# ใบรับรองวิทยานิพนธ์
## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมวัสดุ)
**ปริญญา**

| วิศวกรรมวัสดุ | วิศวกรรมวัสดุ |
|---|---|
| **สาขา** | **ภาควิชา** |

**เรื่อง** การลดปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่

Reduction of Proteins in Natural Rubber Latex Gloves by Adding Calcium Carbonate from Hen Eggshells as a Filler

**นามผู้วิจัย** นางสาวรุจิกา ทักษ์คีรี

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** ........................................

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์นุชนภา ตั้งบริบูรณ์, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา** ........................................

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเจตน์ พัชรพันธ์, Dr.-Ing. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

........................................

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** .......... **เดือน** .................... **พ.ศ.** ..........

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การลดปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่

# Reduction of Proteins in Natural Rubber Latex Gloves by Adding Calcium Carbonate from Hen Eggshells as a Filler

โดย

นางสาวรุจิกา ทักษ์คีรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมวัสดุ)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รุจิกา  ทักษ์คีรี  2557: การลดปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่   ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมวัสดุ)  สาขาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ   อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์นุชนภา  ตั้งบริบูรณ์, Ph.D.  81 หน้า

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการลดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ โดยเลือกวิเคราะห์ และทดสอบกับผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผ่านกระบวนการผลิตขึ้นรูปมาจากน้ำยางผสมสารเคมี ที่มีการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม เพื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ ปัจจัย และอิทธิพลของการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ว่าส่งผลต่อการลดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมากน้อยเพียงใด รวมถึงความสัมพันธ์ต่อเฟสของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ที่พบบริเวณผิวของถุงมือยาง ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อขนาด ความหนา และการรั่วซึมอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล ทั้งค่าความแข็งแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาด ไปจนถึงอิทธิพลต่อลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวาง ในเชิงโครงสร้างทางจุลภาคจากผลการวิเคราะห์และทดสอบถุงมือยางที่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ปริมาณ 50% โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง 542.36 ไมโครกรัมต่อกรัม เมื่อเทียบกับค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางที่ไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมซึ่งมีค่า 880.28 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Modified Lowry Method และผลการวิเคราะห์ค่าเฟสของ $CaCO_3$ ที่ผิวของถุงมือยางที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล ไปจนถึงลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวางของถุงมือยาง ซึ่งมี $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ก็ไม่พบความแตกต่างกับถุงมือยางที่ไม่มี $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม อย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด จึงเกิดเป็นข้อสันนิษฐานได้ว่าการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมนั้น มีความสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง โดยสามารถช่วยให้ค่าผลการวิเคราะห์มีแนวโน้มที่ลดลง ในลักษณะ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่อาจเข้าไปแทนที่โปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง หรือ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่อาจทำอันตรกิริยากับโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง จึงทำให้ตรวจพบ $CaCO_3$ บริเวณผิวของถุงมือยางในชิ้นงานที่มากขึ้นตามลำดับ

________________  ______________________________  ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต    ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rujika Takkire 2014: Reduction of Proteins in Natural Rubber Latex Gloves by Adding Calcium Carbonate from Hen Eggshells as a Filler. Master of Engineering (Materials Engineering), Major Field: Materials Engineering, Department of Materials Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Nuchnapa Tungboriboon, Ph.D. 81 pages.

This study is focused on reducing amount of the water extractable proteins in natural rubber latex glove by analyzing and testing of the natural rubber latex glove with latex compounds that were added $CaCO_3$ from hen eggshell as a filler. The analyzing results for proteins concentration showed that the natural rubber latex glove with 50% $CaCO_3$ from hen eggshell as a filler has the amount of water extractable proteins 542.36 µg/g whereas natural rubber latex glove with no added $CaCO_3$from hen eggshell as a filler has the amount of water extractable proteins 880.28 µg/g by Modified Lowry Method. The phase analysis showed that there is the peak pattern of $CaCO_3$ on the natural rubber latex glove surface on the glove that has $CaCO_3$ as a filler. The mechanical properties physical properties and microstructure results show that the glove with $CaCO_3$ from hen eggshell added has not difference formula the glove with no $CaCO_3$ from hen eggshell added. As the results adding $CaCO_3$ from hen eggshell as a filler has a relation to the amount of the water extractable proteins on the natural rubber glove it can reduced the amount of the water extractable proteins values on the natural rubber glove. The $CaCO_3$ from hen eggshell added in the natural rubber latex has trend to reduce the extractable values due to $CaCO_3$ from hen eggshell react to proteins in latex. Therefore the result can detect $CaCO_3$ on the surface of natural rubber latex gloves.

____________________ ______________________________________ ___ / ___ / ___

Student’s signature Thesis Advisor’s signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นุชนภา ตั้งบริบูรณ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษา แขนงคิด ข้อชี้แนะ รวมถึงทัศนคติที่ดีใน การค้นคว้าและดำเนินงาน วิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณ ดร.นุชนาฏ ณ ระนอง ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก และ ผศ.ดร.ดวงฤดี ฉายสุวรรณ ประธานกรรมการสอบ ที่สละเวลาและให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ จนกระทั่งสำเร็จออกมาเป็นงานวิจัยที่สมบูรณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ และบุคลากรใน ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ ในเรื่องการเรียน การทำงาน ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโททุกคน ที่ให้คำปรึกษา กำลังใจมิตรภาพ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณ คุณเมตตา สุขเจริญ เจ้าหน้าที่ส่วนอุตสาหกรรมยาง ในความกรุณาช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำต่างๆ ท้ายสุดนี้ ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์ เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่อาจไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ผู้ซึ่งคอยช่วยเหลือสนับสนุน ให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันจนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดมา

รุจิกา ทักษ์คีรี
มิถุนายน 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | (6) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| การตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 21 |
| อุปกรณ์ | 21 |
| วิธีการ | 23 |
| ผลและวิจารณ์ | 35 |
| สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ | 46 |
| สรุปผลการดำเนินงาน | 46 |
| ข้อเสนอแนะ | 47 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 48 |
| ภาคผนวก | 51 |
| ภาคผนวก ก น้ำหนักแห้งของสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย | 52 |
| ภาคผนวก ข ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ Talcum บนผิวถุงมือยาง | 54 |
| ภาคผนวก ค ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่บนผิวถุงมือยาง | 56 |
| ภาคผนวก ง การกระจายตัวของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 58 |
| ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ FTIR | 62 |
| ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ | 69 |
| ภาคผนวก ช บทความที่นำเสนอในงานวิชาการ | 71 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน | 81 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ | 3 |
| 2 | สูตรยางคอมพาวนด์ที่ใช้ในงานวิจัย | 27 |
| 3 | ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง | 35 |
| 4 | ขนาด ความหนา และการรั่วซึมของถุงมือยาง | 39 |
| 5 | ค่าความแข็งแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง | 40 |


**ตารางผนวกที่**


| | | |
|---|---|---|
| ก1 | น้ำหนักแห้งของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย | 53 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ | 4 |
| 2 | ความเสถียรของน้ำยาง | 5 |
| 3 | วิธีการปั่นแยก | 7 |
| 4 | การทดสอบสมบัติของน้ำยางข้น | 8 |
| 5 | กระบวนการจุ่มถุงมือยาง | 13 |
| 6 | การทดสอบแบบ Bradford assay | 16 |
| 7 | การวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโตกราฟี | 17 |
| 8 | การทดสอบทางภูมิคุ้มกัน | 17 |
| 9 | การทดสอบทางคลินิก (ทางผิวหนัง) | 18 |
| 10 | กลไกการแทนที่ของโปรตีนโดยซิลิกา | 20 |
| 11 | โครงสร้างของเปลือกไข่ไก่ | 20 |
| 12 | ขั้นตอนการวิจัย | 23 |
| 13 | แสดงหลักการของการใช้บอลมิล | 24 |
| 14 | ขั้นตอนการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ | 25 |
| 15 | ขั้นตอนการเตรียมสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์ | 26 |
| 16 | ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี | 27 |
| 17 | จุ่มแบบพิมพ์มือลงไปในสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์ | 28 |
| 18 | จุ่มแบบพิมพ์มือลงไปในน้ำยางผสมสารเคมี | 28 |
| 19 | ผึ่งถุงมือยางบนแบบพิมพ์มือขึ้นที่ผ่านการม้วนขอบแล้ว | 29 |
| 20 | ล้างแบบพิมพ์มือที่มีถุงมือยางเกาะติดอยู่ด้วยน้ำร้อน | 29 |
| 21 | อบถุงมือยางให้แห้ง และทำให้เกิดการคงรูป | 30 |
| 22 | ถุงมือยางที่ถูกถอดออกจากแบบพิมพ์มือแล้ว | 30 |
| 23 | เครื่องมือสำหรับใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ | 31 |
| 24 | กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด | 32 |
| 25 | เครื่องวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร โดยใช้หลักการการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด | 33 |
| 26 | เครื่องทดสอบวัสดุเอนกประสงค์ | 33 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 27 | ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ | 34 |
| 28 | ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง | 36 |
| 29 | ผลการวิเคราะห์ปริมาณ $CaCO_3$ บริเวณผิวของถุงมือยาง ด้วย XRD | 36 |
| 30 | ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ $CaCO_3$ และ talcum บนผิวของถุงมือยาง | 38 |
| 31 | กราฟแสดงค่าความแข็งแรงดึงของถุงมือยาง | 41 |
| 32 | กราฟแสดงค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง | 41 |
| 33 | ลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวางของถุงมือยาง ที่กำลังขยาย 500 เท่า | 43 |

| ภาพผนวกที่ | | |
|---|---|---|
| ข1 | ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ Talcum บนผิวถุงมือยาง | 55 |
| ค1 | ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่บนผิวถุงมือยาง | 57 |
| ง1 | การกระจายตัวของ 10% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 59 |
| ง2 | การกระจายตัวของ 20% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 59 |
| ง3 | การกระจายตัวของ 30% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 60 |
| ง4 | การกระจายตัวของ 40% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 60 |
| ง5 | การกระจายตัวของ 50% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 61 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| จ2 | ผลการวิเคราะห์ FTIR 10% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 64 |
| จ3 | ผลการวิเคราะห์ FTIR 20% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 65 |
| จ4 | ผลการวิเคราะห์ FTIR 30% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 66 |
| จ5 | ผลการวิเคราะห์ FTIR 40% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 67 |
| จ6 | ผลการวิเคราะห์ FTIR 50% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง | 68 |
| ฉ1 | ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ | 70 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| $CaCO_3$ | = | Calcium carbonate |
| $SiO_2$ | = | Silica |
| ZnO | = | Zinc oxide |
| ASTM | = | American society for testing and materials |
| HEC | = | Hydroxyethyl Cellulose |
| UTM | = | Universal Testing Machine |
| SDS | = | Sodium dodecyl sulfate |
| ZDC | = | Zincdiethyl dithiocarbamate |
| ISO | = | International Organization for Standardization |
| KDa | = | kilodalton |
| ICD | = | irritant contact dermatitis |
| ACD | = | allergic contact dermatitis |
| IgE | = | allergen-specific immunoglobulin E |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การลดปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่

# Reduction of Proteins in Natural Rubber Latex Gloves by Adding Calcium Carbonate from Hen Eggshells as a Filler

## คำนำ

ประเทศไทยมีการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติหลายประเภท เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย อุปกรณ์ทางการแพทย์ ที่นอน เป็นต้น ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ จึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ผลิตภัณฑ์ยางสามารถก่อให้เกิดอาการแพ้กับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ได้ อาการแพ้ที่ได้รับการพูดถึงมากที่สุด คือ การแพ้โปรตีนในน้ำยางยางธรรมชาติ ซึ่งผลิตภัณฑ์ถุงมือยางจะพบว่าผู้ใช้เกิดการแพ้มากที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติประเภทอื่นๆ อาการแพ้โปรตีนนั้นมีตั้งแต่ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน หอบหืด จนถึงการแพ้อย่างรุนแรงเฉียบพลัน ( Anaphylaxis) จนทำให้เสียชีวิตได้ และเนื่องจากพบการแพ้โปรตีนในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางมากที่สุด จึงทำให้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ถุงมือยางให้ความสนใจและหาแนวทางแก้ไขปัญหา เพื่อช่วยลดสาเหตุของการแพ้ดังกล่าว แนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อหาวิธีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางสามารถทำได้หลายวิธี เช่นวิธีเคมี วิธีใช้เอนไซม์เติมลงในน้ำยางสดก่อนเข้ากระบวนการผลิตเป็นน้ำยางข้น วิธีการเคลือบผิวถุงมือ วิธีการคลอริเนชั่น และวิธีการใช้ฟูมซิลิกา เป็นต้น (ชญาภา, 2550)

การผลิตถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาตินั้น มีขั้นตอนการล้างสารเคมี (leaching) ซึ่งเป็นการล้างสารเคมีที่ตกค้างออกจากผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้การล้างสารเคมีสามารถเลือกใช้เทคนิคการล้างได้ โดยการล้างสารเคมีนั้นมี 2 เทคนิค คือ การล้างแบบก่อนการคงรูป (wet gel leaching) และการล้างแบบหลังการคงรูป (dry film leaching) หรืออาจใช้ทั้งสองเทคนิคในการล้าง เพื่อช่วยลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางในระดับหนึ่ง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า การลดปริมาโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในน้ำยางนั้นสามารถทำได้หลายวิธี งานวิจัยนี้จึงใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนและศึกษาความสามารถในการลดโปรตีนของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ เพื่อช่วยลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง และกระบวนการจุ่มขึ้นรูปถุงมือยางโดยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ลงไปในน้ำยาง

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของถุงมือยาง จากการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ในน้ำยางผสมสารเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

## 1. ยางธรรมชาติ (Natural rubber)

วราภรณ์ (2525, 2554) น้ำยางธรรมชาติ ได้มาจากต้นยางพาราสายพันธุ์ฮีเวียบราซิลเลียนซิส *(Hevea Braziliensis)* มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่า pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ แสดงในตารางที่ 1

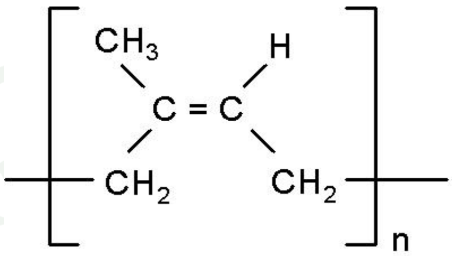
**ตารางที่ 1** องค์ประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

| องค์ประกอบ | สัดส่วนโดยน้ำหนัก (%) |
|---|---|
| สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด | 27-48 |
| เนื้อยางแห้ง | 25-45 |
| สารจำพวกโปรตีน | 1-1.5 |
| สารจำพวกเรซิน | 1-1.25 |
| ขี้เถ้า | 1 |
| น้ำตาล | 1 |
| น้ำ ในปริมาณที่รวมแล้วเป็น | 100 |

**ที่มา:** Fong (1992)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยางธรรมชาติมีโครงสร้างโมเลกุลมีลักษณะเป็นแบบซิส -1,4-พอลิไอโซพรีน (Cis-1,4-polyisoprene) ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยโมเลกุลของยางจะประกอบด้วยหน่วยมอนอเมอร์ของไอโซพรีน ($C_5H_8$) ต่อกันเป็นสายยาวในลักษณะแบบเส้นตรง (Linear chain) มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 g/mol ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว



**ภาพที่ 1** สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ

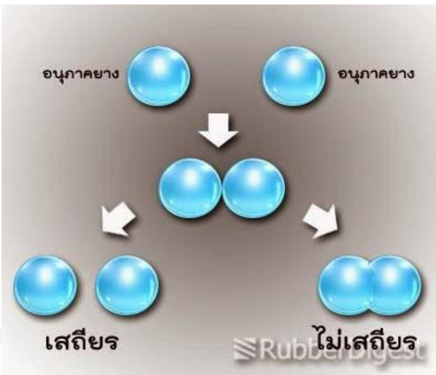
**ที่มา:** พงษ์ธร (2548)

1.1 การรักษาสภาพของน้ำยาง (วราภรณ์, 2525)

น้ำยางสดสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ เนื่องจากส่วนประกอบของโปรตีนที่ดูดซับอยู่รอบ ๆ ผิวของอนุภาคยาง หรือโปรตีนเป็นชั้นที่ห่อหุ้มอนุภาคยางไว้ มีความสำคัญต่อสถานะความคงตัวของน้ำยาง เพราะโปรตีนจะป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคยาง ถ้ามีการสูญเสียน้ำ (dehydrated) ในชั้นของโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยาง จะทำให้อนุภาคยางรวมตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า Coagulum

นอกจากชั้นของโปรตีนที่ทำหน้าที่ช่วยรักษาความคงสภาพเป็นของเหลวของน้ำยางแล้ว ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยรักษาความคงสภาพเป็นของเหลวของน้ำยาง คือ ประจุลบของ Carboxylate ที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคยาง ซึ่งจะก่อให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้ ดังภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 2** ความเสถียรของน้ำยาง

**ที่มา:** สมกิต และ อดิศัย (2539)

1.2 สารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น (วราภรณ์, 2554)

1.2.1 แอมโมเนีย ($NH_3$) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำยาง เนื่องจากแอมโมเนียทำหน้าที่เป็นตัวช่วยขัดขวางการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ปะปนในน้ำยาง

1.2.2 การใช้แอมโมเนียร่วมกับสารอื่น การใช้แอมโมเนียเพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้องกันการเพิ่มปริมาณกรดไขมันระเหยที่เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียในน้ำยาง จึงมีการใช้สารอื่นร่วมกับแอมโมเนีย เพื่อช่วยป้องกันการเพิ่มจำนวนของกรดได้ดีกว่าการใช้แอมโมเนียอย่างเดียว เช่น Zinc oxide (ZnO), Zincdiethyl dithiocarbamate (ZDC)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. น้ำยางข้น (Concentrated latex)** (วราภรณ์, 2525, 2537, วราภรณ์ และ นุชนาฏ, 2554)

น้ำยางข้น คือ น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้น โดยน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นแล้วจะมีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) ประมาณ 60% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น ถุงมือแพทย์ชนิดต่างๆ ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย ที่นอนเป็นต้น การผลิตน้ำยางข้นมีวิธีการการผลิต 4 วิธี

2.1 วิธีระเหยด้วยน้ำ (Evaporation)

วิธีระเหยน้ำต้องมีการเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัวแล้วให้ความร้อนรอบๆถัง ขณะที่ถังน้ำยางหมุนไปรอบๆ อากาศภายในถังจะถูกดูดออกไปพร้อมกับเอาน้ำที่ระเหยออกไปโดยเร็วที่สุด เมื่อน้ำระเหยไปน้ำยางข้นที่ได้จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 75% ปริมาณเนื้อยางแห้ง 60% วิธีนี้เหมาะกับการขนย้ายน้ำยางไปในระยะทางไกล และเหมาะกับการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องใส่สารตัวเติม (Filler) เป็นจำนวนมาก

2.2 วิธีทำให้เป็นครีม (Creaming)

