,816	775,908	1,059,181	1,336,979
Net income	**0**	**2,819,585**	**2,719,263**	**3,103,633**	**4,236,725**	**5,347,916**

ตารางที่ ข2 งบดุล

Balance Sheet	Year					
Assets	0	1	2	3	4	5
Cash	0	1,213,085	4,366,915	8,001,206	12,943,862	19,275,508
Account Receiveable	0	1,512,000	1,620,000	1,728,000	1,944,000	2,160,000
Inventory	0	109,116	116,910	124,704	140,292	155,880
Total current assets	0	2,834,201	6,103,825	9,853,910	15,028,154	21,591,388
Gross fix asset & non-tangible	0	6,889,000	6,889,000	6,889,000	6,889,000	6,889,000
Accumulate depreciation	0	594,400	1,146,050	1,697,700	2,249,350	2,801,000
Net fixed assets	0	6,294,600	5,742,950	5,191,300	4,639,650	4,088,000
Total assets	**0**	**9,128,801**	**11,846,775**	**15,045,210**	**19,667,804**	**25,679,388**
Equity and Liabilities	0	1	2	3	4	5
Account payable	0	109,116	116,910	124,704	140,292	155,880
Accurals	0	0	0	0	0	0
Current liabilities						
Short-term depth	0	0	0	0	0	0
L/T loan in each year	0	688,900	688,900	688,900	688,900	688,900
Total current liabilities	0	798,016	805,810	813,604	829,192	844,780
L/T loan	0	2,755,600	2,066,700	1,377,800	688,900	0
Equity	0	3,444,500	3,444,500	3,444,500	3,444,500	3,444,500
Retained earning	0	2,819,585	6,218,665	10,098,206	15,394,112	22,079,008
Total sharedholder equity	0	6,264,085	9,663,165	13,542,706	18,838,612	25,523,508
Total liability and equity	**0**	**9,817,701**	**12,535,675**	**15,734,110**	**20,356,704**	**26,368,288**

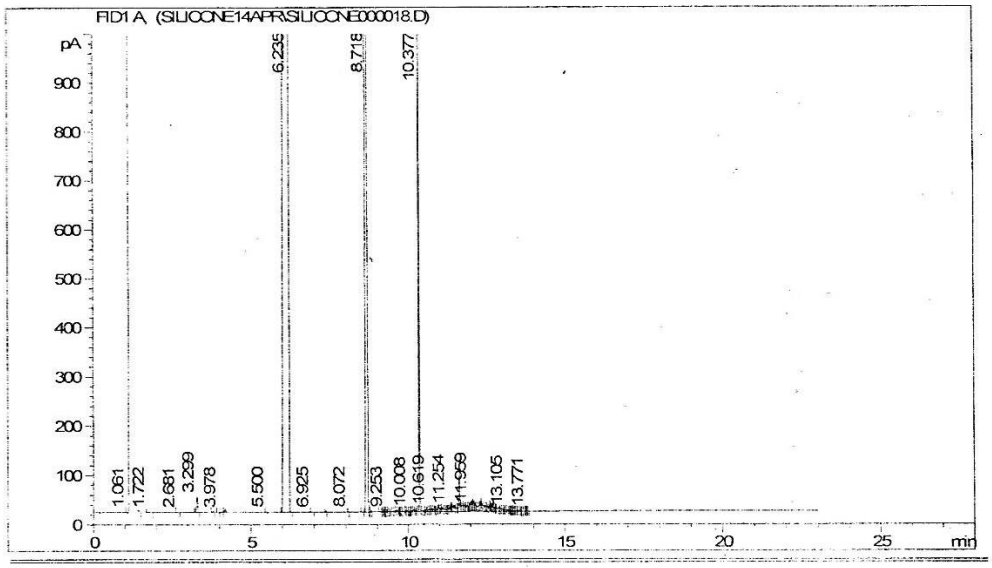
ตารางที่ ข3 งบกระแสเงินสด

Cash Flow statement	Year					
	0	1	2	3	4	5
Cash Flow from Operation						
Net Income	0	2,819,585	3,399,079	3,879,541	5,295,907	6,684,895
Depreciation	0	594,400	551,650	551,650	551,650	551,650
Increase/Decrease in Account Reciveable	0	-1,512,000	-108,000	-108,000	-216,000	-216,000
Increase/Decrease in Inventory	0	-109,116	-7,794	-7,794	-15,588	-15,588
Payable	0	109,116	7,794	7,794	15,588	15,588
Increase (Decrease) in Accruals	0	0	0	0	0	0
Net Cash Flow from Operation	0	1,901,985	3,842,729	4,323,191	5,631,557	7,020,545
Cash Flow from Investment	0	-6,889,000	0	0	0	0
Cash Flow from Financing						
L/T loan		3,444,500				
L/T loan repayment	0	-688,900	-688,900	-688,900	-688,900	-688,900
Loan of Director repayment	0	3,444,500	0	0	0	0
Net Cash Flow from Financing	0	6,200,100	-688,900	-688,900	-688,900	-688,900
Net Cash Flow	**0**	**1,213,085**	**3,153,829**	**3,634,291**	**4,942,657**	**6,331,645**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