วิธีนี้มีการเติมสารทำให้เกิดครีม เช่น โซเดียมแอลจิเนต (Sodium alginate), กัมคารายา (Karaya gum) เป็นต้น เพื่อเคลือบผิวของอนุภาคยางทำให้อนุภาคยางมีขนาดใหญ่ขึ้นและลอยมาที่ผิวน้ำยาง ซึ่งวิธีการทำให้เกิดครีมหลายๆ ครั้งทำให้น้ำยางข้นที่ได้มีโปรตีนน้อยลง เนื่องจากวิธีทำให้เป็นครีมนั้นมีขั้นตอนยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลาจึงมีงานวิจัยที่พัฒนากระบวนการผลิตน้ำยางข้นชนิดครีมขึ้น โดยใช้ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสและสารช่วยในการเกิดครีม พบว่าการใช้สารก่อครีมกลุ่มไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ( HEC) ปริมาณ 0.4% โดยน้ำหนักร่วมกับสบู่แอมโมเนียมลอเรต 0.5% โดยน้ำหนักเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำยางครีมและน้ำยางครีมมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำยางข้นจากกระบวนการปั่นแยก

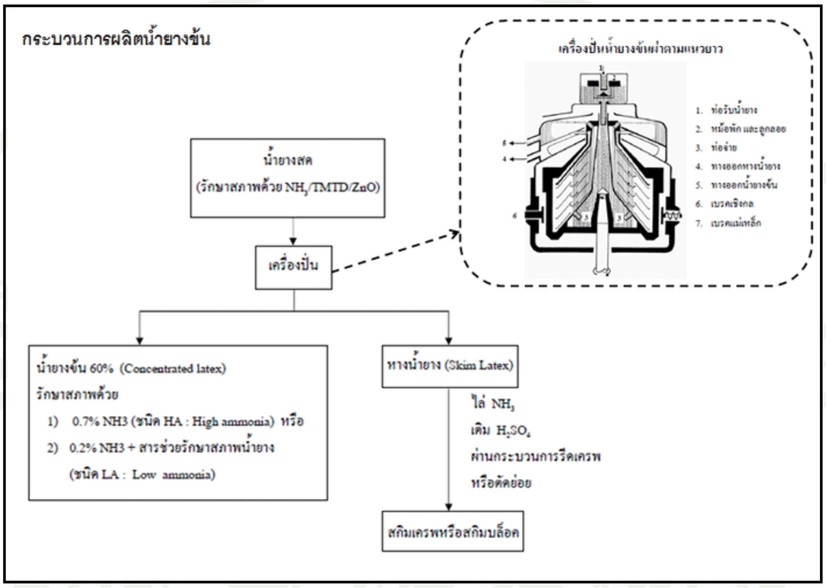
2.3 วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electro decantation)

วิธีนี้ใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วยโดยจุ่มขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวกลงในน้ำยางที่เติมสารช่วยให้น้ำยางคงตัวไว้แล้ว เนื่องจากอนุภาคยางมีประจุลบหุ้มอยู่ จึงค่อยๆ เคลื่อนไปรวมที่ขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสู่ผิวของน้ำยาง แต่วิธีนี้มีขั้นตอนการทำที่ไม่สะดวกและต้นทุนสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 วิธีการปั่นแยก (Centrifuging)

วิธีนี้แยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนที่เป็นน้ำ คือ ซีรั่มนั่นเอง โดยใช้เครื่องปั่นแยก น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60% วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในทางการค้า ดังแสดงในภาพที่ 3




**ภาพที่ 3** วิธีการปั่นแยก

**ที่มา:** สถาบันวิจัยยาง ข้อมูลวิชาการยางพารา (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำยางข้น (Concentrated latex) ที่ใช้สำหรับผลิตถุงมือยาง นิยมใช้ น้ำยางข้นที่ผลิตโดยวิธีการปั่นแยก ( Centrifuging) มากกว่าวิธีระเหยด้วยน้ำ (Evaporation) วิธีทำให้เป็นครีม (Creaming) และวิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electro decantation) เพราะน้ำยางข้น 3 ชนิดหลังหาซื้อได้ยาก และมีราคาค่อนข้างแพง

วิธีทดสอบสมบัติน้ำยางข้น โดยทั่วไปอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคือ มอก.980-2552 ดังภาพที่ 4 เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำยางยางข้น

| รายการที่ | คุณลักษณะ | ชนิด HA | ชนิด LA | ชนิด MA[3)] | ชนิด HA ครีม | ชนิด LA ครีม | วิธีทดสอบตาม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ของแข็งทั้งหมด ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า | 61.0 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย | | | 65.0 | 65.0 | ISO 124 |
| 2 | เนื้อยางแห้ง ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 64.0 | 64.0 | ISO 126 |
| 3 | ของแข็งที่ไม่ใช่ยาง[1)] ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | - |
| 4 | ความเป็นด่าง (คำนวณเป็น $NH_3$) ร้อยละโดยน้ำหนักน้ำยางข้น | ไม่น้อยกว่า 0.60 | ไม่เกิน 0.29 | 0.30 – 0.59 | ไม่น้อยกว่า 0.55 | ไม่เกิน 0.35 | ISO 125 |
| 5 | เสถียรภาพต่อการปั่น[2)] (mechanical stability) วินาที ไม่น้อยกว่า | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | ISO 35 |
| 6 | ยางจับก้อน (coagulum) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | ISO 706 |
| 7 | ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | ISO 8053 |
| 8 | แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | ISO 7780 |
| 9 | แมกนีเซียม มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน | 40 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย | | | | | ข้อ 8.3 |
| 10 | ตะกอน (sludge) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | ISO 2005 |
| 11 | ค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA number) ไม่เกิน | 0.06 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย | | | | | ISO 506 |
| 12 | ค่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH number) ไม่เกิน | 0.7 หรือให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย | | | | | ISO 127 |

*หมายเหตุ* [1)] *คำนวณจากผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง*
[2)] *เสถียรภาพต่อการปั่น เป็นค่าที่วัดภายหลัง 21 วันนับจากวันที่ทำ*
[3)] *"MA" หรือ "XA" หมายถึง Medium Ammonia Latex*

**ภาพที่ 4** การทดสอบสมบัติของน้ำยางข้น

**ที่มา:** ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำยางข้นไทย มอก.980-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. การเตรียมสารเคมีสำหรับการทำน้ำยางผสม** (วราภรณ์, 2532, 2554)

สารเคมีสำหรับยาง คือ สารเคมีที่ผสมลงไปในยาง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ยางที่มีสมบัติตามต้องการ และสารเคมีที่ใช้ควรเตรียมให้อยู่ในสถานะสารละลาย (Solution), ดิสเพิสชั่น (Dispersion) หรืออิมัลชั่น (Emulsion)

3.1 สารเคมีสำหรับการทำน้ำยางผสม

3.1.1 สารเพิ่มความคงตัว (Stabiliser)

เป็นสารช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำยาง และเป็นสารเคมีที่ใส่ลงในน้ำยางเป็นตัวแรก เช่น โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) และเทอริค (Toric) เป็นต้น

3.1.2 สารทำให้ยางคงรูป (Vulcanising agent)

เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกัน (crosslink) เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ เพื่อปรับปรุงสมบัติของผลิตภัณฑ์ยางให้ดีขึ้น สารที่ทำให้ยางคงรูปได้แก่ กำมะถัน (Sulphur) เป็นสารวัลคาไนซิ่งที่นิยมใช้มากที่สุด ประมาณ 90%

3.1.3 สารเร่งปฏิกิริยา (Accelerators)

การใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมาก สำหรับระบบการคงรูปยาง เพราะสามารถช่วยลดเวลา และลดอุณหภูมิในการทำให้ยางเกิดการคงรูป นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสมบัติให้กับผลิตภัณฑ์ยาง

3.1.4 สารกระตุ้นปฏิกิริยา (Activators)

เป็นสารเคมีที่เติมลงไปในยางเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงรูป โดยสารเคมีในกลุ่มนี้จะเข้าไปกระตุ้นสารตัวเร่งปฏิกิริยาให้มีประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงรูป ( Cure rate) สูงขึ้น รวมทั้งช่วยเพิ่มสมบัติทางกายภาพของยาง ได้แก่ กรดสเตียริก และซิงค์ออกไซด์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.5 สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant)

เป็นสารที่ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของยาง เนื่องจากการที่ออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยากับยาง สารป้องกันยางเสื่อมสภาพที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำยาง ได้แก่ วิงสเตย์ แอล (Wingstay L)

3.1.6 สารตัวเติม และสารสี (Fillers and pigment)

สารตัวเติม ใช้เพื่อเสริมแรงให้ยางมีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น หรือเพื่อลดต้นทุนในการผลิต เป็นต้น ได้แก่ เคลย์ไวท์ติ้ง ซิลิกา เขม่าดำ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น

3.1.7 สารอื่นๆ

สารชนิดอื่น ๆ ในบางกรณีอาจมีการเติมสารเคมีบางชนิดลงไปในยาง เมื่อมีความต้องการให้ผลิตภัณฑ์ยางมีสมบัติพิเศษเฉพาะด้าน เช่น สารที่ทำให้เกิดสี ( Coloring material) สารที่ทำให้เกิดฟอง (Blowing agent) สารหน่วง (Retarder) เป็นต้น

3.2 ข้อแนะนำลำดับการเติมสารเคมีสำหรับการทำน้ำยางผสม (วราภรณ์, 2532)

3.2.1 เติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ

3.2.2 เติมสารเพิ่มความคงตัว (Stabiliser)

3.2.3 เติมสารทำให้ยางคงรูป (Vulcanising agent)

3.2.4 เติมสารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant)

3.2.5 เติมสารตัวเติม และสารสี (Fillers and pigment)(ถ้าต้องการ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

3.3.1 เมื่อกวนผสมน้ำยางเสร็จแล้ว ให้ใส่ภาชนะปิดฝา เพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย

3.3.2 บ่มน้ำยางประมาณ 36-72 ชั่วโมง

**4.กระบวนการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ** (วราภรณ์, 2545, 2532, 2554)

4.1 การจุ่ม (Dipping technique)

การจุ่มสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

4.1.1 การจุ่มน้ำยางโดยตรง (Straight dipping) เป็นการจุ่มแบบมือ (Former) ลงในน้ำยางผสมสารเคมี แล้วนำไปอบทำให้ยางแห้งและทำให้คงรูป

4.1.2 การจุ่มโดยใช้สารช่วยจับตัว (Coagulant dipping) เป็นการจุ่มแบบมือ (Former) ลงในสารช่วยจับตัว (Coagulant) รอให้แห้งหมาด แล้วจึงนำไปจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมี หลังจากนั้นนำไปอบทำให้ยางแห้งและทำให้คงรูป

4.1.3 การจุ่มโดยใช้ขั้วไฟฟ้า (Electrode dipping) เป็นการทำให้แบบมือ (Former) ร้อน ประมาณ 50-80 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมี หลังจากนั้นนำไปอบทำให้ยางแห้งและทำให้คงรูปต่อไป

4.2 การล้าง (Leaching)

การล้างฟิล์มถุงมือยาง จะล้างในน้ำอุ่นประมาณ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที เพื่อชะล้างสารเคมีที่ตกค้างและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง ป้องกันผิวถุงมือยางติดกัน และลดการเปลี่ยนสีของถุงมือยาง การล้างฟิล์มถุงมือยางสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

4.2.1 การล้างขณะที่ฟิล์มถุงมือยางเปียก (Wet gel leaching)เป็นการล้างฟิล์มถุงมือยางหลังจากที่จุ่มแบบมือ (Former) ลงในน้ำยางผสมสารเคมี ก่อนทำให้แห้งและทำให้คงรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 การล้างขณะที่ฟิล์มถุงมือยางแห้ง (Dry film leaching) เป็นการล้างฟิล์มถุงมือยางหลังจากทำให้ยางคงรูป วิธีนี้มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาในการล้างหลายชั่วโมง

จากการรายงานทางวิชาการ ได้แสดงผลความสัมพันธ์ของเทคนิคการล้างทั้ง 2 วิธีเทียบกับปริมาณโปรตีนที่หลงเหลืออยู่ในถุงมือยาง พบว่าการใช้เทคนิคการล้างทั้ง 2 วิธีร่วมกันจะส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบลดลงอย่างมาก โดยส่วนใหญ่จะเหลืออยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 100 ไมโครกรัม/กรัมถุงมือ (Yip E. *et. al.*, 1994)

มีการศึกษาการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง โดยการใช้คลื่นอุลตราโซนิกในขั้นตอนการล้าง พบว่าคลื่นอุลตราโซนิกไม่มีผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของถุงมือยาง (S. F. Ridlen and H. S. Johnson, 1992)

4.3 การม้วนขอบ (Beading)

การม้วนขอบถุงมือยางต้องม้วนขณะที่ฟิล์มยางหมาดๆ ก่อนนำไปล้าง การม้วนขอบถุงมือยางเพื่อให้ถุงมือมีความแข็งแรง

4.4 การอบแห้งและทำให้คงรูป (Drying and valcanising)

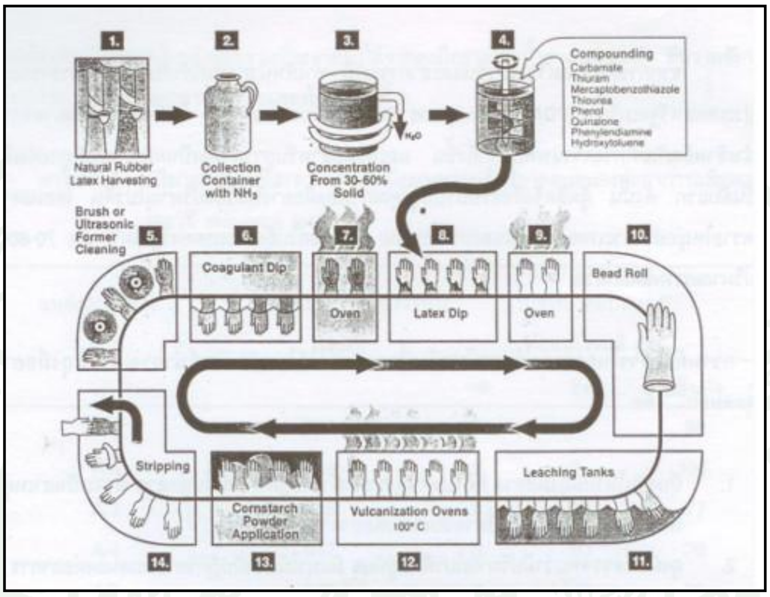
เป็นการอบและทำให้ฟิล์มถุงมือยางคงรูป ในตู้อบลมร้อน (Hot oven air) ประมาณ 120 องศาเซลเซียส 45 นาที

4.5 การถอดฟิล์มถุงมือยางจากแบบพิมพ์

โดยทั่วไปจะใช้แป้งช่วยถอดฟิล์มถุงมือยางจากแบบพิมพ์ เพื่อป้องกันการติดกันของยางและช่วยให้ถอดถุงมือได้ง่ายขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีรายงานหลายฉบับกล่าวถึงการเคลื่อนย้ายของโปรตีนจากส่วนในออกมาที่ผิวของแผ่นฟิล์มยาง จึงได้มีการศึกษาเรื่องการเคลื่อนย้ายของโปรตีนโดยใช้ถุงมือที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโปรตีนที่ตรวจพบที่ผิวด้านในที่สัมผัสกับผิวหนังมีมากกว่าผิวด้านนอกประมาณ 2-7 เท่า (Yip E. *et. al.*, 1994)




**ภาพที่ 5** กระบวนการจุ่มถุงมือยาง

**ที่มา:** Hamann C.P. (1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 5. การแพ้โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ

มีการศึกษาชนิดและขนาดโมเลกุลของโปรตีนที่อยู่ในน้ำยาง ที่เป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดอาการแพ้ในผู้ใช้งาน พบว่าโปรตีน Hevein ชนิด Hev 1-13 ที่มีขนาดโลเลกุลตั้งแต่ 4.7-115 kDa (Yip E. *et. al.*,1994) เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์ที่พบอาการแพ้มากที่สุด โดยมีอาการเป็นผื่นแดง ผิวหนังอักเสบ หอบหืด และอาการที่ร้ายแรงที่สุดคือสามารถทำให้เสียชีวิตได้ และมีรายงานว่าโปรตีนที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ในบุคลากรทางการแพทย์ คือ โปรตีนแอลเลอเจน Hev b5 และ Hev b6 (Hoffmann-Sommergruber K., 2002)

Sunderasan E. *et. al.* (1994) ได้ศึกษาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนชนิด *Hevein* และ *Hevamine* ที่อยู่ในส่วนของเซรัม บี (Subramanium A., 1995) ที่เป็นสาเหตุของอาการแพ้ พบว่า โปรตีนที่ตรวจพบมีน้ำหนักโมเลกุล 14, 20, 25, 30 และ 35 kDa. และเป็นน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่ตรวจพบในถุงมือยางด้วย ซึ่งทำการทดลองกับหนู พบว่าหนูมีอาการแพ้โปรตีน จึงทำให้สันนิษฐานได้ว่าโปรตีนในส่วนของเซรัม บี ในน้ำยาง เป็นสาเหตุของการแพ้โปรตีนได้

5.1 อาการแพ้ที่เกิดจากโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ (นิรนาม.,2553)

5.1.1 Irritant contact dermatitis (ICD)

เป็นอาการแพ้ที่พบมากที่สุด โดยจะมีอาการระคายเคืองบริเวณผิวหนัง คัน และมีรอยแดง การหลีกเลี่ยงอาการแพ้ชนิดนี้สามารถป้องกันได้โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ยางที่ปราศจากผงแป้ง (powder-free)

5.1.2 Allergic contact dermatitis (ACD)

เป็นการเริ่มต้นของอาการแพ้ อันเนื่องจากระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายที่มีต่อสารเคมีที่อยู่ในถุงมือยางหรือผลิตภัณฑ์ยางซึมเข้าสู่ผิวหนังแล้วรวมตัวกับโปรตีนในร่างกาย โดยอาการที่ปรากฏขึ้นเป็นอาการของผื่นคัน ( eczema) ที่พบบริเวณหลังมือเป็นส่วนใหญ่ อาการแพ้ชนิดนี้จะแสดงออกมาหลังจากสัมผัสผ่านไปแล้ว 48-72 ชั่วโมง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอาการแพ้มากขึ้นคือ ปริมาณสารเคมีที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ยางหลังกระบวนการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.3 Type I IgE-mediated hypersensitivity reaction

เป็นอาการแพ้ขั้นรุนแรงที่สุด เนื่องจากโปรตีนที่อยู่ในน้ำยางหรือผลิตภัณฑ์ยางหลังกระบวนการผลิตมากกว่าการแพ้ที่เกิดจากการสัมผัสกับแป้งข้าวโพด หรือสารเคมีที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ยาง โดยโปรตีนจะซึมสู่ผิวหนังและร่างกายจะสร้างภูมิคุ้มกัน IgE antibodies ขึ้นมา เพื่อป้องกันอาการแพ้ นอกจากนี้ latex protein ยังสามารถดูดซึมโดยผ่านทางอากาศได้อย่างช้าๆ โดยจะแสดงอาการภายใน 30 นาที ที่สัมผัส เริ่มต้นจากการเกิดผิวหนังอักเสบ เยื่อจมูกอักเสบ และเยื่อตาขาวอักเสบ

Esah *et al.* (1997) ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติกับระดับความรุนแรงของอาการแพ้ที่เกิดขึ้น โดยทำการวัดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากถุงมือยางธรรมชาติ ด้วยวิธี RRIM Modified Lowry ($EPR_{RIM}$) ใน 46 ชิ้นงานตัวอย่าง และทดสอบระดับอาการแพ้ด้วยวิธี IgE-ELISA-inhibition ตรวจพบค่าปริมาณโปรตีนที่มีค่าน้อยกว่า 20 ไมโครกรัมต่อกรัมถุงมือ ไปจนถึง 1,290 ไมโครกรัมต่อกรัมถุงมือ และมีค่าระดับอาการแพ้น้อยกว่า 1 เอยูต่อมิลลิลิตร ไปจนถึง 570 เอยูต่อมิลลิลิตร ซึ่งจากการหาความสัมพันธ์พบว่า เมื่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีค่าสูงระดับความรุนแรงของอาการแพ้ก็จะมีระดับสูงด้วย และเมื่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีค่าต่ำก็จะมีระดับความรุนแรงของอาการแพ้อยู่ในระดับต่ำด้วยเช่นกัน