Area Percent Report

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
1	1.061	VV	0.031	1.135	0.485	0.002	0.005		0.000
2	1.415	BV	0.005	13.198	39.856	0.026	0.380		0.000
3	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	EA	0.000
4	1.722	VB	0.039	1.015	0.317	0.002	0.003		0.000
5	2.681	VV	0.044	1.194	0.325	0.002	0.003		0.000
6	3.299	BB	0.036	79.098	30.601	0.157	0.292	D3	0.000
7	3.801	BV	0.033	6.889	2.908	0.014	0.028		0.000
8	3.978	BV	0.031	0.794	0.356	0.002	0.003		0.000
9	4.085	VV	0.033	0.921	0.349	0.002	0.003		0.000
10	4.190	VB	0.031	15.409	7.375	0.031	0.070		0.000
11	5.500	BV	0.030	0.746	0.352	0.001	0.003		0.000
12	6.235	MF	0.118	38526.488	5436.418	76.586	51.812	D4	0.000
13	6.925	VB	0.026	0.759	0.387	0.002	0.004		0.000
14	7.361	BV	0.025	6.464	4.100	0.013	0.039		0.000
15	8.072	VV	0.019	0.431	0.325	0.001	0.003		0.000
16	8.549	VV	0.035	0.916	0.378	0.002	0.004		0.000
17	8.718	MF	0.049	8925.640	3046.363	17.743	29.033	D5	0.000
18	8.744	FM	0.023	0.630	0.455	0.001	0.004		0.000
19	8.795	VV	0.020	5.104	3.934	0.010	0.037		0.000
20	9.105	VV	0.036	2.059	0.710	0.004	0.007		0.000
21	9.159	VV	0.023	0.971	0.613	0.002	0.006		0.000
22	9.206	VV	0.021	1.565	1.062	0.003	0.010		0.000
23	9.231	VV	0.016	0.496	0.427	0.001	0.004		0.000
24	9.253	VV	0.012	0.336	0.391	0.001	0.004		0.000
25	9.274	VV	0.025	1.133	0.635	0.002	0.006		0.000
26	9.326	VV	0.024	0.974	0.620	0.002	0.006		0.000
27	9.355	VV	0.025	1.365	0.784	0.003	0.007		0.000
28	9.393	VV	0.024	1.103	0.613	0.002	0.006		0.000

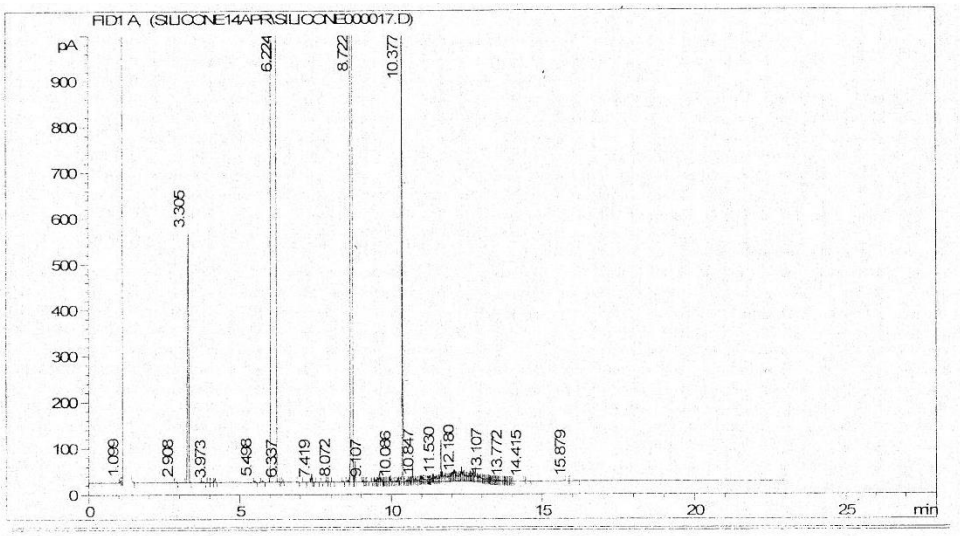
ภาพที่ ค1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคน จากการรีไซเคิลด้วยเบส (ส่วนที่ 1)