5.2 วิธีการตรวจสอบสารที่ทำให้เกิดการแพ้ (ชญาภา, 2550) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

5.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ทั้งหมด เป็นการหาปริมาณโปรตีนที่สามารถสกัดได้ทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์ โดยไม่สามารถบอกได้ว่าโปรตีนชนิดใดเป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้ การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ต่อไปนี้

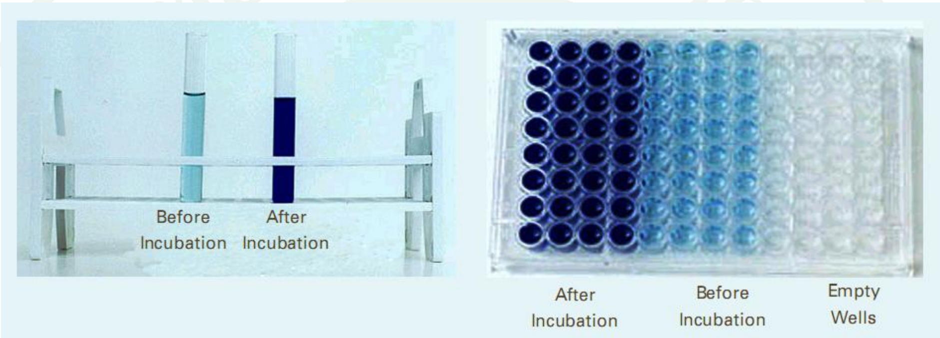
5.2.1.1 การวิเคราะห์โดยการเทียบสี (Colorimetric analysis) สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

5.2.1.1.1 Modified Lowry เป็นการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ มีวิธีการ 3 ขั้นตอน คือ การสกัดโปรตีน ( protein extraction) การตกตะกอนโปรตีน ( protein precipitation) และการหาปริมาณโปรตีน ( protein quantitation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.1.1.2 Bradford assay เป็นอีกวิธีที่สามารถหาปริมาณโปรตีนได้ โดยอาศัยหลักการความสมดุลระหว่าง Coomassie Brillant Blue G-250 และการรวมตัวกันของ Coomassie Brillant Blue G-250 กับโปรตีนแบบเฉพาะเจาะจง ดังแสดงในสมการ (1) และภาพที่ 6

$$\underset{(465\ \text{nm})}{\text{Red}} \xleftrightarrow{H^{+}} \underset{(650\ \text{nm})}{\text{Green}} \xleftrightarrow{H^{+}} \underset{(590\ \text{nm})}{\text{Blue}} \xleftrightarrow{\text{Protein}} \underset{(595\text{nm})}{\text{Blue-Protein}} \qquad (1)$$



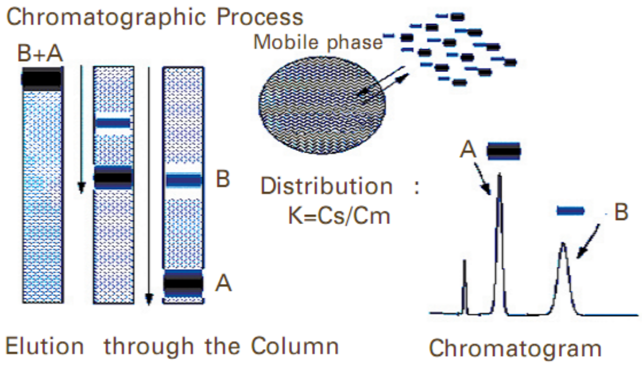

**ภาพที่ 6** การทดสอบแบบ Bradford assay

**ที่มา:** ชญาภา (2550)

5.2.1.2 การวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโตกราฟี (Chromatographic analysis)

การหาปริมาณของกรดอะมิโนแต่ละชนิดด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) สามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีวิเคราะห์โปรตีนและเปปไทด์โดยการหาปริมาณกรดอะมิโน วิธีวิเคราะห์โปรตีนโดยการแยกตามขนาด ดังภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

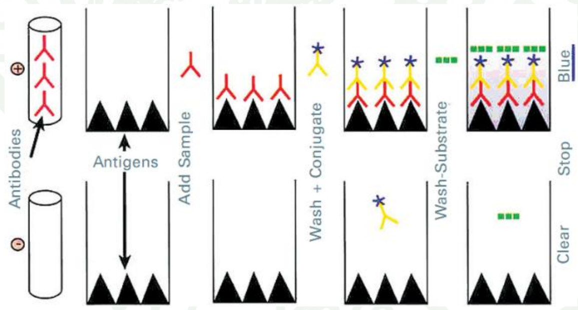



**ภาพที่ 7** การวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโตกราฟี

**ที่มา:** ชญาภา (2550)

5.2.1.3 การทดสอบทางภูมิคุ้มกัน (Immunoassay)

การทดสอบทางภูมิคุ้มกันเป็นวิธีการหาโปรตีนแอนติเจนโดยอาศัยหลักการการเกิดอันตรกิริยาเฉพาะเจาะจงระหว่างโปรตีนกับโปรตีน วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ อาจเกิดความผิดพลาดได้ในกรณีที่มีระดับโปรตีนต่ำๆ และต้องใช้แอนติบอดี้ที่มีความเฉพาะเจาะจง ดังภาพที่ 8




**ภาพที่ 8** การทดสอบทางภูมิคุ้มกัน

**ที่มา:** ชญาภา (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.2 การประเมินความสามารถในการก่อให้เกิดอาการแพ้

สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทดสอบทางคลินิก (ทางผิวหนัง) ดังภาพที่ 9 และการทดสอบทางเซรุ่มวิทยา

**ภาพที่ 9** การทดสอบทางคลินิก (ทางผิวหนัง)

**ที่มา:** ชญาภา (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**6. การลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ**

การลดปริมาณโปรตีนสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งวิธีทางเคมี เช่น การนำเอ็นไซม์มาช่วยย่อยโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ และใช้สารลดแรงตึงผิว และวิธีกล เช่น การเหวี่ยงหมุน (George, KM., *et al.*, 2007)

6.1 วิธีเคมี คือการนำอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium hydroxide, $Al(OH)_3$) และซิลิกาไฮดรอกไซด์ (Silica dioxide, $SiO_3$) มาทำปฏิกิริยากับน้ำยางก่อนเข้าสู่กระบวนการวัลคาไนเซชั่น (Vulcanization)

6.2 การใช้เอนไซม์ (Enzyme treatment) เป็นวิธีที่ใช้เอนไซม์ย่อยโปรตีนในน้ำยาง ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก เพราะช่วยรักษาสมบัติทางกายภาพของยางได้ดี

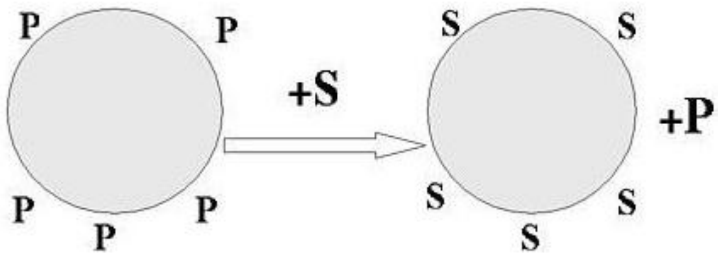
มีการทดลองใช้เอนไซม์ปาเปน และโบรมิเลนที่ผลิตในประเทศไทย ร่วมกับสารถนอมน้ำยาง พบว่าการใช้เอนไซม์ปาเปนหรือโบรมิเลนสามารถลดโรงตีนในน้ำยางสดได้ (พรรษา, 2544)

George, KM., *et al*. (2007) ได้ใช้เอนไซม์ปาเปน ช่วยย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง โดยสามารถลดโปรตีนให้เหลือน้อยกว่า 50 ไมโครกรัมต่อกรัมของถุงมือยางได้

6.3 การใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant treatment) การใช้สารลดแรงตึงผิวสามารถทำให้สารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ลดลงมากถึง 99% (George, KM., *et al*., 2007)สารที่นิยมใช้ลดแรงตึงผิว คือ โซเดียมโดดิซิลซัลเฟต (Sodium dodecyl sulfate, SDS) และTriton^$^{TM}$ X-100

6.4 การใช้ฟูมซิลิกา เป็นกลไกที่ฟูมซิกาเข้าไปแทนที่ตรงตำแหน่งของโปรตีน ดังรูปที่ 10 ซึ่งซิลิกาจะทำหน้าที่เป็น thickening agent และช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลของยางอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

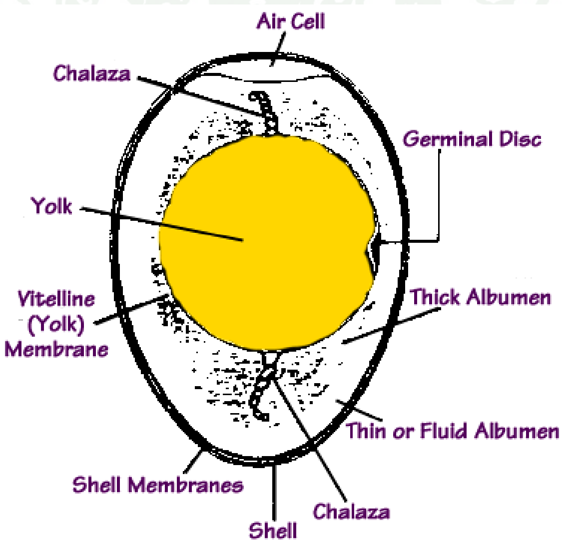



**ภาพที่ 10** กลไกการแทนที่ของโปรตีนโดยซิลิกา

**ที่มา:** Amdur, S. (1999)

## 7. โครงสร้างเปลือกไข่ไก่

เปลือกไข่ไก่นั้นมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตถึง 95% ส่วนอีก 5% ที่เหลือนั้นประกอบด้วยแคลเซียมฟอสเฟต, แมกนีเซียมคาร์บอเนต รวมทั้งโปรตีนที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ประกอบกัน ซึ่งโครงสร้างของไข่ไก่นั้นประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลัก คือ เปลือกไข่ (Shell), เยื่อหุ้มไข่ (Shell membrans), ไข่ขาว (Albumen), ไข่แดง (Yolk) และจุดเจริญ (Germinal disc) ดังภาพที่ 11




**ภาพที่ 11** โครงสร้างของเปลือกไข่ไก่

**ที่มา:** S. F. Ridlen and H. S. Johnson, K. W. Koelkebeck (1992)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. สารเคมี

1.1 น้ำยางเข้มข้น 60% (Concentrate latex 60%), สถาบันวิจัยยางแห่งประเทศไทย

1.2 โปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH), สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer), ผงสีขาว และไม่มีกลิ่น, ความบริสุทธิ์ 90%, บริษัท Chemipan Corporation Co., Ltd.

1.3 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, $ZnO_2$), สารกระตุ้น (activator), ผงอนุภาคละเอียดสีขาว,ความบริสุทธิ์ 99.5%, บริษัท Thai-Lysaght Co., Ltd.

1.4 กำมะถัน (Sulfur, S), สารทำให้ยางคงรูป (vulcanizing agent), >99.9%, ผงสีเหลือง, บริษัท Miwon Chemicals Co., Ltd.

1.5 เทอริค 16เอ16 (Teric 16A16), สารเพิ่มความคงตัว (wetting agent), บริษัท GSP Products Co.,Ltd.

1.6 แซตดีอีซี (Zinc diethyl dithiocarbamate, ZDEC), สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (accelerator), ผงสีขาว, ความบริสุทธิ์ 97%, บริษัท Nurchem.

1.7 วิงสเตย์แอล (Wingstay L, WSL), สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (antioxidant), ผงสีขาว, บริษัท OMNOVA Engineered Surfaces Co., Ltd.

1.8 ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titaniumdioxide, $TiO_2$), สารให้สี (white pigment), ผงสีขาว, บริษัท USP grade, Pretiox.

1.9 แซตเอ็มบีที (Zinc-2-mercaptobenzthiazole, ZMBT), สารเร่งปฏิกิริยาการคงรูป (accelerator), ของเหลวสีเหลือง, ความบริสุทธิ์ 50%, บริษัท NOCIL.

1.10 แคลเซียมไนเตรท (Calcium nitrate, $Ca(NO_3)_2$), สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer), ผงสีขาว, ความบริสุทธิ์ 99.0%, บริษัท Ztum Co.,Ltd.

1.11 เบนโทไนท์ (Bentonite), สารช่วยการกระจายตัว (Dispersing agent), ความบริสุทธิ์ 100%, บริษัท NIC Interchem Co., Ltd.

1.12 วัลตามอล (Vultamal), สารช่วยการกระจายตัว (Dispersing agent)

1.13 แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ (Calcium carbonate from eggshell, $CaCO_3$)

1.14 น้ำกลั่น (Distilled water)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.15 แป้งทาตัว (Talcum) แป้งเด็กแคร์ สีเขียว สูตรไฮโป-อัลเลอร์เจนิก

2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 ตู้อบความร้อน (Hot oven) : series HAO 800
2.2 หม้อบดเร็ว (Rapid pot mill)
2.3 หม้อบด (Pot mill)
2.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Balance)
2.5 เตาความร้อน (Hot plate)
2.6 เครื่องกวนผสมน้ำยาง
2.7 แบบพิมพ์มือ (Formers)
2.8 ช้อนตักสารเคมี (Spatula)
2.9 บีกเกอร์ (Beaker)
2.10 ถังสแตนเลส (Stainless steel tank)

3. เครื่องมือการวิเคราะห์

3.1 เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction, XRD) บริษัท Philips รุ่น X'Pert ประเทศเนเธอแลนด์

3.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ( Scanning Electron Microscope, SEM) บริษัท Philips รุ่น XL 30

3.3 เครื่องวิเคราะห์โดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF) บริษัท Horiba Series XGT-2000 w

3.4 เครื่องวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร โดยการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR) บริษัท BRUKER Series Alpha-E

3.5 เครื่องทดสอบวัสดุเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) บริษัท HOUNSFEILD Series H50KS

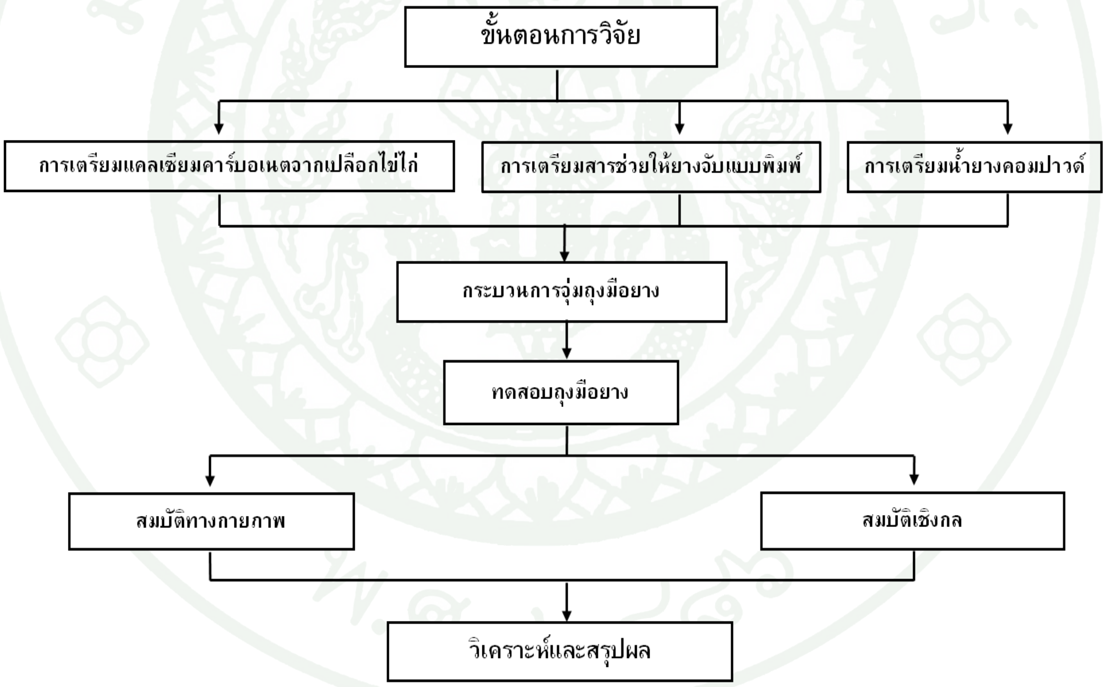
3.6 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Calipers)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# วิธีการ

## 1. ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางด้วยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ลงไปในน้ำยางผสมสารเคมี โดยในขั้นตอนการเตรียมสารนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ การเตรียมสารช่วยให้น้ำยางจับแบบพิมพ์ถุงมือยาง และการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี จากนั้นจึงเริ่มกระบวนการจุ่มขึ้นรูปถุงมือยางขึ้นมา เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางแล้ว ชิ้นงานจะถูกนำไปวิเคราะห์ และทดสอบ ใน 3 ส่วนหลักๆ คือ วิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ในถุงมือยาง ทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณ วิเคราะห์เพื่อหาลักษณะพื้นผิวของถุงมือยาง และวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของถุงมือยางก่อนนำผลการวิเคราะห์มาสรุปเป็นผลการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 12




**ภาพที่ 12** ขั้นตอนการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. ขั้นตอนการเตรียมสารเคมีและน้ำยางผสมสารเคมี**

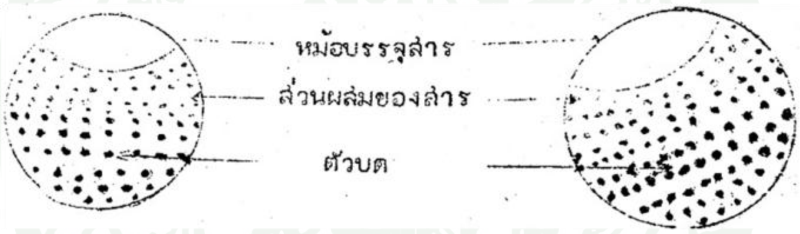
2.1 การเตรียมสารเคมีเพื่อใช้ผสมน้ำยาง

2.1.1 การเตรียมสารละลาย

เป็นการเตรียมสารเคมีที่ละลายน้ำได้ ให้อยู่ในรูปของสารละลาย

2.1.2 การเตรียมดิสเพิสชั่น

เป็นการเตรียมสารเคมีต่าง ๆที่อยู่ในรูปของของแข็ง มีขนาดอนุภาคใหญ่ ไม่สามารถละลายน้ำได้ ให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงให้อยู่ในรูปเม็ดละเอียด จนสามารถกระจายตัวในน้ำได้ ด้วยเครื่องมือบดที่เรียกว่า บอลมิล (Ball mill) ดังแสดงในภาพที่ 13