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
29	9.438	VV	0.031	1.940	0.839	0.004	0.008		0.000
30	9.513	VV	0.033	2.029	0.823	0.004	0.008		0.000
31	9.581	VV	0.031	2.506	1.068	0.005	0.010		0.000
32	9.608	VV	0.020	5.647	4.210	0.011	0.040		0.000
33	9.659	VV	0.023	4.975	3.059	0.010	0.029		0.000
34	9.695	VV	0.018	1.091	0.865	0.002	0.008		0.000
35	9.736	VV	0.017	1.418	1.259	0.003	0.012		0.000
36	9.755	VV	0.018	2.226	1.773	0.004	0.017		0.000
37	9.802	VV	0.025	3.005	1.645	0.006	0.016		0.000
38	9.843	VV	0.033	5.131	2.043	0.010	0.019		0.000
39	9.908	VV	0.022	3.349	2.066	0.007	0.020		0.000
40	9.929	VV	0.011	1.152	1.470	0.002	0.014		0.000
41	9.963	VV	0.027	7.477	3.812	0.015	0.036		0.000
42	10.008	VV	0.012	0.795	0.901	0.002	0.009		0.000
43	10.031	VV	0.025	1.753	0.977	0.003	0.009		0.000
44	10.071	VV	0.018	1.387	1.132	0.003	0.011		0.000
45	10.085	VV	0.017	1.332	1.217	0.003	0.012		0.000
46	10.122	VV	0.028	5.339	2.588	0.011	0.025		0.000
47	10.170	VV	0.026	9.416	4.973	0.019	0.047		0.000
48	10.225	VV	0.028	5.787	2.949	0.012	0.028		0.000
49	10.266	VV	0.029	6.025	3.158	0.012	0.030		0.000
50	10.313	VV	0.028	8.685	4.030	0.017	0.038		0.000
51	10.377	VV	0.018	1197.756	1002.476	2.381	9.554		0.000
52	10.414	VV	0.029	5.266	2.655	0.010	0.025		0.000
53	10.471	VV	0.031	6.321	2.705	0.013	0.026		0.000
54	10.506	VV	0.031	6.045	2.602	0.012	0.025		0.000
55	10.544	VV	0.020	3.425	2.409	0.007	0.023		0.000
56	10.592	VV	0.025	12.075	7.039	0.024	0.067		0.000
57	10.619	VV	0.020	5.913	4.287	0.012	0.041		0.000
58	10.658	VV	0.023	8.053	4.817	0.016	0.046		0.000
59	10.696	VV	0.019	7.803	5.971	0.016	0.057		0.000
60	10.715	VV	0.015	4.039	3.772	0.008	0.036		0.000
61	10.754	VV	0.027	13.465	6.632	0.027	0.063		0.000
62	10.798	VV	0.026	11.068	6.015	0.022	0.057		0.000
63	10.854	VV	0.030	7.986	3.647	0.016	0.035		0.000
64	10.880	VV	0.013	2.177	2.391	0.004	0.023		0.000
65	10.909	VV	0.030	11.099	5.147	0.022	0.049		0.000
66	10.947	VV	0.016	5.371	4.732	0.011	0.045		0.000
67	10.973	VV	0.019	17.830	13.835	0.035	0.132		0.000
68	11.004	VV	0.022	11.094	7.274	0.022	0.069		0.000
69	11.047	VV	0.020	11.367	7.529	0.023	0.072		0.000
70	11.057	VV	0.018	9.102	7.569	0.018	0.072		0.000
71	11.094	VV	0.028	18.237	8.991	0.036	0.086		0.000
72	11.143	VV	0.034	14.500	5.563	0.029	0.053		0.000
73	11.198	VV	0.026	10.206	5.802	0.020	0.055		0.000
74	11.222	VV	0.021	9.379	6.196	0.019	0.059		0.000
75	11.254	VV	0.021	9.052	6.056	0.018	0.058		0.000
76	11.281	VV	0.022	9.058	5.736	0.018	0.055		0.000
77	11.329	VV	0.034	22.021	10.099	0.044	0.096		0.000
78	11.357	VV	0.017	12.776	11.056	0.025	0.105		0.000
79	11.377	VV	0.017	14.247	12.302	0.028	0.117		0.000
80	11.395	VV	0.015	10.706	10.014	0.021	0.095		0.000
81	11.429	VV	0.026	27.221	14.214	0.054	0.135		0.000
82	11.483	VV	0.027	27.210	13.648	0.054	0.130		0.000
83	11.534	VV	0.034	21.418	8.393	0.043	0.080		0.000
84	11.568	VV	0.012	5.986	7.152	0.012	0.068		0.000
85	11.584	VV	0.016	8.417	7.330	0.017	0.070		0.000
86	11.635	VV	0.017	128.519	113.171	0.255	1.079		0.000
87	11.679	VV	0.021	35.930	24.806	0.071	0.236		0.000
88	11.740	VV	0.037	46.032	16.713	0.092	0.159		0.000
89	11.788	VV	0.037	37.374	13.534	0.074	0.129		0.000
90	11.834	VV	0.027	21.649	10.810	0.043	0.103		0.000
91	11.871	VV	0.030	28.918	12.533	0.057	0.119		0.000
92	11.907	VV	0.015	10.784	10.598	0.021	0.101		0.000
93	11.921	VV	0.020	15.806	11.040	0.031	0.105		0.000
94	11.959	VV	0.017	11.170	9.129	0.022	0.087		0.000
95	11.983	VV	0.026	36.879	19.457	0.073	0.185		0.000

ภาพที่ ค2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคน จากการรีไซเคิลด้วยเบส (ส่วนที่ 2)