**ภาพที่ 13** แสดงหลักการของการใช้บอลมิล

**ที่มา:** วราภรณ์ (2525)

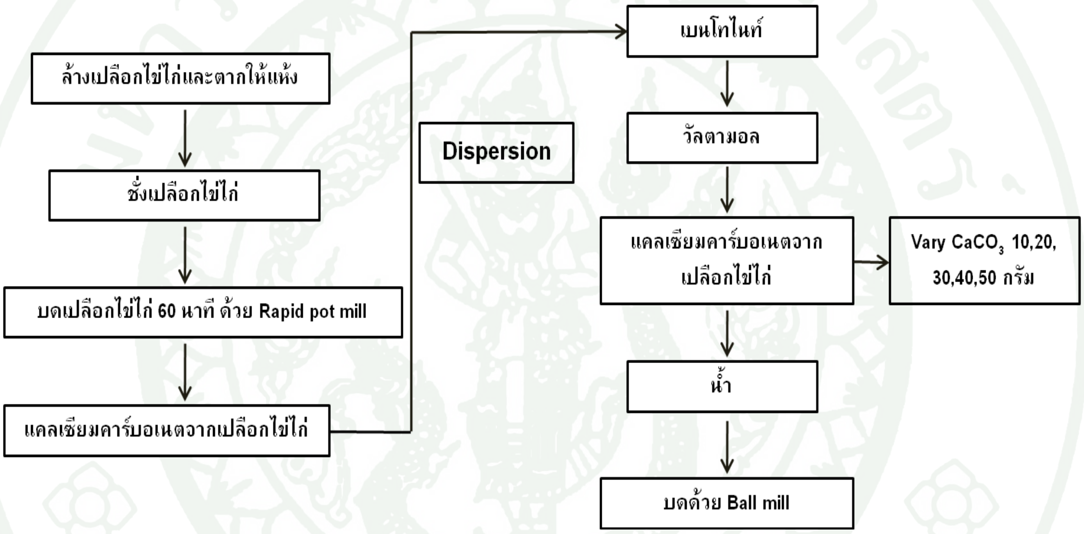
การเตรียมดิสเพิสชั่นโดยใช้บอลมิลนั้นมักจะใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดิสเพิสชั่นที่ต้องการเตรียม โดยอาจใช้เวลาตั้งแต่ 24 ชั่วโมง ถึง 72 ชั่วโมง เช่น

การเตรียมดิสเพิสชั่นของสารเร่งปฏิริยาวัลคาไนซ์ใช้เวลาบด 48 ชั่วโมง
การเตรียมดิสเพิสชั่นของสารต้านปฏิริอ๊อกซิเดชั่นใช้เวลาบด 48 ชั่วโมง
การเตรียมดิสเพิสชั่นของซัลเฟอร์ใช้เวลาบด 72 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จากเปลือกไข่ไก่

ในกระบวนการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่นั้นต้องเริ่มจากทำการล้างเปลือกไข่ไก่ให้สะอาดแล้วนำมาผึ่งให้แห้งสนิท จากนั้นนำเปลือกไข่ที่แห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 500 กรัม ก่อนนำไปบดในเครื่อง rapid pot mill โดยให้เครื่องทำการบดเป็นระยะเวลา 60 นาที เพื่อให้ได้เปลือกไข่ไก่มีขนาดเล็กลงอยู่ในรูปของผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 34 ไมครอน จากนั้นจึงนำแคลเซียมคาร์บอเนตที่เตรียมไว้มาผ่านกระบวนการดิสเพิสชั่นเพื่อให้ได้สารตัวเติมที่มีการแตกตัวดี ขนาดอนุภาคเล็ก และการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังที่แสดงในภาพที่ 14




**ภาพที่ 14** ขั้นตอนการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การเตรียมสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์ (Coagulant)

สารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์นั้นได้ใช้ $CaNO_3$ โดยการเตรียม 35 % $CaNO_3$ นั้นจะมาจากผสม $CaCO_3$ กับสารปรับแรงตึงผิว และน้ำ ซึ่ง $CaCO_3$ นั้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพพันธะอนุภาคของน้ำยาง และช่วยในเรื่องของการป้องกันน้ำยางผสมสารเคมีเหนียวติดกับแบบพิมพ์มือด้วย ดังแสดงในภาพที่ 15


**ภาพที่ 15** ขั้นตอนการเตรียมสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์

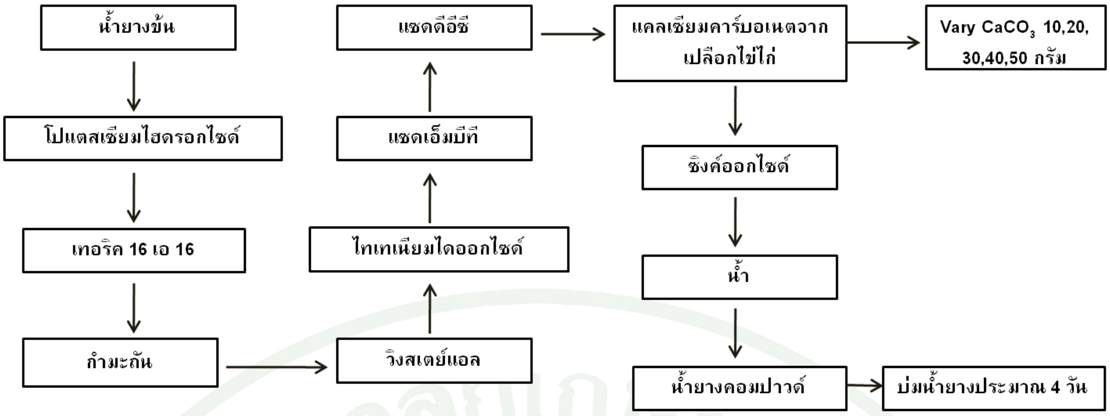
2.4 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

ขั้นตอนสำหรับการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีนั้นสามารถทำได้โดยเริ่มจากเตรียมน้ำยางข้น และสารเคมี โดยมีอัตราส่วนของน้ำยางข้น และสารเคมีที่ใช้เป็นไปตามสูตรต่างๆ (ตารางที่ 2) จากนั้นปั่นน้ำยางข้นโดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ 20 รอบต่อนาที เพื่อไล่แอมโมเนียเป็นเวลา 15 นาที แล้วค่อยเติมสารเคมีชนิดต่างๆตามลำดับ ถัดมาจึงเริ่มปั่นน้ำยางข้นและสารเคมีให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อปั่นเสร็จแล้วจึงนำน้ำยางผสมสารเคมีมากรองด้วยกรวยกรองสแตนเลส เพื่อกรองน้ำยางผสมสารเคมีบางส่วนที่จับตัวเป็น Coagulum ทิ้งไป แล้วจึงนำน้ำยางผสมสารเคมีที่เหลือมาหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content ; % TSC) ดังแสดงในภาพที่ 16

การตรวจสอบน้ำยางผสมสารเคมี ทดสอบกับคลอโรฟอร์ม (Chloroform) โดยผสมน้ำยางกับคลอโรฟอร์ม 1:1 กวนผสมกันและสังเกตการจับตัวเป็นก้อนของยาง

| | | |
|---|---|---|
| โดย เบอร์ | 1 | ก้อนเหนียวติดมือ ดึงยืดได้ยาว ใช้ไม่ได้ |
| | 2 | ก้อน ดึงขาดง่าย ใช้ได้ |
| | 3 | ก้อนเล็กๆ ดึงขาดง่าย ใช้ได้ |
| | 4 | เม็ดร่วน ใช้ไม่ได้ |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 16** ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมี

**ตารางที่ 2** สูตรยางคอมพาวนด์ที่ใช้ในงานวิจัย

| น้ำยางและสารเคมี | น้ำหนักเปียก (กรัม) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glove_1 | Glove_2 | Glove_3 | Glove_4 | Glove_5 | Glove_6 |
| 60% Latex | 167 | 167 | 167 | 167 | 167 | 167 |
| 10% KOH | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10% Teric 16A16 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 50% Sulfur | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 50% ZDEC | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 50% ZMBT | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 50% $TiO_2$ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 50% WSL | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 50% $ZnO_2$ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10% $CaCO_3$ | - | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| $H_2O$ | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 |
| Total | 348.90 | 358.90 | 368.90 | 378.90 | 388.90 | 398.90 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. กระบวนการจุ่มขึ้นรูปถุงมือยาง**

3.1 ทำความสะอาดแบบพิมพ์มือ เพื่อขจัดฝุ่นผงที่เกาะออกไป แล้วจึงนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส

3.2 จุ่มแบบพิมพ์มือลงไปในสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์ จากนั้นนำออกมาผึ่งทิ้งไว้สักครู่จนสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์นั้นแห้งหมาดๆ ดังแสดงในภาพที่ 17

**ภาพที่ 17** จุ่มแบบพิมพ์มือลงไปในสารช่วยให้ยางจับแบบพิมพ์

3.3 ค่อยๆ จุ่มแบบพิมพ์มือที่แห้งหมาดแล้วลงไปในน้ำยางผสมสารเคมีที่เตรียมไว้ โดยแช่แบบพิมพ์มือทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 15 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 18

**ภาพที่ 18** จุ่มแบบพิมพ์มือลงไปในน้ำยางผสมสารเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 นำแบบพิมพ์มือขึ้นจากน้ำยางผสมสารเคมีมาตั้งผึ่งไว้ให้แห้งเพื่อให้ฟิล์มยางบนแบบพิมพ์คงรูป จากนั้นทำการม้วนขอบถุงมือยางขึ้นมา 10 ถึง 15 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 19

**ภาพที่ 19** ผึ่งถุงมือยางบนแบบพิมพ์มือขึ้นที่ผ่านการม้วนขอบแล้ว

3.5 ล้างแบบพิมพ์มือที่มีถุงมือยางเกาะติดอยู่ด้วยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ถึง 5 นาที เพื่อขจัด และชำระล้างสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในถุงมือยาง ดังแสดงในภาพที่ 20

**ภาพที่ 20** ล้างแบบพิมพ์มือที่มีถุงมือยางเกาะติดอยู่ด้วยน้ำร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 นำแบบพิมพ์มือที่มีถุงมือยางเกาะติดอยู่เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 45 นาที เพื่อทำให้ยางคงรูป และทำให้ยางแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 21

**ภาพที่ 21** อบถุงมือยางให้แห้ง และทำให้เกิดการคงรูป

3.7 นำแบบพิมพ์มือที่มีถุงมือยางเกาะติดอยู่ออกจากตู้อบ แล้วถอดถุงมือยางออกจากแบบพิมพ์มือ โดยใช้แป้งช่วยหล่อลื่นเพื่อให้ถอดถุงมือออกจากแบบพิมพ์ได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 22

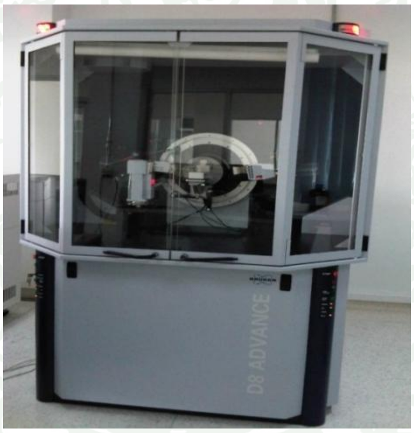
**ภาพที่ 22** ถุงมือยางที่ถูกถอดออกจากแบบพิมพ์มือแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**4. ขั้นตอนการวิเคราะห์**

4.1 เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction Spectrometer)

ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ในสารทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณ และใช้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของผลึก หรือโมเลกุลของสารด้วยการใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ซึ่งจะถูกวัดความเข้มกำลัง ด้วยการสแกนของตัวรับสัญญาณ สัญญาณที่วัดได้จะถูกถ่ายทอดออกมาเป็นสเปกตรัมแล้วถูกประมวลผลออกมาทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นหน่วยประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 23 โดยในการวิเคราะห์ถุงมือยางนั้น จะใช้การตัดชิ้นงานบริเวณฝ่ามือของถุงมือยาง ขนาด 1 x 1 เซนติเมตร มาวางบน plate โดยเอาด้านสัมผัสกับผิวหนังหงายขึ้น ก่อนนำเข้าเครื่องวิเคราะห์




**ภาพที่ 23** เครื่องมือสำหรับใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

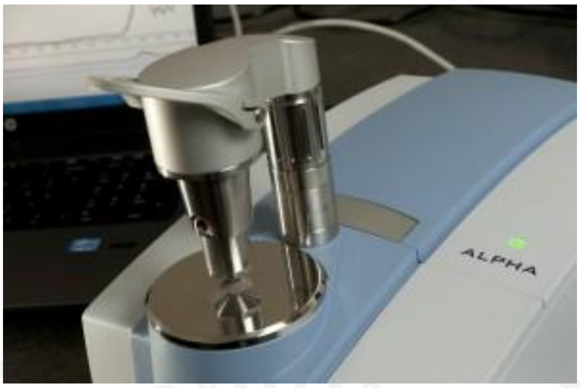
ใช้เป็นเครื่องมือศึกษาโครงสร้างของผิววัตถุ โดยใช้ลำแสงอิเล็กตรอน ฉายหรือส่องกราดไปบนผิวของตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบให้ได้ข้อมูลของลักษณะพื้นผิวปรากฏเป็นภาพขยายที่สามารถมองเห็น ได้ด้วยตาเปล่าหรืออาจบันทึกภาพที่บนแผ่นฟิล์มได้ ซึ่งภาพที่ได้จะมีลักษณะเป็น 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 24 สำหรับการวิเคราะห์ถุงมือยางนั้นจะนำถุงมือยางมาตัดชิ้นส่วนบริเวณฝ่ามือให้มีขนาด 1 x 1.5 เซนติเมตร วางบนสตับแล้ว coat ด้วยทอง เพื่อวิเคราะห์พื้นผิวด้านนอกของถุงมือ ทั้ง Surface และ Cross section ที่กำลังขยาย 250 เท่า และ 500 เท่า

**ภาพที่ 24** กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

4.3 เครื่องวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร โดยใช้หลักการการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด (FT-IR spectrometer)

ใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น ประมาณ 12800 - 10 $cm^{-1}$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ดังแสดงในภาพที่ 25 สำหรับการวิเคราะห์ถุงมือยางนั้นจะวิเคราะห์ด้วยช่วงเลขคลื่น ประมาณ 650 - 4000 $cm^{-1}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



**ภาพที่ 25** เครื่องวิเคราะห์หาโครงสร้างของสาร โดยใช้หลักการการดูดกลืนรังสีอินฟราเรด

4.4 การวิเคราะห์เชิงกล

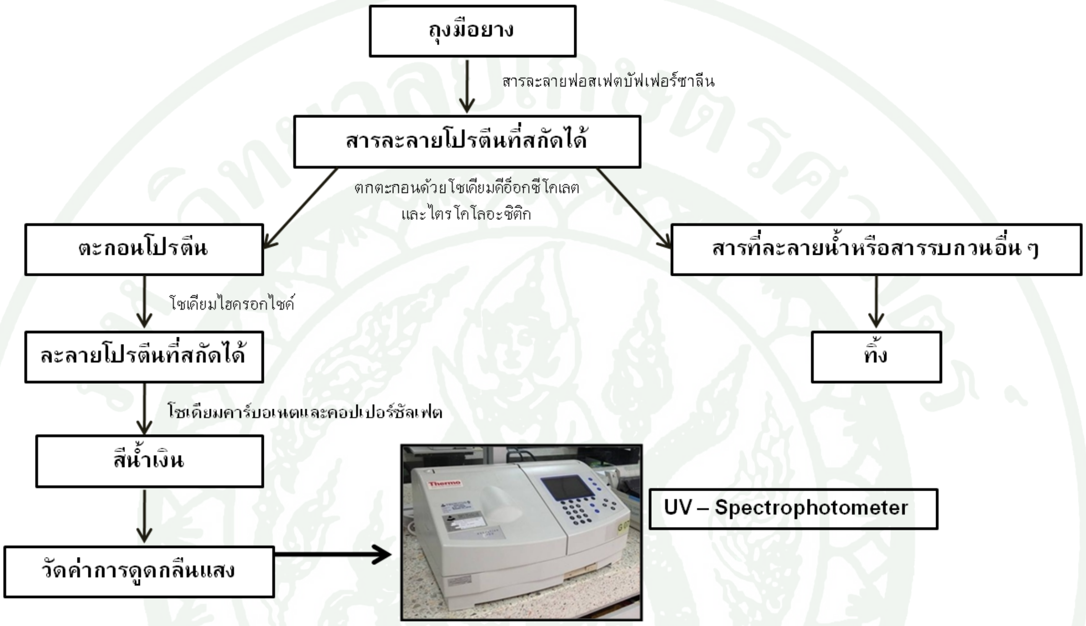
ใช้วิธีการทดสอบแรงดึง ซึ่งวิธีการทดสอบแรงดึงคือวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัส โดยใช้แรงดึงดึงวัสดุอย่างช้าๆ ทำให้วัสดุจะยืดยาวขึ้น อาจให้แรงดึง เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด แล้วบันทึกความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นดึง กับความเครียดตามแนวดึง แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับความเครียด หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวออกจากระยะเดิม ดังแสดงในภาพที่ 26 สำหรับการวิเคราะห์เชิงกลของถุงมือยางนั้นจะใช้มาตรฐาน ISO 188


**ภาพที่ 26** เครื่องทดสอบวัสดุเอนกประสงค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางนั้นจะใช้กระบวนการวิเคราะห์ด้วย Modified Lowry Method ตามมาตรฐานของ FDA หรือ ISO 12243:2300 หรือ ASTM D5712-10 ดังแสดงในภาพที่ 27




**ภาพที่ 27** วิเคราะห์ด้วย Modified Lowry Method

4.6 การทดสอบการรั่วซึม

ใช้การทดสอบการรั่วซึมเพื่อควบคุมให้ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางเป็นไปตามมาตรฐานของ มอก. 1056-2548

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

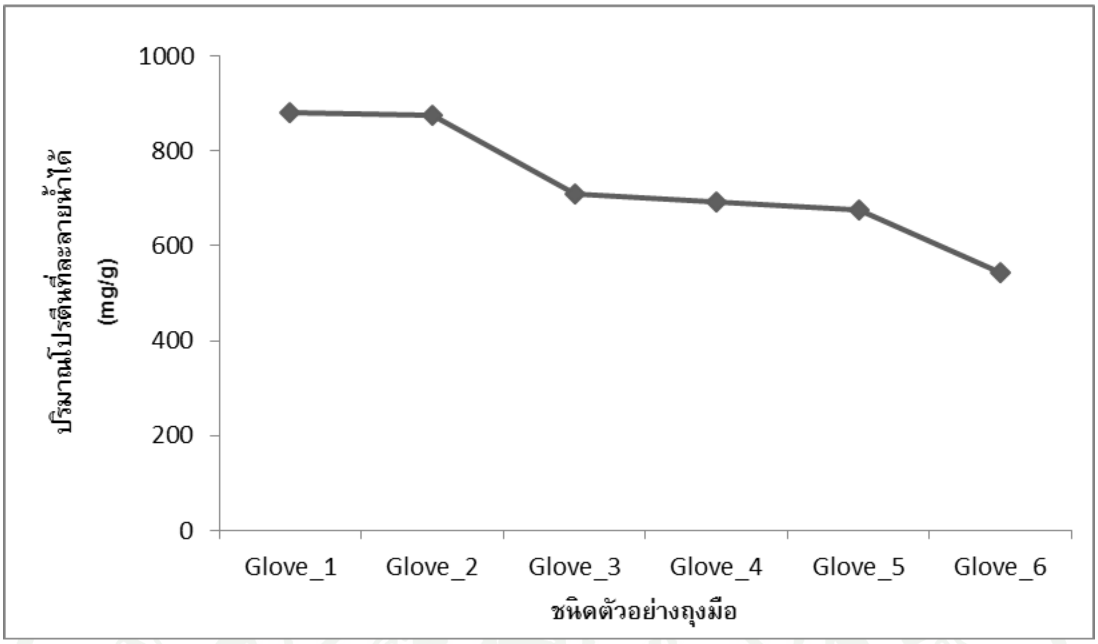
## 1. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ด้วยวิธี Modified Lowry Method จากชิ้นงานทั้ง 6 สูตร ที่ผ่านการล้างด้วยวิธีแบบ wet gel มาแล้ว ซึ่งประกอบไปด้วย Glove_1 (ชิ้นงานที่ไม่ได้เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ ), Glove_2 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 10 % โดยน้ำหนัก), Glove_3 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 20 % โดยน้ำหนัก ), Glove_4 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 30 % โดยน้ำหนัก ), Glove_5 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 40 % โดยน้ำหนัก ) และ Glove_6 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 50 % โดยน้ำหนัก ) จะมีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ดังแสดงในตารางที่ 3

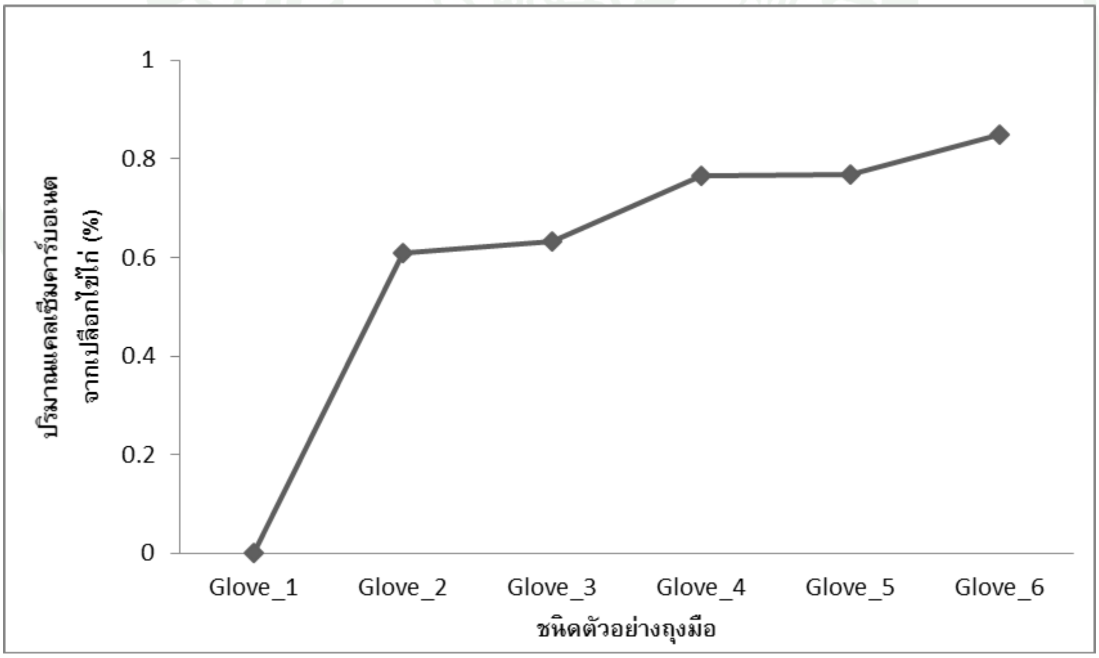
**ตารางที่ 3** ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง

| ชิ้นงานตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (μg/g) |
|---|---|
| Glove_1 | 880.28 |
| Glove_2 | 874.76 |
| Glove_3 | 708.02 |
| Glove_4 | 693.13 |
| Glove_5 | 675.37 |
| Glove_6 | 542.36 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 28** ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง




**ภาพที่ 29** ผลการวิเคราะห์ปริมาณ $CaCO_3$บริเวณผิวของถุงมือยาง ด้วย XRD

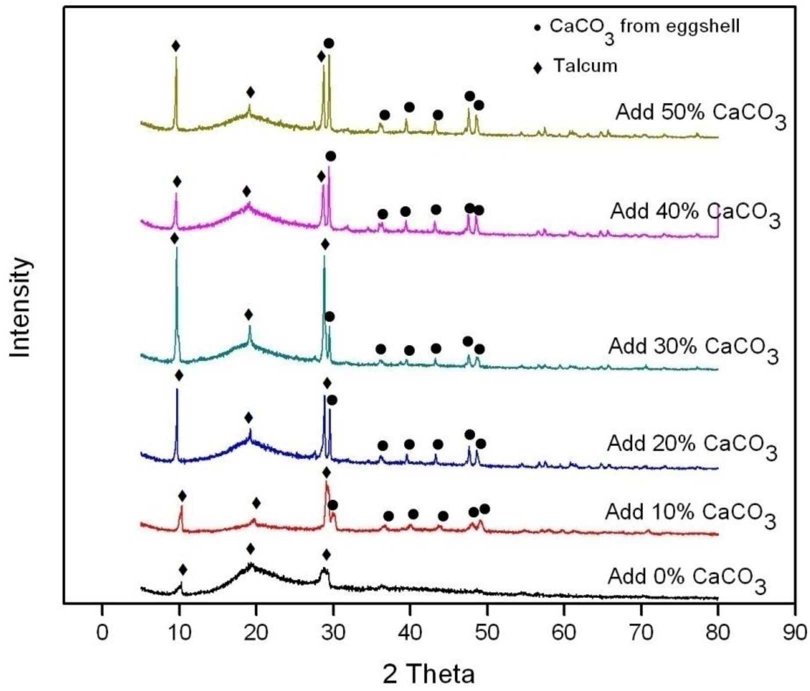
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ใน Glove_1 (ชิ้นงานที่ไม่ได้เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ ) นั้นมีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้มากที่สุด และ Glove_6 (ชิ้นงานที่มีปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 50 % โดยน้ำหนัก ) มีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด เมื่อเทียบจากภาพที่ 28 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางของชิ้นงานตัวอย่าง Glove_1, Glove_2, Glove_3, Glove_4, Glove_5 และ Glove_6 จะพบว่าค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางของชิ้นงาน มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 29 ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณ $CaCO_3$ บริเวณผิวของถุงมือยางจากชิ้นงานตัวอย่าง Glove_1, Glove_2, Glove_3, Glove_4, Glove_5 และ Glove_6 จะพบว่าปริมาณ $CaCO_3$ บริเวณที่ผิวของถุงมือยางจากชิ้นงานตัวอย่างนั้นเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนมาพิจารณาความสัมพันธ์กัน พบว่าถุงมือยางที่มีการเติมปริมาณ $CaCO_3$ มากขึ้นเท่าใด ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางจะมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ แต่ค่าปริมาณ $CaCO_3$ ที่ตรวจพบบริเวณผิวของถุงมือยางกลับมีแนวแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเกิดเป็นข้อสันนิษฐานในสองประเด็น ดังนี้ ประเด็นแรก $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่อาจเข้าไปแทนที่โปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง จึงทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในชิ้นงาน Glove_6 มีค่าน้อยที่สุด หรือประเด็นที่สอง $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่อาจทำอันตรกิริยากับโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง จึงทำให้ตรวจพบ $CaCO_3$ บริเวณผิวของถุงมือยางในชิ้นงาน Glove_6 มากที่สุด

จากงานวิจัยของ Siti *et. al.* (2008) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของฟูมซิลิกา ต่อปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเติมฟูมซิลิกาลงไปในน้ำยางผสมสารเคมีจะส่งผลให้ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีค่าลดลง ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้อธิบายถึงกลไกการเข้าไปแทนที่ตำแหน่งโปรตีนด้วยฟูมซิลิกาในอนุภาคของน้ำยาง จากนั้นโปรตีนที่ถูกแทนที่ จะถูกกำจัดออกโดยการล้าง จากงานวิจัยดังกล่าวจึงเกิดเป็นข้อสันนิษฐานของงานวิจัยนี้ขึ้นมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. ผลวิเคราะห์เฟสของ $CaCO_3$และ talcum บนผิวของถุงมือยาง**




***ภาพที่ 30*** ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ $CaCO_3$ และ talcum บนผิวของถุงมือยาง ด้วย XRD

จากภาพที่ 30 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบ และความสัมพันธ์ของค่า intensity จากถุงมือยางที่เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ ด้วยปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจาก peak pattern จะพบว่า ถุงมือยางที่เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ จะมีเฟสของ $CaCO_3$ และเฟสของ talcum อยู่บริเวณผิวของถุงมือยาง เมื่อเทียบกับ peak pattern ของถุงมือยางที่ไม่ได้เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ ที่จะพบเพียงเฟสของ talcum อยู่บริเวณผิวของถุงมือยางเท่านั้น โดยมีข้อสังเกตว่า หากมีการใช้ talcum เพื่อช่วยในการถอดถุงมือยางที่มีปริมาณมากขึ้นเท่าใด ผลวิเคราะห์ peak pattern ของ talcum ที่พบในชิ้นงานก็จะมากขึ้นเท่านั้น ซึ่ง talcum เหล่านี้จัดเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ จึงควรที่จะควบคุมปริมาณการใช้ talcum ให้น้อยที่สุด เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในชิ้นงานอีกทางหนึ่ง

### 3. ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นค่าความกว้าง ความยาว ความหนา และการรั่วซึมของถุงมือยาง Glove_1, Glove_2, Glove_3, Glove_4, Glove_5 และ Glove_6 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ค่าดังกล่าว พบว่าการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่นั้น แทบไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของถุงมือยางเลย โดยค่าสมบัติทางกายีภาพของชิ้นงานทั้งหมด ยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1056-2548

**ตารางที่ 4** ขนาด ความหนา และการรั่วซึมของถุงมือยาง

| ตัวอย่าง | ขนาด | มิติ | | | การรั่วซึมน้ำ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ความกว้าง (มิลลิเมตร) | ความยาว (มิลลิเมตร) | ความหนา (มิลลิเมตร) | |
| Glove_1 | M | 90 ± 10 | 242± 5 | 0.35 | ไม่รั่วซึมน้ำ |
| Glove_2 | M | 90 ± 10 | 238± 5 | 0.39 | ไม่รั่วซึมน้ำ |
| Glove_3 | M | 90± 10 | 236± 5 | 0.39 | ไม่รั่วซึมน้ำ |
| Glove_4 | M | 90 ± 10 | 240± 5 | 0.3 | ไม่รั่วซึมน้ำ |
| Glove_5 | M | 90 ± 10 | 245± 5 | 0.33 | ไม่รั่วซึมน้ำ |
| Glove_6 | M | 90 ± 10 | 233± 5 | 0.31 | ไม่รั่วซึมน้ำ |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

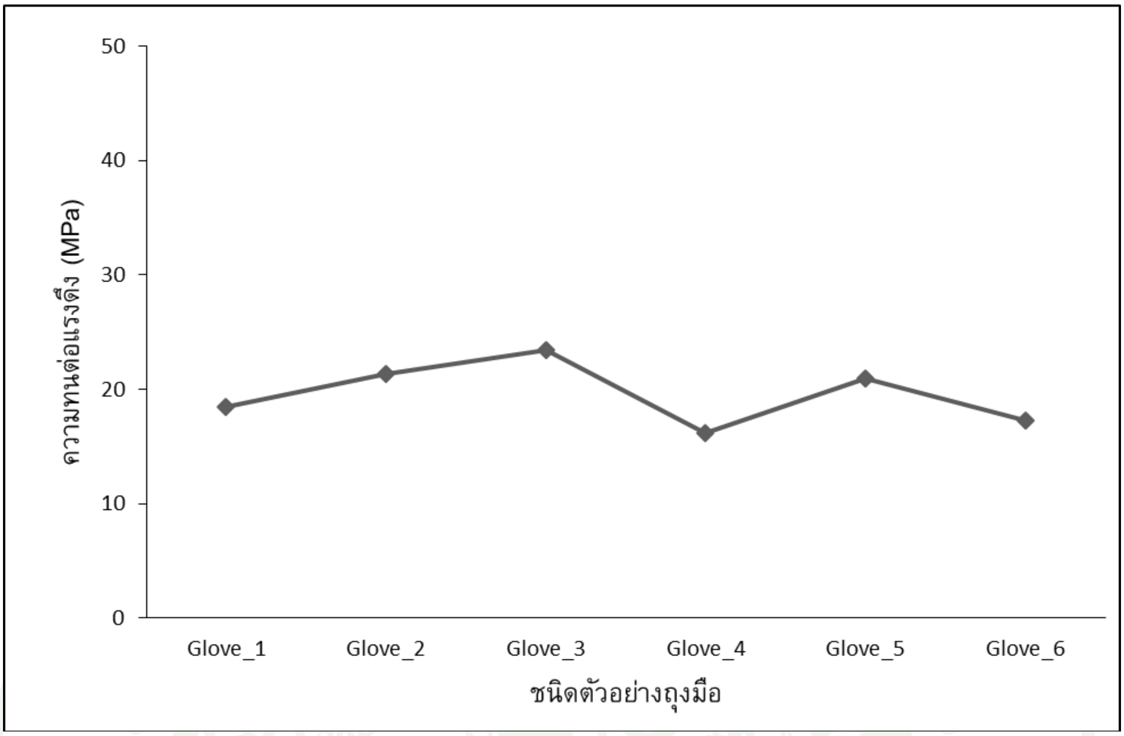
**4. ผลวิเคราะห์สมบัติเชิงกล**

จากตารางที่ 5 แสดงถึงค่าความแข็งแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง Glove_1, Glove_2, Glove_3, Glove_4, Glove_5 และ Glove_6

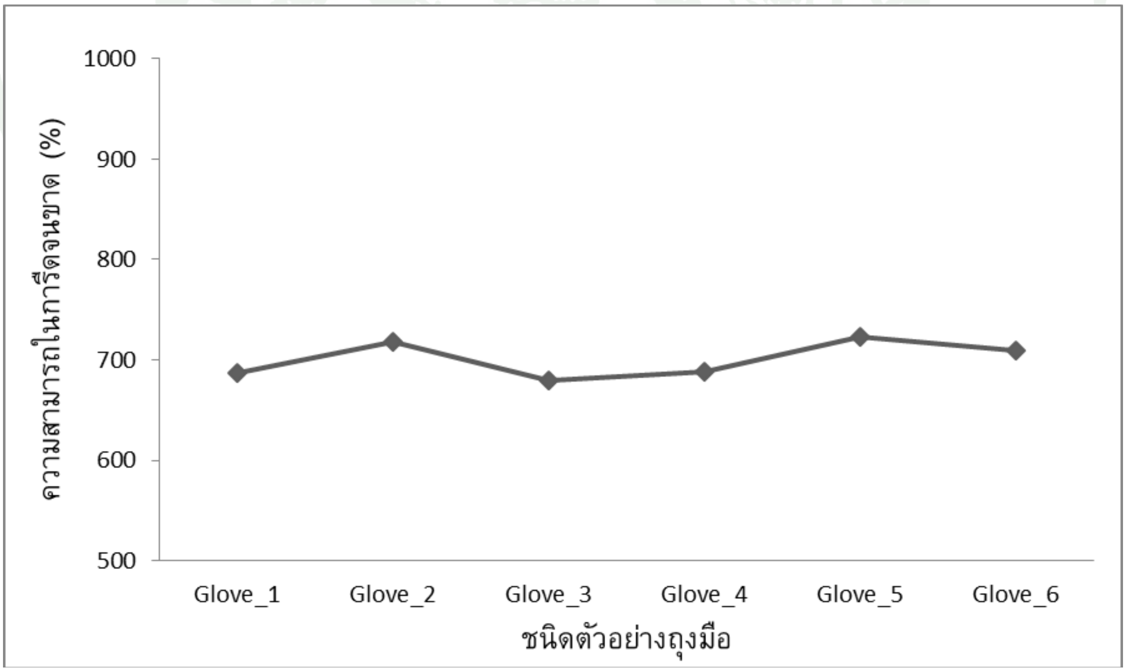
**ตารางที่ 5** ค่าความแข็งแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง

| ชิ้นงานตัวอย่าง | ความแข็งแรงดึง (MPa) | ความสามารถในการยืดจนขาด (%) |
|---|---|---|
| Glove_1 | 18.488 | 686.668 |
| Glove_2 | 21.363 | 717.898 |
| Glove_3 | 23.415 | 679.14 |
| Glove_4 | 15.865 | 688.745 |
| Glove_5 | 20.943 | 722.45 |
| Glove_6 | 17.245 | 709.733 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 31** กราฟแสดงค่าความทนต่อแรงดึงของถุงมือยาง




**ภาพที่ 32** กราฟแสดงค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง

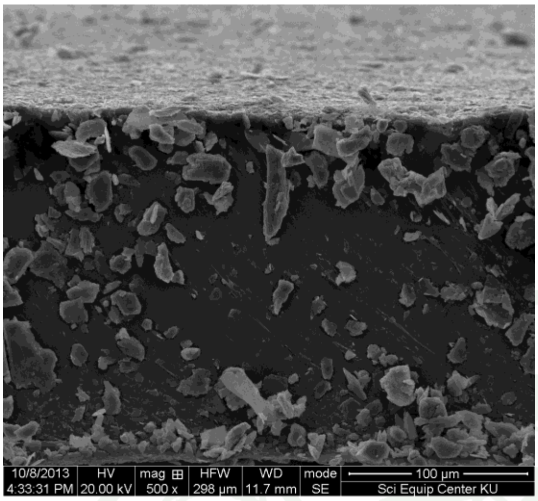
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

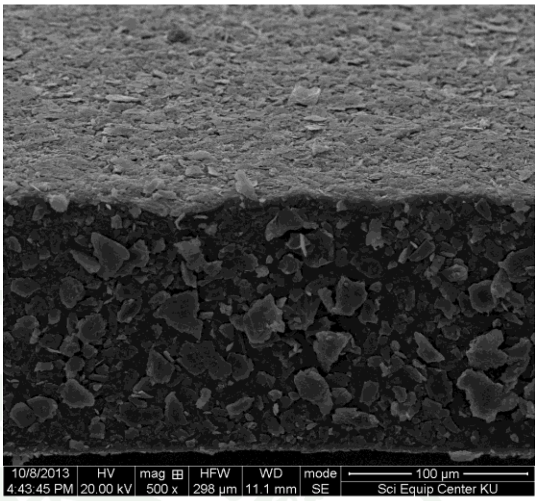
เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มของค่าความทนต่อแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาดของถุงมือยาง จากภาพที่ 31 และภาพที่ 32 พบว่าการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่นั้น แทบไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติเชิงกลของถุงมือยาง โดยค่าสมบัติเชิงกลของชิ้นงานทั้งหมด ยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1056-2548 แต่มีข้อสังเกตว่าค่าสมบัติเชิงกลที่ได้นั้น มาจากการเตรียม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 34 ไมครอน ซึ่งหากต้องการให้ถุงมือยางมีค่าสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมกว่านี้ควรเตรียมสารที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ไมครอน