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
96	12.021	VV	0.025	32.954	18.110	0.066	0.173		0.000
97	12.060	VV	0.018	21.724	16.657	0.043	0.159		0.000
98	12.086	VV	0.026	37.417	21.220	0.074	0.202		0.000
99	12.110	VV	0.015	12.715	12.673	0.025	0.121		0.000
100	12.139	VV	0.021	28.316	18.546	0.056	0.177		0.000
101	12.161	VV	0.011	8.311	10.604	0.017	0.101		0.000
102	12.180	VV	0.026	21.884	11.474	0.044	0.109		0.000
103	12.245	VV	0.033	30.498	11.513	0.061	0.110		0.000
104	12.273	VV	0.026	23.599	13.328	0.047	0.127		0.000
105	12.316	VV	0.024	47.945	27.078	0.095	0.258		0.000
106	12.370	VV	0.032	39.931	17.160	0.079	0.164		0.000
107	12.398	VV	0.035	35.189	12.370	0.070	0.118		0.000
108	12.473	VV	0.033	26.904	11.207	0.053	0.107		0.000
109	12.496	VV	0.018	12.385	9.838	0.025	0.094		0.000
110	12.534	VV	0.033	22.300	9.979	0.044	0.095		0.000
111	12.589	VV	0.029	26.114	12.643	0.052	0.120		0.000
112	12.606	VV	0.015	12.020	11.475	0.024	0.109		0.000
113	12.629	VV	0.020	15.109	10.410	0.030	0.099		0.000
114	12.665	VV	0.017	11.615	9.511	0.023	0.091		0.000
115	12.689	VV	0.022	27.062	17.925	0.054	0.171		0.000
116	12.717	VV	0.017	11.520	9.432	0.023	0.090		0.000
117	12.744	VV	0.026	16.058	8.592	0.032	0.082		0.000
118	12.777	VV	0.012	4.359	5.346	0.009	0.051		0.000
119	12.797	VV	0.018	7.406	5.598	0.015	0.053		0.000
120	12.822	VV	0.020	8.334	5.508	0.017	0.052		0.000
121	12.853	VV	0.033	14.295	5.683	0.028	0.054		0.000
122	12.906	VV	0.025	17.080	9.563	0.034	0.091		0.000
123	12.942	VV	0.028	13.542	6.387	0.027	0.061		0.000
124	12.978	VV	0.033	13.097	5.203	0.026	0.050		0.000
125	13.040	VV	0.030	8.128	3.789	0.016	0.036		0.000
126	13.074	VV	0.023	5.551	3.307	0.011	0.032		0.000
127	13.105	VV	0.032	7.220	3.053	0.014	0.029		0.000
128	13.153	VV	0.033	9.405	3.893	0.019	0.037		0.000
129	13.197	VV	0.026	5.300	2.758	0.011	0.026		0.000
130	13.234	VV	0.021	3.874	2.520	0.008	0.024		0.000
131	13.262	VV	0.018	2.875	2.346	0.006	0.022		0.000
132	13.282	VV	0.018	2.414	2.013	0.005	0.019		0.000
133	13.310	VV	0.019	3.585	2.637	0.007	0.025		0.000
134	13.334	VV	0.017	1.870	1.527	0.004	0.015		0.000
135	13.370	VV	0.030	3.467	1.545	0.007	0.015		0.000
136	13.399	VV	0.018	1.859	1.328	0.004	0.013		0.000
137	13.432	VV	0.026	2.595	1.310	0.005	0.012		0.000
138	13.462	VV	0.020	2.762	1.950	0.005	0.019		0.000
139	13.488	VV	0.015	1.216	1.084	0.002	0.010		0.000
140	13.516	VV	0.038	3.628	1.226	0.007	0.012		0.000
141	13.576	VV	0.022	3.103	2.048	0.006	0.020		0.000
142	13.610	VV	0.018	0.841	0.625	0.002	0.006		0.000
143	13.641	VV	0.026	1.223	0.579	0.002	0.006		0.000
144	13.692	VV	0.037	1.874	0.624	0.004	0.006		0.000
145	13.734	VV	0.021	0.733	0.456	0.001	0.004		0.000
146	13.771	VV	0.020	0.586	0.392	0.001	0.004		0.000
147	13.795	VV	0.019	0.493	0.360	0.001	0.003		0.000
148	13.844	VV	0.027	0.732	0.345	0.001	0.003		0.000
	Total :			50305.062	10492.592	100.000	100.000		

ภาพที่ ค3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยเบส (ส่วนที่ 3)