**5. ผลวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค**

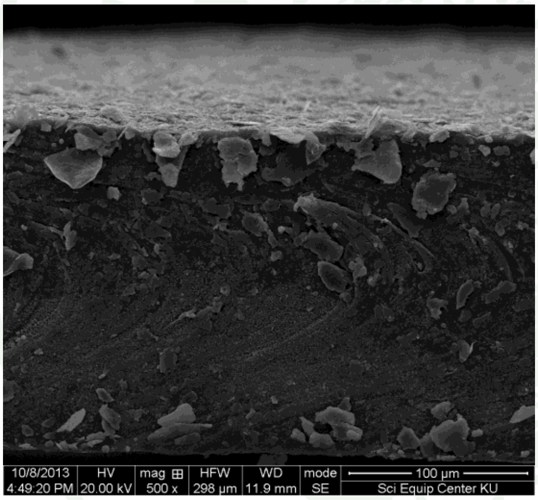
การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ภาคตัดขวางของถุงมือยาง เพื่อดูลักษณะพื้นผิวจากภาพที่ 33 ซึ่งเป็นผลวิเคราะห์ภาคตัดขวางของถุงมือยาง แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่นั้น มีลักษณะพื้นผิวของถุงมือยางที่แตกต่างเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ดังภาพที่ 33(ก) ซึ่งมีข้อสันนิษฐานว่าลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวางที่แตกต่างกันเล็กน้อยนี้อาจมาจากหลายปัจจัย เช่น ความแตกต่างในตำแหน่งของชิ้นงานที่นำมาวิเคราะห์ อาจมี $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ทำอันตรกิริยากับโปรตีนบริเวณผิวของถุงมือยาง หรืออาจเกิดจากขนาดอนุภาคของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่

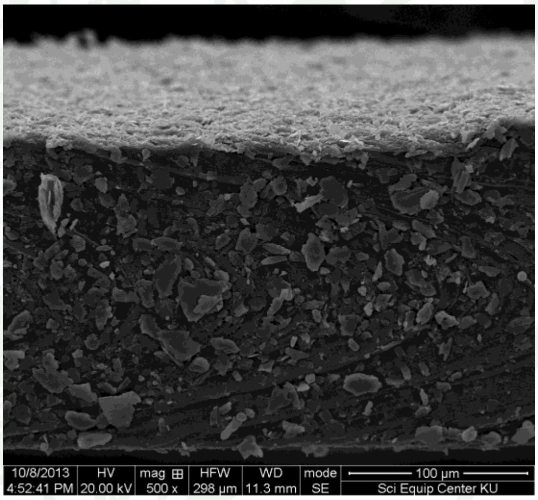
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




(ก) (ข)

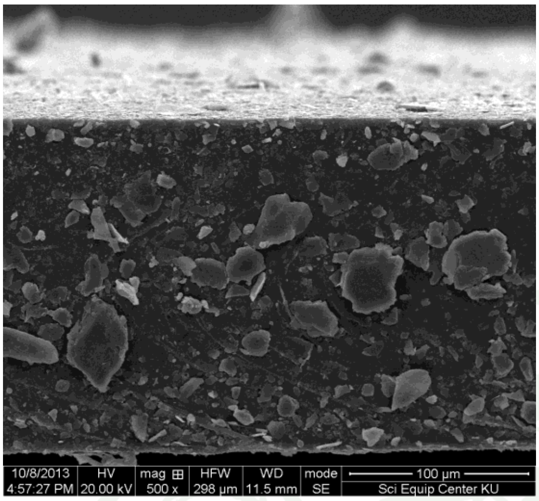


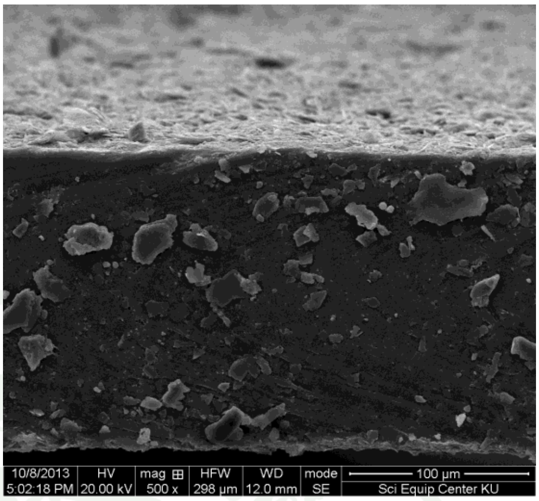

(ค) (ง)

**ภาพที่ 33** ลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวางของถุงมือยาง ที่กำลังขยาย 500x
(ก) 0% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ (ข) 10% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่
(ค) 20% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ (ง) 30% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่
(จ) 40% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ (ฉ) 50% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




(จ)




(ฉ)

**ภาพที่ 33 (ต่อ)**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ และอิทธิพลของการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมในกระบวนการผลิตถุงมือยาง เปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตถุงมือยางที่ไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม โดยพิจารณาความสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางความสัมพันธ์ต่อเฟสของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ที่พบบริเวณผิวของถุงมือยาง ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อขนาด ความหนา และการรั่วซึม อิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล ทั้งค่าความแข็งแรงดึงและค่าความสามารถในการยืดจนขาด ไปจนถึงอิทธิพลต่อลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวาง ในเชิงโครงสร้างทางจุลภาค

จากผลการศึกษาพบว่า การเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมในกระบวนการผลิตถุงมือยาง 50% โดยน้ำหนัก มีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ 542.36 $\mu g/g$ ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ การเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่นั้น แทบไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของถุงมือยางเลย โดยค่าสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานทั้งหมด ยังคงเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 1056-2548 และผลวิเคราะห์ภาคตัดขวางของถุงมือยางของชิ้นงานที่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่นั้น มีลักษณะพื้นผิวของถุงมือยางที่แตกต่างเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการศึกษาพบว่า การเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมในกระบวนการผลิตถุงมือยางระหว่าง 10%, 20%, 30%, 40% และ 50% โดยน้ำหนัก มีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 874.76 μg/g, 708.02 μg/g, 693.13 μg/g, 675.37 μg/g และ 542.36 μg/g ตามลำดับ เปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตถุงมือยางที่ไม่มีการเติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ซึ่งมีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ 880.28 μg/g พบความสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางของกระบวนการผลิตถุงมือยางที่มีการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม โดยเกิดแนวโน้มที่ทำให้วัดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางได้น้อยลง แต่ค่าปริมาณ $CaCO_3$ ที่ตรวจพบบริเวณผิวของถุงมือยางกลับมีแนวแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม 50% โดยน้ำหนัก จะส่งผลทำให้วัดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีค่าน้อยที่สุด แต่ค่าปริมาณ $CaCO_3$ ที่ตรวจพบบริเวณผิวของถุงมือยางจะวัดค่าได้มากที่สุด สำหรับความสัมพันธ์ต่อผลการวิเคราะห์เฟสของการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติมนั้นจะพบว่า ถุงมือยางที่เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ จะมีเฟสของ $CaCO_3$ และเฟสของ talcum อยู่บริเวณผิวของถุงมือยาง เมื่อเทียบกับถุงมือยางที่ไม่ได้เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ ที่จะพบเพียงเฟสของ talcum อยู่บริเวณผิวของถุงมือยางเท่านั้น ส่วนผลวิเคราะห์อิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อขนาด ความหนา และการรั่วซึม อิทธิพลต่อสมบัติเชิงกล ทั้งค่าความแข็งแรงดึง และค่าความสามารถในการยืดจนขาด ไปจนถึงอิทธิพลต่อลักษณะพื้นผิวภาคตัดขวาง ในเชิงโครงสร้างทางจุลภาคของถุงมือยางที่มีการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม พบว่าแทบไม่มีความแตกต่างกับถุงมือยางที่ไม่ได้เติม $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ และยังคงเป็นไปตามมาตรฐานทุกชิ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ข้อเสนอแนะ**

1. ผลวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ มาจากการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ที่มีขนาด 34 ไมครอนเป็นสารตัวเติม มีข้อสังเกตที่น่าสนใจว่า หากลองเตรียม $CaCO_3$ ที่มีขนาดอนุภาคเล็กลงกว่านี้ อาจช่วยส่งผลให้วัดค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ลดลงมากกว่านี้

2. การวิเคราะห์ผลค่า tensile นั้น ควรลองวิเคราะห์ผลหลังผ่านกระบวนการบ่มเร่งถุงมือยางมาแล้ว 22 ชั่วโมง เพื่อเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ทั้งช่วยเปรียบเทียบว่า การบ่มเร่งจะมีอิทธิพลต่อผลวิเคราะห์ด้วยหรือไม่

3. ควรนำถุงมือยางสำเร็จรูปที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน อย. มาวิเคราะห์ผลร่วมกันด้วย เพื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำได้กับถุงมือยางที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเอง ว่าถุงมือแต่ละประเภทมีความแตกต่างในเรื่องคุณภาพมากน้อยเพียงใด โดยเฉพาะในเชิงค่าปริมาณโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำได้

4. เนื่องจากการศึกษานี้ ได้มีการใช้ $CaCO_3$ ที่เตรียมมาจากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ดังนั้นควรพิจารณา $CaCO_3$ ทางการค้ามาใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยางด้วย เพื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ที่ได้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะอิทธิพลต่อค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง ทั้งนี้ ควรมีการวิเคราะห์ผลด้วย XRD ในเชิงการเปรียบเทียบเฟส และวิเคราะห์ผลด้วย SEM ในเชิงเปรียบเทียบพื้นผิวของถุงมือยางที่มีการใช้ $CaCO_3$ ทางการค้าเป็นสารตัวเติม

5. ควรมีการพิจารณาผลวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในถุงมือยางที่มีการใช้ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่เป็นสารตัวเติม ในกรณีที่ไม่ผ่านการล้างถุงมือยาง เพื่อเปรียบเทียบว่าการล้างถุงมือยางนั้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางอย่างมีนัยสำคัญมากน้อยเพียงใด

6. ควรเพิ่มปริมาณ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ 60% $CaCO_3$ หรือมากกว่า 60% $CaCO_3$ โดยเติมในน้ำยางผสมสารเคมี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำในถุงมือยาง โดยต้องพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ของถุงมือยางด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง


ชญาภา นิ่มสุวรรณ. 2550. การแพ้โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ วิธีการตรวจสอบและเทคโนโลยีการแก้ไข. **วารสารยางพารา** 1(2) : 11-24.

ณพรัตน์ วิชิตชลชัย. ม.ป.ป.. **การผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง.** กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.

________. 2550. **กระบวนการผลิตน้ำยางข้น.** สถาบันวิจัยยาง ข้อมูลวิชาการยางพารา.

________. 2553. **โปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ.** สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทาศาสตร์. (อัดสำเนา)

นุชนาฏ ณ ระนอง. 2541. **เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 3**. 17 หน้า

พงษ์ธร แซ่อุย. 2548. **สารเคมียาง**. พิมพ์ครั้งที่ 1 ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, ปทุมธานี.

พรรษา อดุลยธรรม. 2544. รายงานผลโครงการวิจัย สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ปี 2544. หน้า 23-24.

มอก.980. 2552. ข้อกำหนดมาตรฐานน้ำยางข้นไทย.

นุชนาฏ ณ ระนอง ณพรัตน์  วิชิตชลชัย วิภาวี พัฒนกุล สุมนา แจ่มเหมือน และจรัสศรี พันธุ์ไม้. 2547. **เทคโนโลยีการถุงมือยางทางการแพทย์ที่มีโปรตีนต่ำ.** *ใน* รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2525. **น้ำยาง**.เอกสารฉบับที่ 109. ตุลาคม. 218 หน้า.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2532. การผลิตถุงมือยาง. **วารสารยางพารา** 9(2): 60-94.


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วราภรณ์ ขจรไชยกูล.2537. **ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ.** สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2554. น้ำยางธรรมชาติ. **วารสารยางพารา**. 2(1): 19-27.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล และนุชนาฏ ณ ระนอง. 2554. **การวิจัยและพัฒนาคุณภาพถุงมือยางทางการแพทย์**. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการ งานมหกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยาง.

สมกิต ชื่นอารมณ์ และอดิศัย รุ่งวิชานิวัฒน์. 2539. **ความเสถียรและไม่เสถียรของน้ำยาง**. (อัดสำเนา)

Amdur, S. 1999. **Removing natural latex proteins from dipped rubber goods with fumed silica and additives.** American Chemistry Society Orlando: Florida. 17 p.

Esah Yip., T. Palosuo, H. Alenius and K.Turjanmaa. 1997. Correlation between Total Extractable Proteins and Allergen Levels of Natural Rubber Latex Gloves. **Journal of Natural Rubber Research.** 12(2): 120-130.

Fong, C.S. 1992. Protein in natural rubber concentrated latex. **J nat Rubb**. 7(2):102-112.

George, KM., et al.. 2007. Stabilised liquid papain can deproteinise NR latex. **Rubber Asia**. 21(5). p. 81-84.

Hamann C.P. 1993. Natural Latex Protein Sensitivity in Review. **American Journal of Contact Dermatitis**. 4(1).

Hoffmann-Sommergruber K. Pathogenesisrelated. 2002. (PR)-proteins identified as allergens. **Biochemical Society Transactions**. 30: 930-938.

Ridlen S. F., H. S. Johnson and K. W. Koelkebeck.1992. **From Egg to Chick**., pp. 1-16. Circular LA0950. University of Illinois Urbana Illinois.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Subramanium A. 1995. The Chemistry of Natural Rubber Latex in “Latex Allergy”. **Immunology and Allergy Clinics of North America**. 15(1): 3.

Sunderasan E., S. Hamid, M.J. Cardosa and H.Y. Yeang. 1994. Allergenic Proteins of Heveabrasiliensis Latex Fraction. **Journal of Natural Rubber Research.** 9(2): 127-130.

Schloman JR, WW., VH. Teetor and DT. Ray. 2006. Protein level affect the cure efficiency and allergenetic potential of polyisoprene lattices. **Rubber Chemistry and Technology**. 79. 4 p.

Tomazic, VT. 1997. Adverse reactions to natural rubber latex. **User Facility Reporting Bulletin**, no. 19, 4 p.

Vandenplas, O., J.P. Delwiche, G. Evrard, P. Aimont, X.Vanderbrempt, J. Jamart and L. Delaunois 1995. Prevalence of occupational asthma due to latex among hospital personnel. **Am J Res Critic Care Medicine**. 151: 54- 60.

Yip, E., Turjanmaa K., Ng K.P. and Mok K.L. 1994. Allergic Responses and Levels of Extractable Proteins in NR Latex Gloves and Dry Rubber Products. **Journal of Natural RubberResearch**. 9(2): 79-86.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก ก

น้ำหนักแห้งของสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1** น้ำหนักแห้งของน้ำยางและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

| น้ำยางและสารเคมี | น้ำหนักแห้ง (กรัม) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Glove_1 | Glove_2 | Glove_3 | Glove_4 | Glove_5 | Glove_6 |
| 60% Latex | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 10% KOH | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 10% Teric 16A16 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 50% Sulfur | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 50% ZDEC | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 50% ZMBT | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 50% $TiO_2$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50% WSL | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50% $ZnO_2$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10% $CaCO_3$ | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $H_2O$ | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 | 170.5 |
| Total | 275.32 | 276.32 | 277.32 | 278.32 | 279.32 | 280.32 |

สูตรคำนวณน้ำหนักแห้ง

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} \times \text{ความเข้มข้น}}{100}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ข**

ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ Talcum บนผิวถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## Name and formula

| | |
|---|---|
| Reference code: | 00-029-1493 |
| Mineral name: | Talc-2*M* |
| PDF index name: | Magnesium Silicate Hydroxide |
| Empirical formula: | $H_2Mg_3O_{12}Si_4$ |
| Chemical formula: | $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ |

## Crystallographic parameters

| | |
|---|---|
| Crystal system: | Monoclinic |
| Space group: | C2/c |
| Space group number: | 15 |
| a (?): | 5.3190 |
| b (?): | 9.1260 |
| c (?): | 18.9750 |
| Alpha (?): | 90.0000 |
| Beta (?): | 99.7500 |
| Gamma (?): | 90.0000 |
| Volume of cell (10^6 pm^3): | 907.77 |
| Z: | 4.00 |
| RIR: | - |

## Subfiles and Quality

| | |
|---|---|
| Subfiles: | Inorganic<br>Mineral<br>Corrosion<br>Forensic |
| Quality: | Blank (B) |

## Comments

| | |
|---|---|
| Sample source: | Specimen from Rockland, Maine, USA. |

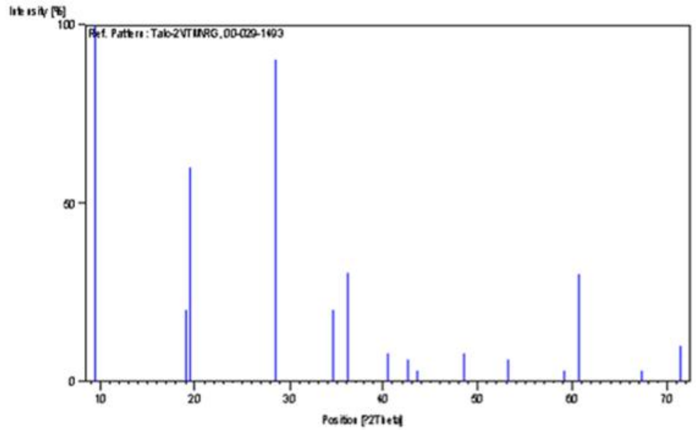
## References

| | |
|---|---|
| Primary reference: | Brindley, G., Penn State University, University Park, I *Aid* (1977) |
| Unit cell: | Perdikatsis, B., Burzlaff, H., *Z. Kristallogr.*, **156**, 177, (1981) |

## Peak list

| No. | h | k | l | d [A] | 2Theta[deg] | I [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 2 | 9.31000 | 9.492 | 100.0 |
| 2 | 0 | 0 | 4 | 4.67000 | 18.988 | 20.0 |
| 3 | -1 | 1 | 1 | 4.55000 | 19.494 | 60.0 |
| 4 | 0 | 0 | 6 | 3.12000 | 28.587 | 90.0 |
| 5 | -1 | 3 | 2 | 2.59200 | 34.577 | 20.0 |
| 6 | 1 | 3 | 2 | 2.48100 | 36.176 | 30.0 |
| 7 | 0 | 4 | 2 | 2.22700 | 40.472 | 8.0 |
| 8 | 2 | 0 | 4 | 2.12200 | 42.570 | 6.0 |
| 9 | 1 | 3 | 5 | 2.07100 | 43.671 | 3.0 |
| 10 | 0 | 0 | 10 | 1.87300 | 48.569 | 8.0 |
| 11 | -3 | 1 | 1 | 1.72200 | 53.145 | 6.0 |
| 12 | 0 | 0 | 12 | 1.56300 | 59.054 | 3.0 |
| 13 | -3 | 3 | 1 | 1.52400 | 60.722 | 30.0 |
| 14 | -1 | 3 | 12 | 1.39000 | 67.307 | 3.0 |
| 15 | 2 | 4 | 8 | 1.31900 | 71.465 | 10.0 |

## Stick Pattern




**ภาพผนวก ข1** ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ Talcum บนผิวถุงมือยาง

**ภาคผนวก ค**

ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่
บนผิวถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## Name and formula

| | |
|---|---|
| Reference code: | 01-072-1652 |
| Mineral name: | Calcite |
| ICSD name: | Calcium Carbonate |
| Empirical formula: | $CCaO_3$ |
| Chemical formula: | $CaCO_3$ |

## Crystallographic parameters

| | |
|---|---|
| Crystal system: | Rhombohedral |
| Space group: | R-3c |
| Space group number: | 167 |
| a (?): | 4.9900 |
| b (?): | 4.9900 |
| c (?): | 17.0020 |
| Alpha (?): | 90.0000 |
| Beta (?): | 90.0000 |
| Gamma (?): | 120.0000 |
| Calculated density (g/cm^3): | 2.72 |
| Volume of cell (10^6 pm^3): | 366.63 |
| Z: | 6.00 |
| RIR: | 3.20 |