Area Percent Report

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
1	1.062	VV	0.039	9.976	3.716	0.020	0.033		0.000
2	1.099	VBA	0.026	6.812	3.626	0.014	0.032		0.000
3	1.414	BV	0.006	13.276	39.826	0.027	0.352		0.000
4	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	EA	0.000
5	2.908	VB	0.017	2.516	2.240	0.005	0.020		0.000
6	3.305	VB	0.035	1443.941	544.546	2.897	4.816	D3	0.000
7	3.797	BB	0.034	4.812	2.034	0.010	0.018		0.000
8	3.973	BV	0.032	0.964	0.422	0.002	0.004		0.000
9	4.105	VV	0.033	1.420	0.597	0.003	0.005		0.000
10	4.186	VV	0.030	19.786	9.519	0.040	0.084		0.000
11	5.498	BB	0.030	6.760	3.434	0.014	0.030		0.000
12	5.748	VB	0.033	8.827	4.062	0.018	0.036		0.000
13	6.224	PM	0.112	35109.938	5217.517	70.450	46.141	D4	0.000
14	6.337	MF	0.036	0.317	0.146	0.001	0.001		0.000
15	6.429	MF	0.024	8.372	5.907	0.017	0.052		0.000
16	6.922	BV	0.026	1.134	0.655	0.002	0.006		0.000
17	7.139	VB	0.035	1.818	0.729	0.004	0.006		0.000
18	7.359	VV	0.024	28.258	17.662	0.057	0.156		0.000
19	7.419	VV	0.023	0.704	0.450	0.001	0.004		0.000
20	7.514	VB	0.031	0.971	0.466	0.002	0.004		0.000
21	7.678	BV	0.023	1.021	0.715	0.002	0.006		0.000
22	7.854	BV	0.022	0.979	0.696	0.002	0.006		0.000
23	7.929	VV	0.021	1.163	0.887	0.002	0.008		0.000
24	8.072	VV	0.021	2.660	1.941	0.005	0.017		0.000
25	8.402	VV	0.024	2.966	2.008	0.006	0.018		0.000
26	8.550	VV	0.030	11.001	5.671	0.022	0.050		0.000
27	8.722	MF	0.051	10135.238	3305.625	20.337	29.233	D5	0.000
28	8.739	PM	0.019	0.572	0.506	0.001	0.004		0.000

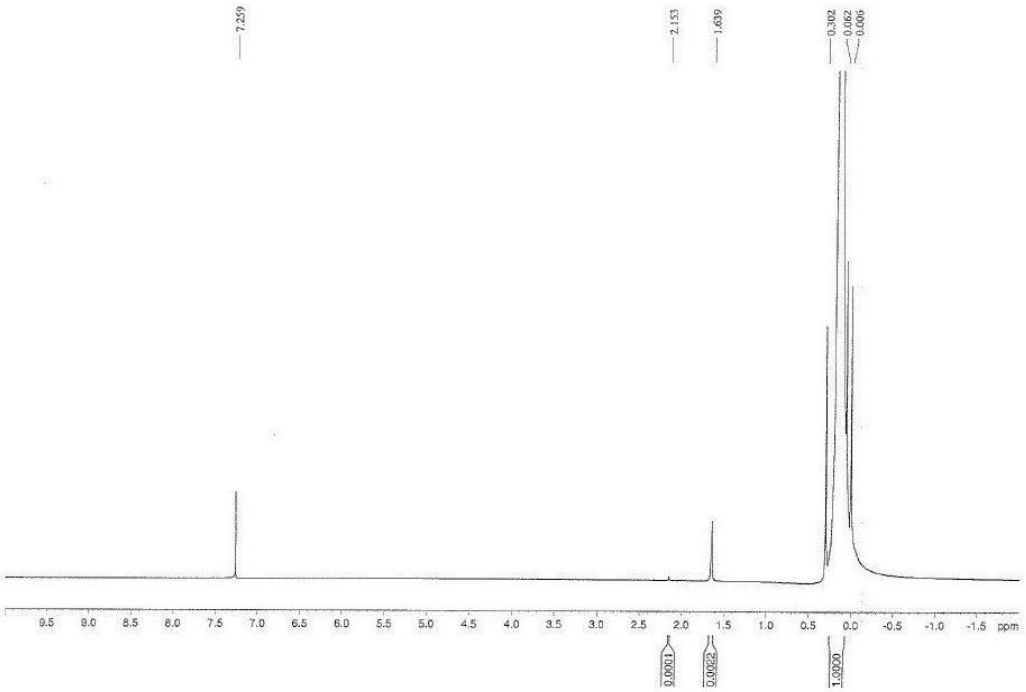
ภาพที่ ค4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรด (ส่วนที่ 1)

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
29	8.797	VV	0.017	48.948	44.973	0.098	0.398		0.000
30	9.046	VV	0.019	4.160	3.460	0.008	0.031		0.000
31	9.107	VV	0.022	0.614	0.385	0.001	0.003		0.000
32	9.157	VV	0.026	0.803	0.473	0.002	0.004		0.000
33	9.207	VV	0.018	3.004	2.567	0.006	0.023		0.000
34	9.355	VV	0.022	0.654	0.419	0.001	0.004		0.000
35	9.438	VV	0.019	1.471	1.145	0.003	0.010		0.000
36	9.466	VV	0.019	5.640	4.444	0.011	0.039		0.000
37	9.514	VV	0.020	0.615	0.453	0.001	0.004		0.000
38	9.560	MF	0.024	0.526	0.370	0.001	0.003		0.000
39	9.608	FM	0.021	29.020	22.970	0.058	0.203		0.000
40	9.659	VV	0.020	12.967	9.432	0.026	0.083		0.000
41	9.736	VV	0.015	0.701	0.675	0.001	0.006		0.000
42	9.755	VV	0.018	1.312	1.084	0.003	0.010		0.000
43	9.802	VV	0.022	1.583	0.978	0.003	0.009		0.000
44	9.821	VV	0.014	0.887	0.876	0.002	0.008		0.000
45	9.843	VV	0.024	2.088	1.171	0.004	0.010		0.000
46	9.908	VV	0.023	1.925	1.180	0.004	0.010		0.000
47	9.927	VV	0.012	0.679	0.808	0.001	0.007		0.000
48	9.962	VV	0.017	16.612	15.102	0.033	0.134		0.000
49	10.022	VV	0.022	2.059	1.338	0.004	0.012		0.000
50	10.086	VV	0.027	1.274	0.607	0.003	0.005		0.000
51	10.122	VV	0.027	3.197	1.562	0.006	0.014		0.000
52	10.170	VV	0.027	6.697	3.400	0.013	0.030		0.000
53	10.229	VV	0.019	12.242	9.958	0.025	0.088		0.000
54	10.265	VV	0.025	3.126	1.912	0.006	0.017		0.000
55	10.309	VV	0.021	14.773	10.318	0.030	0.091		0.000
56	10.377	VV	0.018	1205.089	1028.261	2.418	9.093		0.000
57	10.410	VV	0.021	2.327	1.469	0.005	0.013		0.000
58	10.471	VV	0.033	3.667	1.662	0.007	0.015		0.000
59	10.505	VV	0.023	4.959	2.998	0.010	0.027		0.000
60	10.545	VV	0.019	2.426	1.932	0.005	0.017		0.000
61	10.592	VV	0.027	9.135	4.798	0.018	0.042		0.000
62	10.619	VV	0.019	3.871	2.850	0.008	0.025		0.000
63	10.658	VV	0.022	5.108	3.206	0.010	0.028		0.000
64	10.701	VV	0.017	37.845	34.107	0.076	0.302		0.000
65	10.754	VV	0.024	8.067	4.671	0.016	0.041		0.000
66	10.794	VV	0.022	12.082	8.003	0.024	0.071		0.000
67	10.847	VV	0.036	8.145	3.592	0.016	0.032		0.000
68	10.910	VV	0.031	9.987	4.302	0.020	0.038		0.000
69	10.950	VV	0.016	4.549	4.102	0.009	0.036		0.000
70	10.974	VV	0.018	14.804	11.958	0.030	0.106		0.000
71	11.005	VV	0.018	15.304	12.507	0.031	0.111		0.000
72	11.035	VV	0.023	13.075	8.062	0.026	0.071		0.000
73	11.058	VV	0.016	6.585	5.794	0.013	0.051		0.000
74	11.094	VV	0.028	13.724	6.764	0.028	0.060		0.000
75	11.144	VV	0.032	10.810	4.263	0.022	0.038		0.000
76	11.199	VV	0.027	8.458	4.760	0.017	0.042		0.000
77	11.223	VV	0.020	6.953	4.848	0.014	0.043		0.000
78	11.254	VV	0.021	7.083	4.854	0.014	0.043		0.000
79	11.282	VV	0.021	6.869	4.428	0.014	0.039		0.000
80	11.328	VV	0.032	17.941	8.256	0.036	0.073		0.000
81	11.357	VV	0.016	10.573	9.433	0.021	0.083		0.000
82	11.377	VV	0.016	11.681	10.259	0.023	0.091		0.000
83	11.394	VV	0.015	8.795	8.261	0.018	0.073		0.000
84	11.430	VV	0.025	22.015	12.013	0.044	0.106		0.000
85	11.483	VV	0.028	26.874	12.963	0.054	0.115		0.000
86	11.530	VV	0.031	20.956	8.978	0.042	0.079		0.000
87	11.578	VV	0.025	16.750	9.776	0.034	0.086		0.000
88	11.635	VV	0.017	104.661	90.706	0.210	0.802		0.000
89	11.679	VV	0.021	33.410	23.005	0.067	0.203		0.000
90	11.738	VV	0.035	43.119	16.085	0.087	0.142		0.000
91	11.787	VV	0.030	39.654	17.655	0.080	0.156		0.000
92	11.834	VV	0.028	22.120	10.528	0.044	0.093		0.000
93	11.871	VV	0.029	27.491	12.330	0.055	0.109		0.000
94	11.921	VV	0.028	23.613	11.239	0.047	0.099		0.000
95	11.948	VV	0.023	19.948	12.566	0.040	0.111		0.000

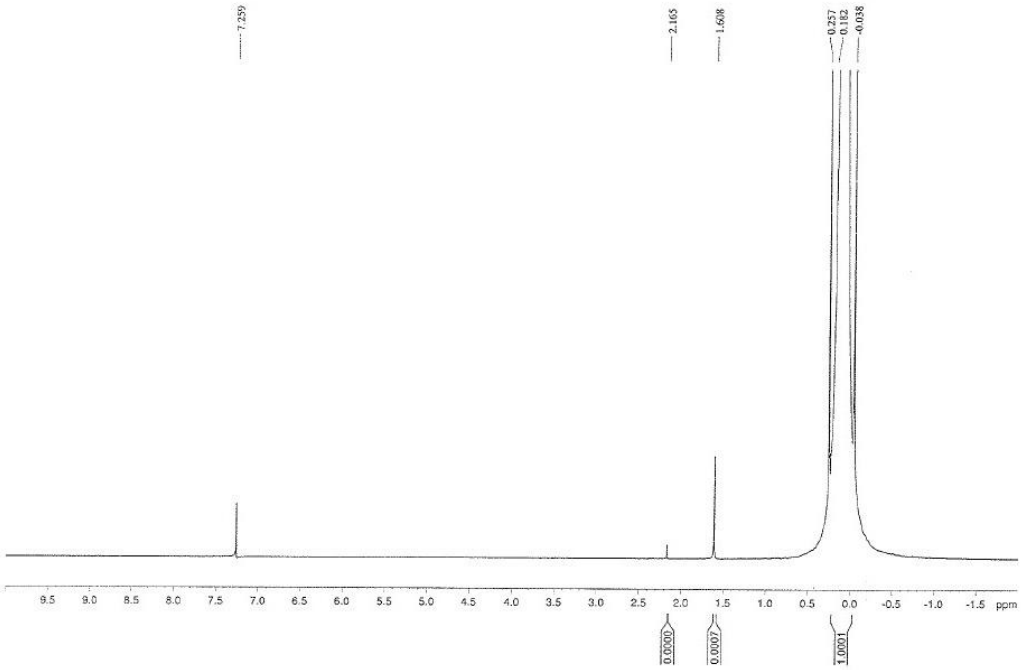
ภาพที่ ค5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรด (ส่วนที่ 2)

Peak #	RT [min]	Type	Width [min]	Area	Height	Area %	Height %	Name	Amount
96	11.983	VV	0.024	38.376	21.069	0.077	0.186		0.000
97	12.021	VV	0.025	35.859	19.489	0.072	0.172		0.000
98	12.060	VV	0.018	22.905	18.113	0.046	0.160		0.000
99	12.089	VV	0.024	43.435	24.786	0.087	0.219		0.000
100	12.110	VV	0.014	13.214	13.799	0.027	0.122		0.000
101	12.140	VV	0.022	32.468	20.869	0.065	0.185		0.000
102	12.180	VV	0.033	31.792	12.657	0.064	0.112		0.000
103	12.246	VV	0.034	33.959	13.045	0.068	0.115		0.000
104	12.273	VV	0.027	28.809	15.731	0.058	0.139		0.000
105	12.316	VV	0.025	58.065	32.000	0.117	0.283		0.000
106	12.369	VV	0.032	47.254	20.973	0.095	0.185		0.000
107	12.397	VV	0.015	15.672	15.394	0.031	0.136		0.000
108	12.412	VV	0.026	27.922	15.081	0.056	0.133		0.000
109	12.474	VV	0.032	34.313	13.932	0.069	0.123		0.000
110	12.496	VV	0.018	15.851	12.682	0.032	0.112		0.000
111	12.536	VV	0.031	29.320	13.342	0.059	0.118		0.000
112	12.591	VV	0.028	35.120	17.423	0.070	0.154		0.000
113	12.606	VV	0.016	17.183	15.768	0.034	0.139		0.000
114	12.630	VV	0.020	20.583	14.299	0.041	0.126		0.000
115	12.667	VV	0.018	17.759	13.225	0.036	0.117		0.000
116	12.693	VV	0.022	28.786	18.823	0.058	0.166		0.000
117	12.718	VV	0.018	16.323	13.126	0.033	0.116		0.000
118	12.745	VV	0.022	19.373	12.369	0.039	0.109		0.000
119	12.782	VV	0.027	61.454	30.514	0.123	0.270		0.000
120	12.852	VV	0.027	17.475	8.672	0.035	0.077		0.000
121	12.907	VV	0.024	26.271	14.780	0.053	0.131		0.000
122	12.944	VV	0.027	23.343	11.934	0.047	0.106		0.000
123	12.981	VV	0.036	21.472	8.153	0.043	0.072		0.000
124	13.041	VV	0.030	12.884	6.082	0.026	0.054		0.000
125	13.073	VV	0.023	8.407	5.229	0.017	0.046		0.000
126	13.107	VV	0.033	12.175	5.085	0.024	0.045		0.000
127	13.153	VV	0.032	15.826	6.473	0.032	0.057		0.000
128	13.198	VV	0.024	8.387	4.665	0.017	0.041		0.000
129	13.234	VV	0.021	9.696	6.402	0.019	0.057		0.000
130	13.262	VV	0.017	5.005	4.120	0.010	0.036		0.000
131	13.283	VV	0.017	4.068	3.441	0.008	0.030		0.000
132	13.310	VV	0.019	6.348	4.745	0.013	0.042		0.000
133	13.335	VV	0.016	3.023	2.689	0.006	0.024		0.000
134	13.371	VV	0.030	6.450	2.834	0.013	0.025		0.000
135	13.398	VV	0.021	3.445	2.410	0.007	0.021		0.000
136	13.433	VV	0.027	4.815	2.476	0.010	0.022		0.000
137	13.462	VV	0.020	5.127	3.690	0.010	0.033		0.000
138	13.489	VV	0.017	2.319	1.990	0.005	0.018		0.000
139	13.518	VV	0.029	4.816	2.419	0.010	0.021		0.000
140	13.542	VV	0.019	2.230	1.846	0.004	0.016		0.000
141	13.575	VV	0.024	3.889	2.227	0.008	0.020		0.000
142	13.626	VV	0.040	6.862	2.246	0.014	0.020		0.000
143	13.695	VV	0.039	4.102	1.432	0.008	0.013		0.000
144	13.734	VV	0.023	1.525	0.950	0.003	0.008		0.000
145	13.772	VV	0.020	1.220	0.836	0.002	0.007		0.000
146	13.817	VV	0.027	2.499	1.272	0.005	0.011		0.000
147	13.842	VV	0.018	0.842	0.701	0.002	0.006		0.000
148	13.867	VV	0.030	1.333	0.602	0.003	0.005		0.000
149	13.908	VV	0.020	0.652	0.416	0.001	0.004		0.000
150	13.954	VV	0.026	0.801	0.391	0.002	0.003		0.000
151	13.986	VV	0.025	0.866	0.471	0.002	0.004		0.000
152	14.033	VV	0.028	0.742	0.367	0.001	0.003		0.000
153	14.415	VV	0.020	0.483	0.381	0.001	0.003		0.000
154	14.591	VV	0.048	1.386	0.361	0.003	0.003		0.000
155	15.879	VV	0.065	1.725	0.316	0.003	0.003		0.000
156	16.023	VB	0.152	4.338	0.338	0.009	0.003		0.000
	Total :			49836.942	11307.851	100.000	100.000		

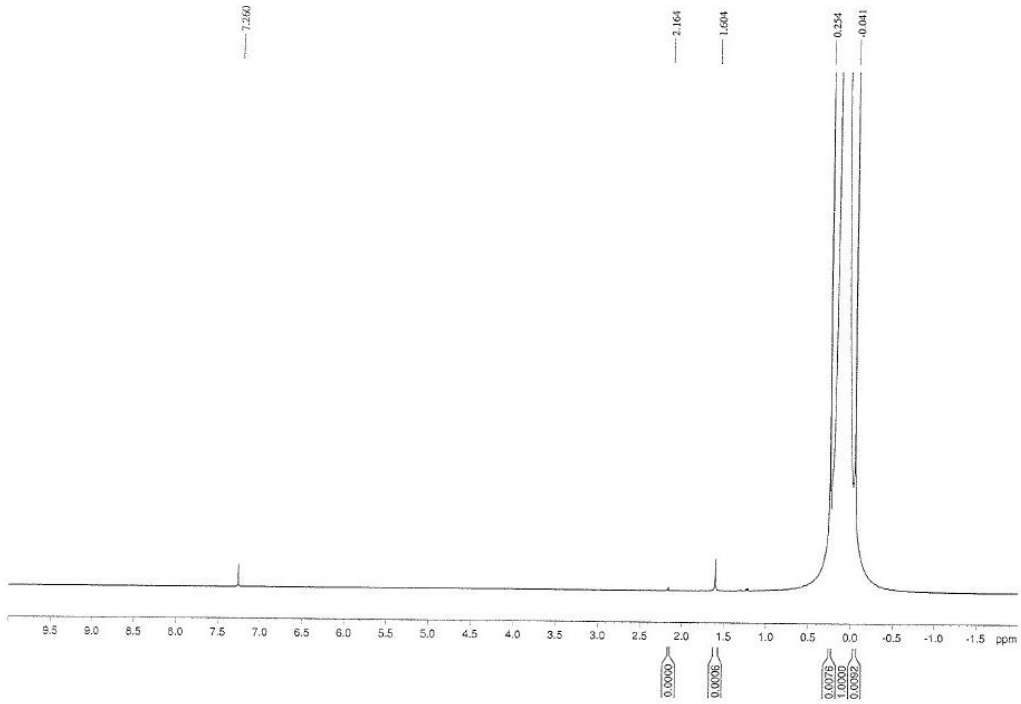
ภาพที่ ค6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค GC ของสารผลิตภัณฑ์ซิลิโคนจากการรีไซเคิลด้วยกรด (ส่วนที่ 3)



ภาพที่ ค7 สเปคตรัม ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) ของ Standard Silicone D3



ภาพที่ ค8 สเปคตรัม ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) ของ Standard Silicone D4



ภาพที่ ค9 สเปคตรัม ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) ของ Standard Silicone D5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐวุฒิ พรสมุทรสินธุ์ เกิดวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2555 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทหลักสูตร สหสาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2556 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University