## Subfiles and Quality

| | |
|---|---|
| Subfiles: | Inorganic<br>Mineral<br>Pharmaceutical<br>ICSD Pattern |
| Quality: | Calculated (C) |

## Comments

| | |
|---|---|
| Additional pattern: | See PDF 85-1108. |
| ICSD collection code: | 018166 |
| Test from ICSD: | At least one TF missing. |

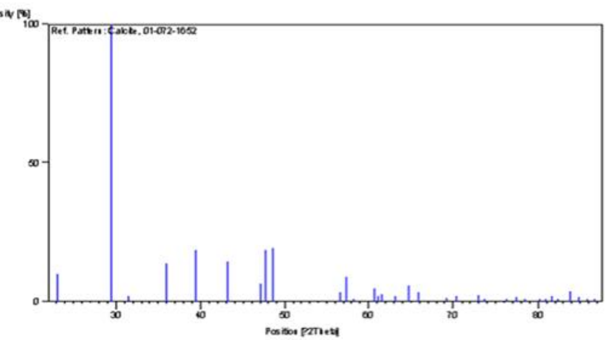
## References

| | |
|---|---|
| Primary reference: | *Calculated from ICSD using POWD-12++*, (1997) |
| Structure: | Chessin, H., Hamilton, W.C., *Acta Crystallogr.*, **18**, 689, (196 |

## Peak list

| No. | h | k | l | d [A] | 2Theta[deg] | I [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3.85229 | 23.069 | 9.8 |
| 2 | 1 | 0 | 4 | 3.03034 | 29.452 | 100.0 |
| 3 | 0 | 0 | 6 | 2.83367 | 31.547 | 2.1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 2.49500 | 35.966 | 13.9 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 2.28351 | 39.429 | 18.4 |
| 6 | 2 | 0 | 2 | 2.09415 | 43.164 | 14.5 |
| 7 | 0 | 2 | 4 | 1.92614 | 47.146 | 6.3 |
| 8 | 0 | 1 | 8 | 1.90710 | 47.646 | 18.4 |
| 9 | 1 | 1 | 6 | 1.87258 | 48.580 | 19.3 |
| 10 | 2 | 1 | 1 | 1.62588 | 56.559 | 3.2 |
| 11 | 1 | 2 | 2 | 1.60402 | 57.401 | 8.8 |
| 12 | 1 | 0 | 10 | 1.58215 | 58.270 | 1.0 |
| 13 | 2 | 1 | 4 | 1.52466 | 60.693 | 4.8 |
| 14 | 2 | 0 | 8 | 1.51517 | 61.114 | 2.1 |
| 15 | 1 | 1 | 9 | 1.50610 | 61.521 | 2.6 |
| 16 | 1 | 2 | 5 | 1.47231 | 63.093 | 2.0 |
| 17 | 3 | 0 | 0 | 1.44049 | 64.654 | 5.7 |
| 18 | 0 | 0 | 12 | 1.41683 | 65.869 | 3.2 |
| 19 | 2 | 1 | 7 | 1.35539 | 69.267 | 1.1 |
| 20 | 0 | 2 | 10 | 1.33615 | 70.410 | 1.8 |
| 21 | 1 | 2 | 8 | 1.29507 | 72.996 | 2.4 |
| 22 | 3 | 0 | 6 | 1.28410 | 73.722 | 0.5 |
| 23 | 2 | 2 | 0 | 1.24750 | 76.264 | 1.0 |
| 24 | 1 | 1 | 12 | 1.23204 | 77.397 | 1.7 |
| 25 | 2 | 2 | 3 | 1.21833 | 78.434 | 0.1 |
| 26 | 1 | 3 | 1 | 1.19559 | 80.224 | 0.1 |
| 27 | 3 | 1 | 2 | 1.18682 | 80.939 | 0.5 |
| 28 | 2 | 1 | 10 | 1.17788 | 81.683 | 2.1 |
| 29 | 0 | 1 | 14 | 1.16914 | 82.426 | 0.3 |
| 30 | 1 | 3 | 4 | 1.15357 | 83.788 | 3.7 |
| 31 | 2 | 2 | 6 | 1.14175 | 84.856 | 1.8 |
| 32 | 3 | 1 | 5 | 1.13039 | 85.914 | 0.1 |
| 33 | 1 | 2 | 11 | 1.12266 | 86.650 | 0.5 |

## Stick Pattern

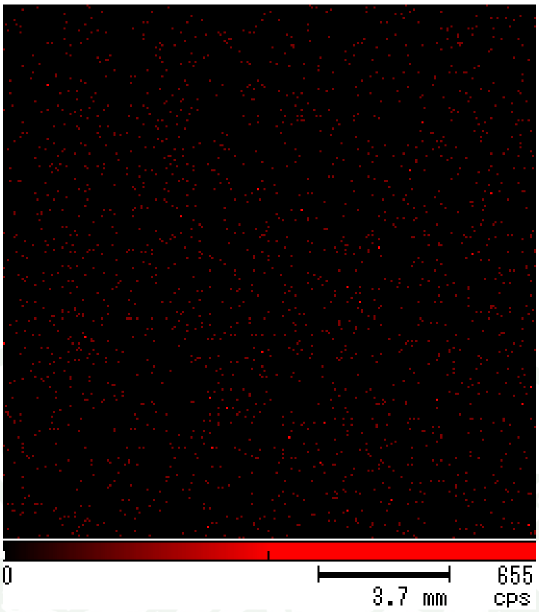



**ภาพผนวก ค1** ฐานข้อมูลมาตรฐานรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ บนผิวถุงมือยาง

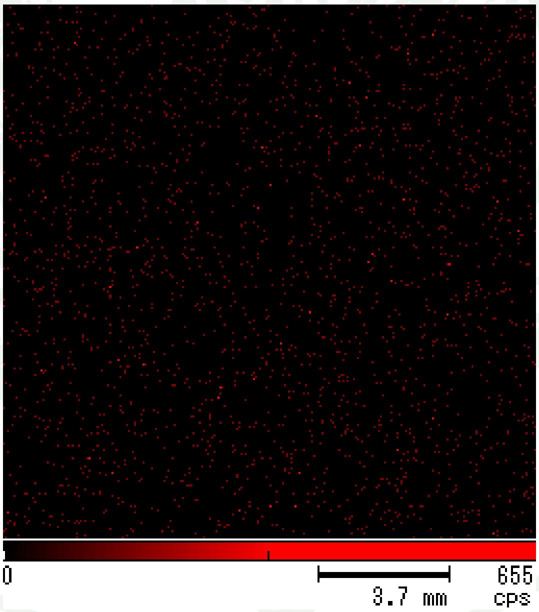
**ภาคผนวก ง**

การกระจายตัวของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

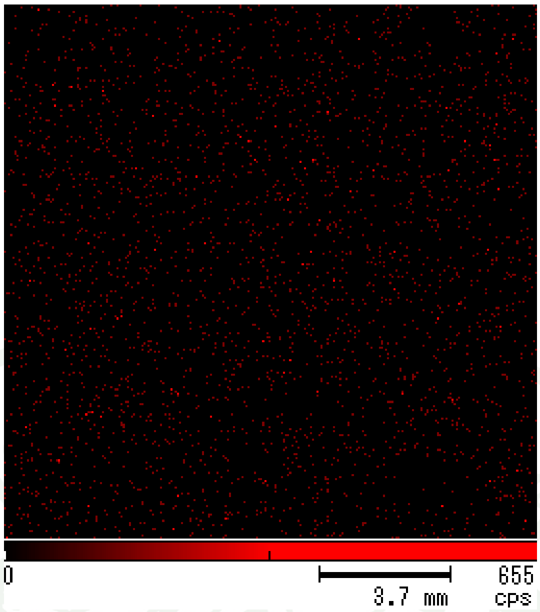



**ภาพผนวกที่ ง1** การกระจายตัวของ 10% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

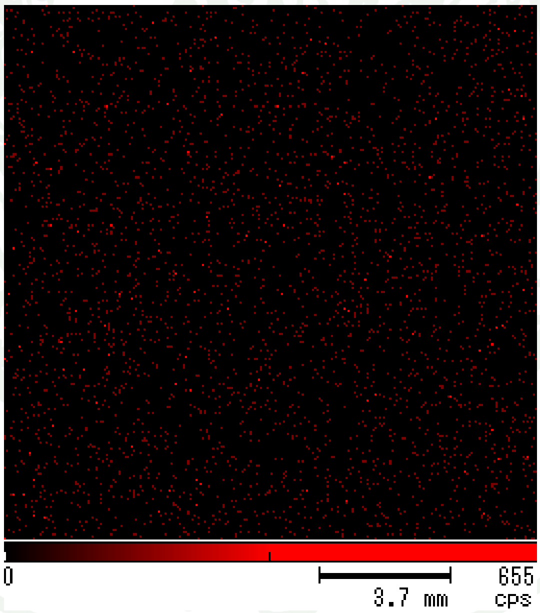



**ภาพผนวกที่ ง2** การกระจายตัวของ 20% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

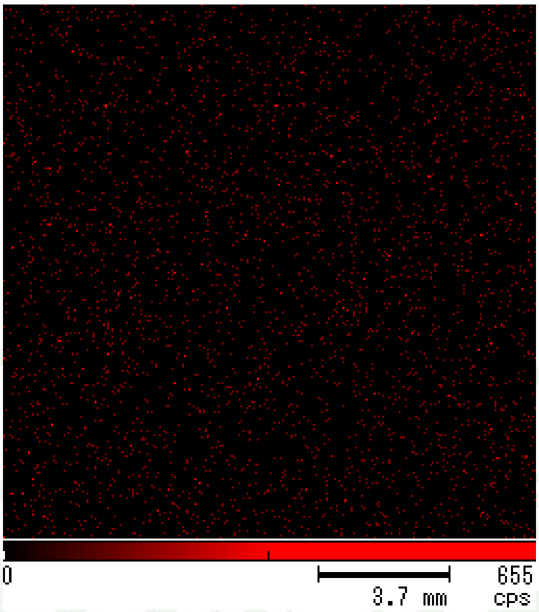



**ภาพผนวกที่ ง3** การกระจายตัวของ 30% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง




**ภาพผนวกที่ ง4** การกระจายตัวของ 40% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพผนวกที่ ง5** การกระจายตัวของ 50% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง

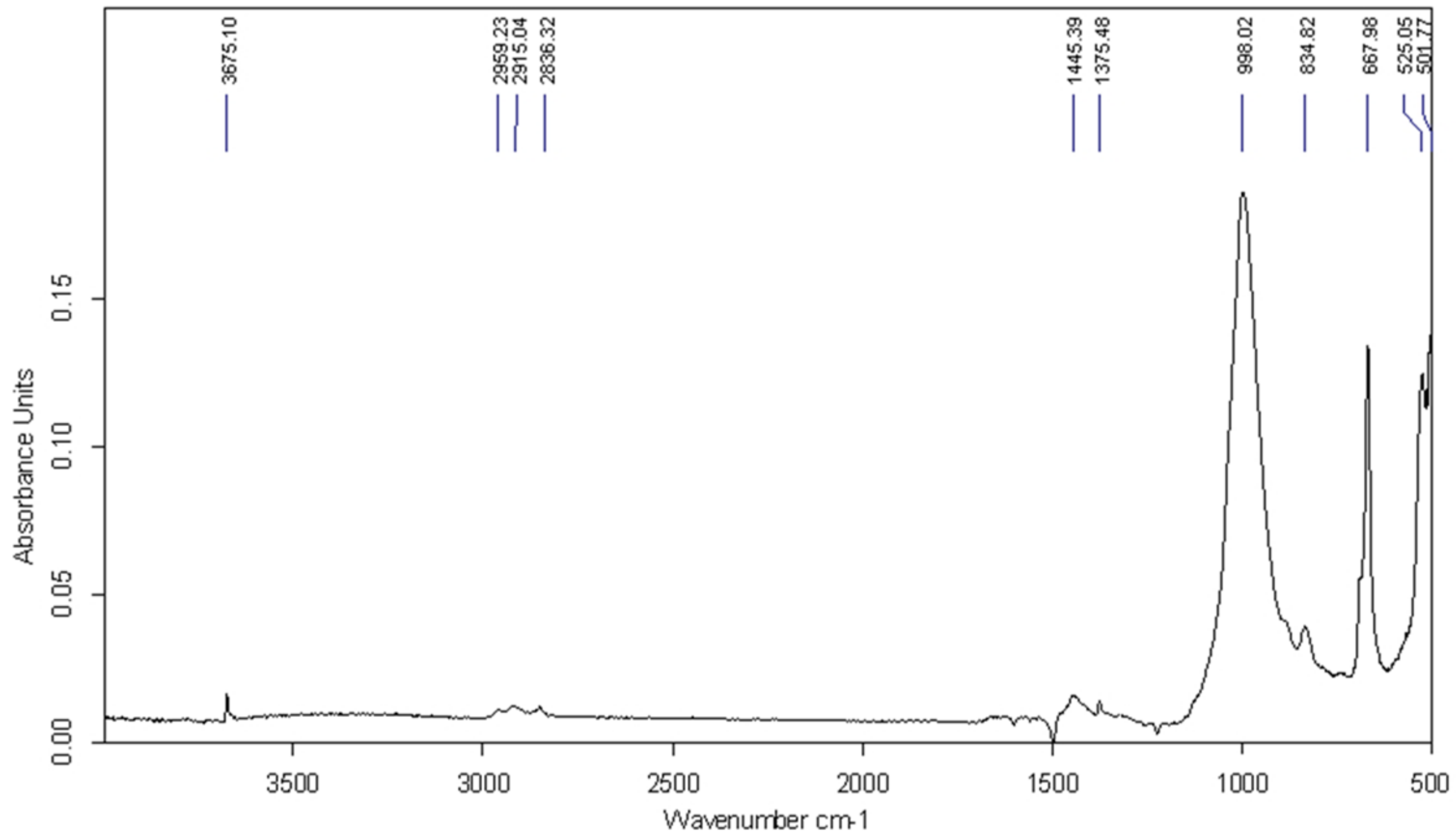
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก จ**

ผลการวิเคราะห์ FTIR

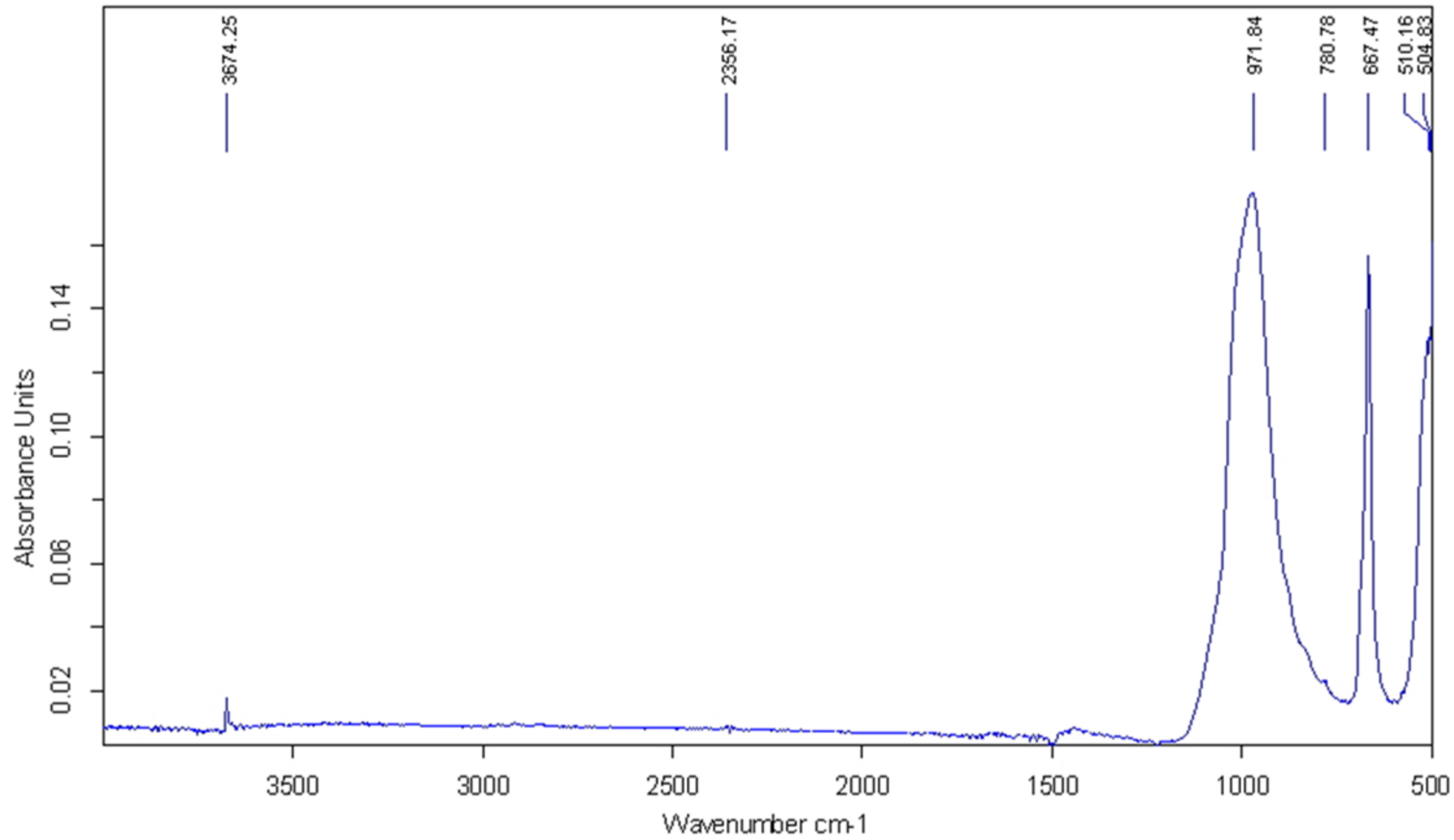
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง1** ผลการวิเคราะห์ FTIR 0% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง



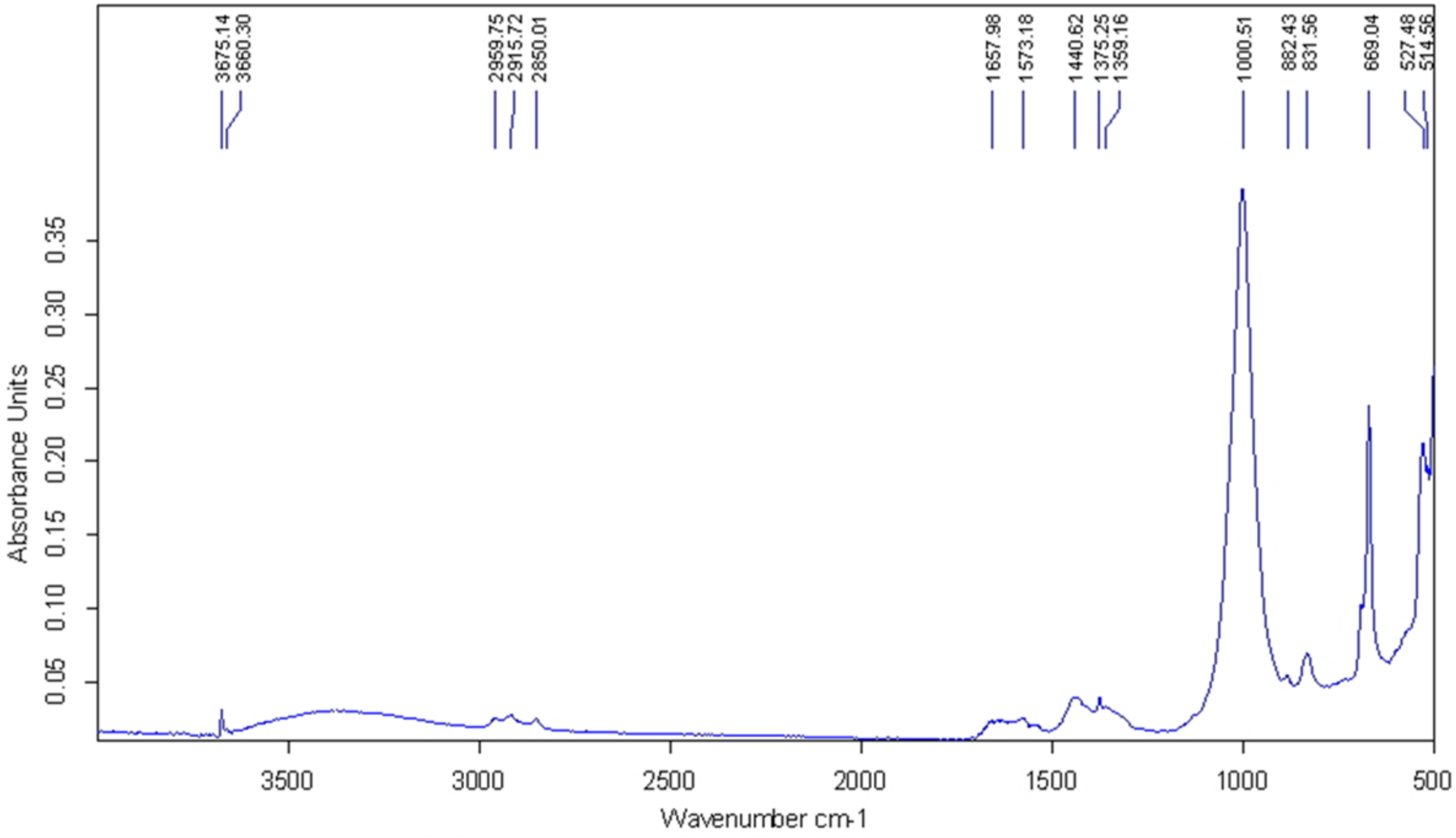

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก จ2** ผลการวิเคราะห์ FTIR 10% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง



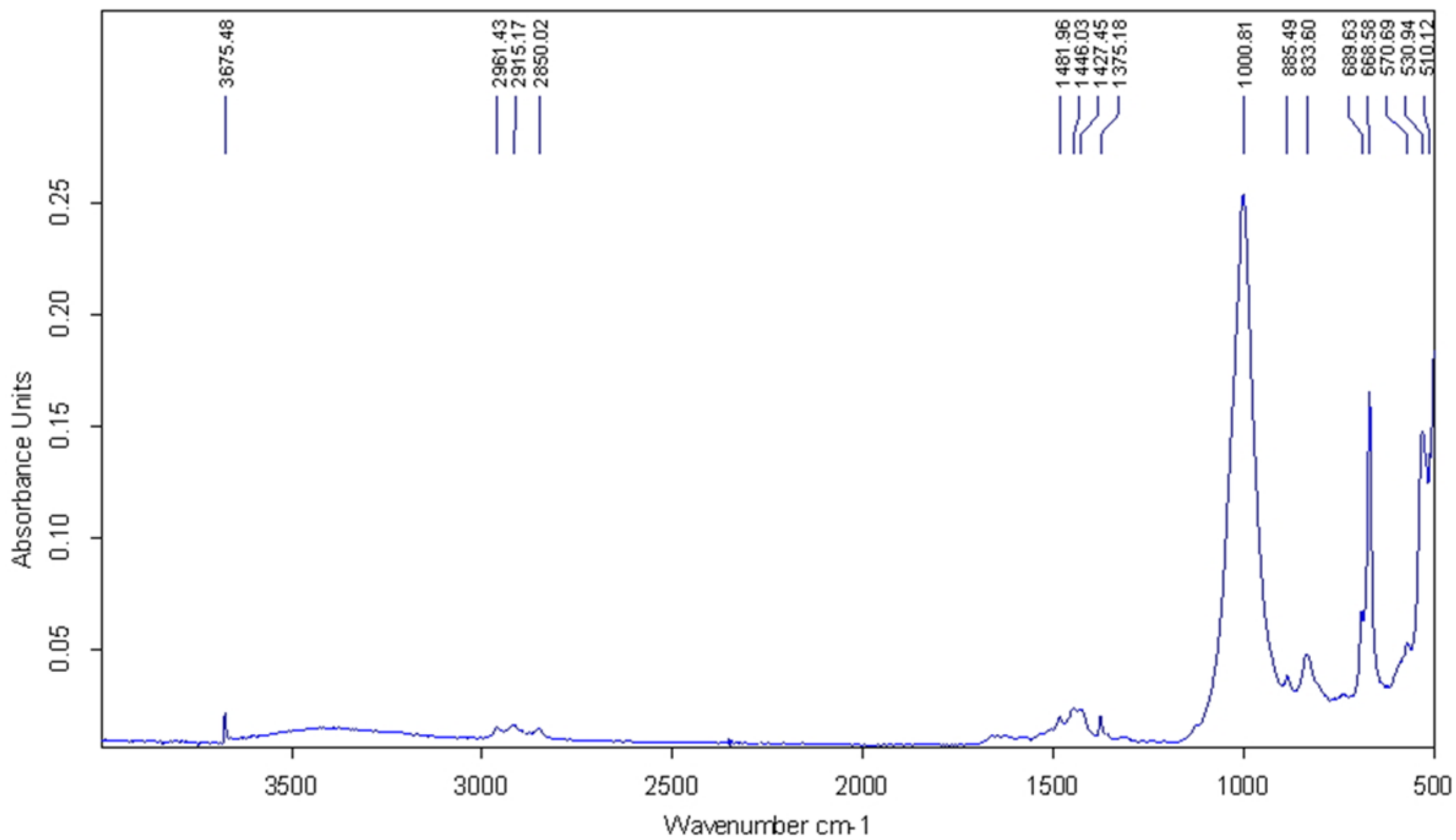

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง3** ผลการวิเคราะห์ FTIR 20% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง



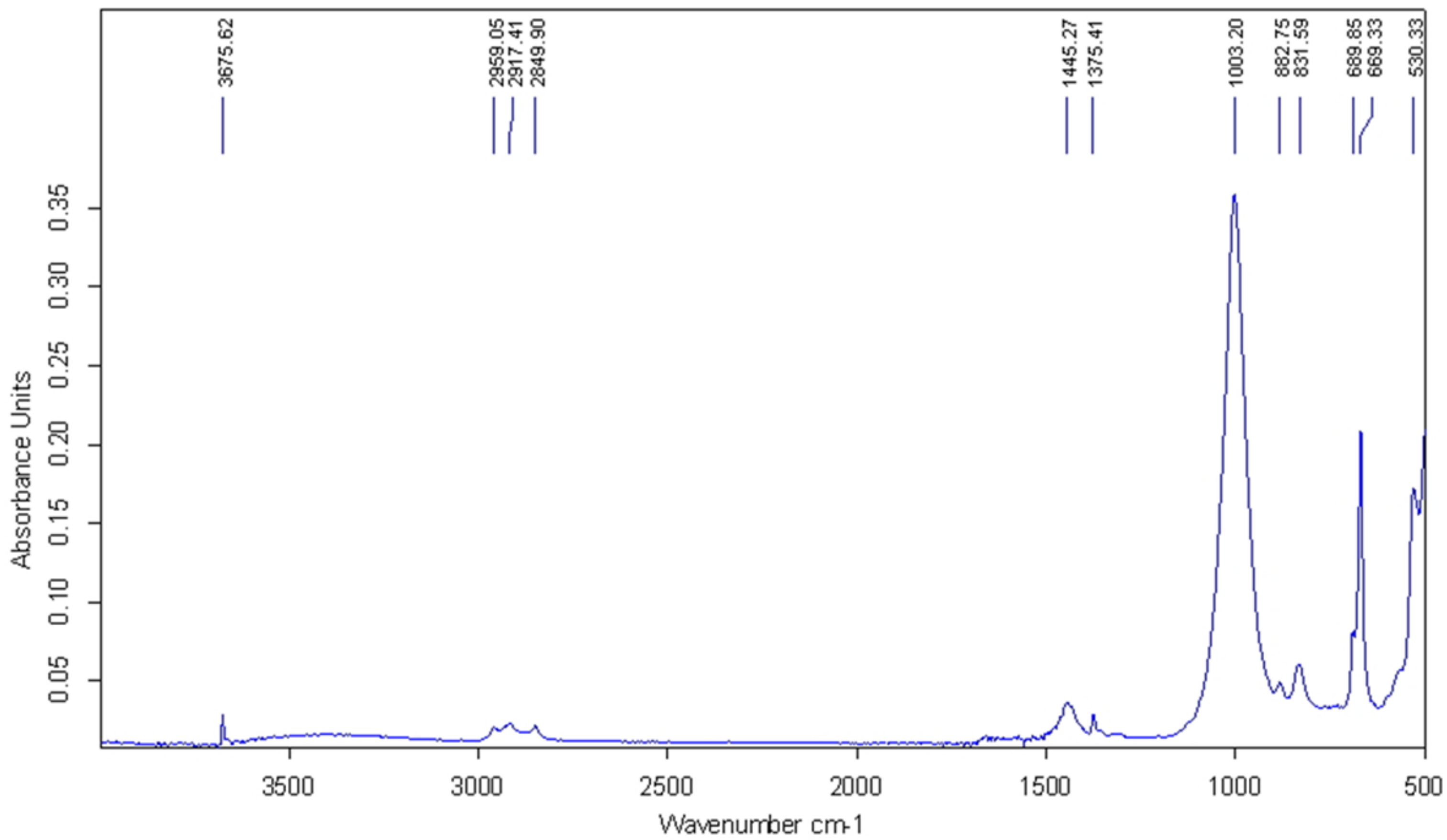

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง4** ผลการวิเคราะห์ FTIR 30% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง



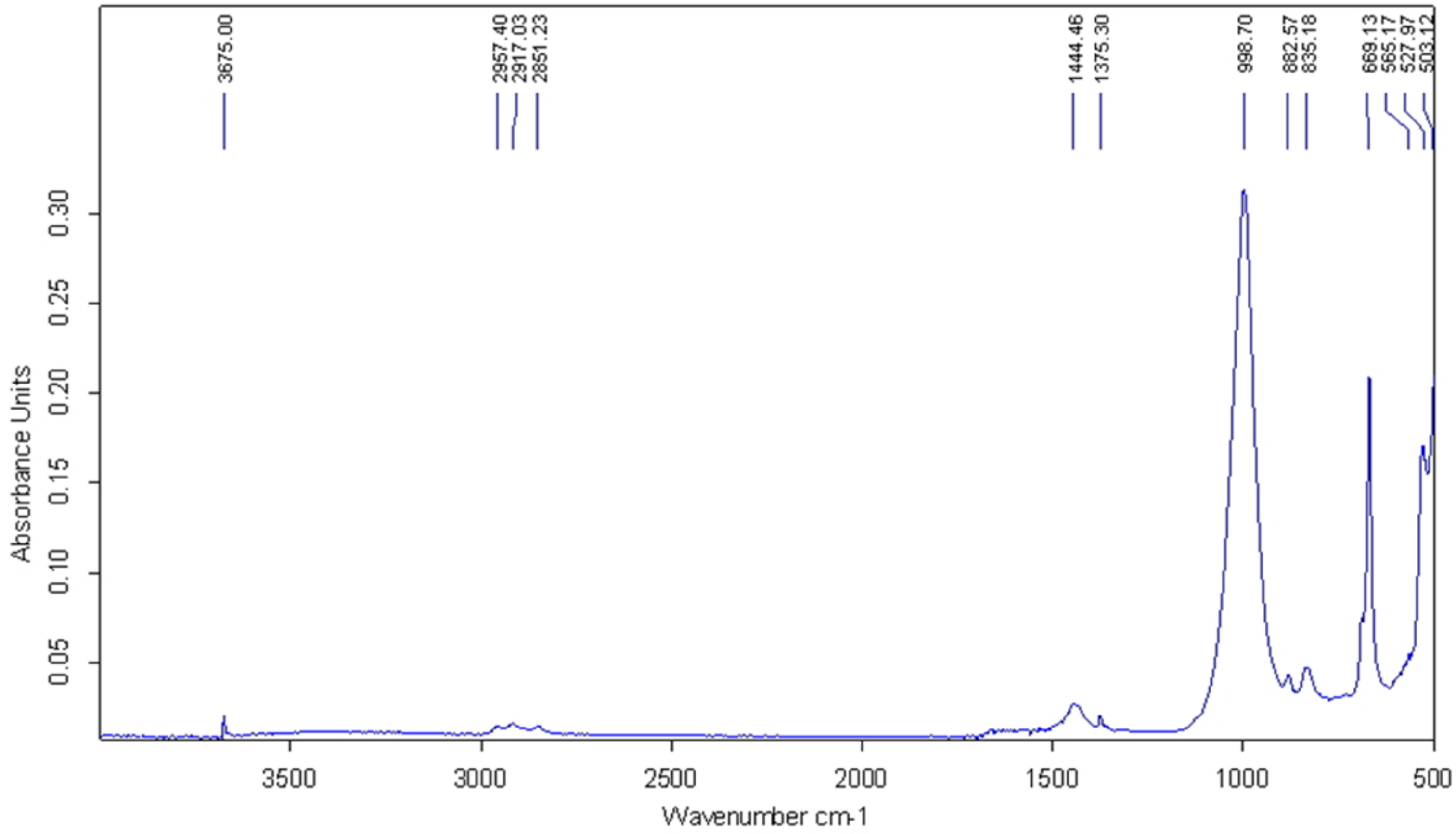

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง5** ผลการวิเคราะห์ FTIR 40% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง




ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง6** ผลการวิเคราะห์ FTIR 50% $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง




ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของ $CaCO_3$ จากเปลือกไข่ไก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## Result: Analysis Report

**Sample Details**

Sample ID: Egg shell
Sample File: CHULA22
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\
Sample Notes: Wet analysis system
Dispersing Medium : Water
Ultrasonic : 2 min
Additives : 0.2%w/v Sodium Hexametaphosphate

Run Number: 7
Record Number: 438

Measured: Tue Dec 4 2012 4:14AM
Analysed: Tue Dec 4 2012 4:14AM
Result Source: Analysed

**System Details**

Range Lens: 300RF mm
Presentation: 3OHD
Analysis Model: Polydisperse
Modifications: None

Beam Length: 2.40 mm
[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Sampler: MS1

Obscuration: 22.1 %
Residual: 1.809 %

**Result Statistics**

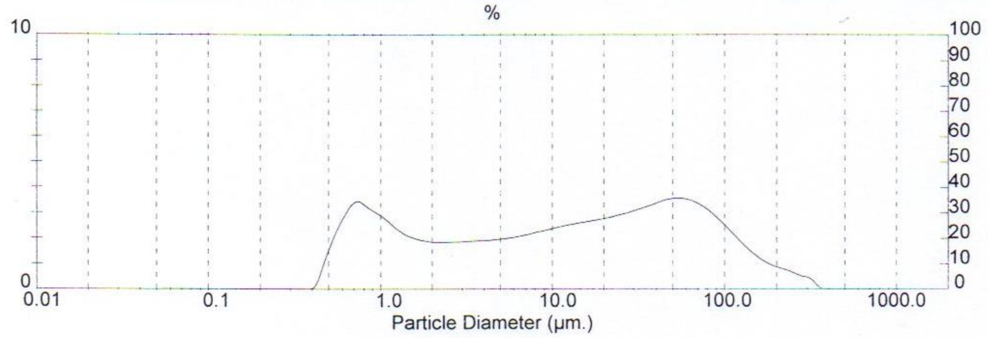
Distribution Type: Volume
Mean Diameters:
D [4, 3] = 34.84 um

Concentration = 0.0117 %Vol
D (v, 0.1) = 0.81 um
D [3, 2] = 2.86 um

Density = 1.000 g / cub. cm
D (v, 0.5) = 13.32 um
Span = 7.115E+00

Specific S.A. = 2.0985 sq. m / g
D (v, 0.9) = 95.55 um
Uniformity = 2.336E+00

| Size Low (um) | In % | Size High (um) | Under% | Size Low (um) | In % | Size High (um) | Under% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.05 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 6.63 | 2.14 | 7.72 | 41.48 |
| 0.06 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 7.72 | 2.25 | 9.00 | 43.73 |
| 0.07 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 9.00 | 2.36 | 10.48 | 46.09 |
| 0.08 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 10.48 | 2.47 | 12.21 | 48.56 |
| 0.09 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 12.21 | 2.56 | 14.22 | 51.12 |
| 0.11 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 14.22 | 2.64 | 16.57 | 53.75 |
| 0.13 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 16.57 | 2.71 | 19.31 | 56.47 |
| 0.15 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 19.31 | 2.80 | 22.49 | 59.27 |
| 0.17 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 22.49 | 2.90 | 26.20 | 62.17 |
| 0.20 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 26.20 | 3.03 | 30.53 | 65.20 |
| 0.23 | 0.00 | 0.27 | 0.00 | 30.53 | 3.17 | 35.56 | 68.37 |
| 0.27 | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 35.56 | 3.33 | 41.43 | 71.70 |
| 0.31 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 41.43 | 3.49 | 48.27 | 75.19 |
| 0.36 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 48.27 | 3.56 | 56.23 | 78.75 |
| 0.42 | 0.81 | 0.49 | 0.81 | 56.23 | 3.53 | 65.51 | 82.28 |
| 0.49 | 2.01 | 0.58 | 2.82 | 65.51 | 3.36 | 76.32 | 85.64 |
| 0.58 | 2.92 | 0.67 | 5.74 | 76.32 | 3.06 | 88.91 | 88.69 |
| 0.67 | 3.44 | 0.78 | 9.18 | 88.91 | 2.65 | 103.58 | 91.34 |
| 0.78 | 3.21 | 0.91 | 12.39 | 103.58 | 2.18 | 120.67 | 93.53 |
| 0.91 | 2.93 | 1.06 | 15.32 | 120.67 | 1.72 | 140.58 | 95.24 |
| 1.06 | 2.57 | 1.24 | 17.89 | 140.58 | 1.32 | 163.77 | 96.57 |
| 1.24 | 2.23 | 1.44 | 20.12 | 163.77 | 1.03 | 190.80 | 97.60 |
| 1.44 | 2.01 | 1.68 | 22.13 | 190.80 | 0.85 | 222.28 | 98.44 |
| 1.68 | 1.90 | 1.95 | 24.04 | 222.28 | 0.70 | 258.95 | 99.15 |
| 1.95 | 1.84 | 2.28 | 25.88 | 258.95 | 0.52 | 301.68 | 99.67 |
| 2.28 | 1.84 | 2.65 | 27.72 | 301.68 | 0.33 | 351.46 | 100.00 |
| 2.65 | 1.86 | 3.09 | 29.58 | 351.46 | 0.00 | 409.45 | 100.00 |
| 3.09 | 1.89 | 3.60 | 31.47 | 409.45 | 0.00 | 477.01 | 100.00 |
| 3.60 | 1.91 | 4.19 | 33.37 | 477.01 | 0.00 | 555.71 | 100.00 |
| 4.19 | 1.94 | 4.88 | 35.31 | 555.71 | 0.00 | 647.41 | 100.00 |
| 4.88 | 1.98 | 5.69 | 37.29 | 647.41 | 0.00 | 754.23 | 100.00 |
| 5.69 | 2.05 | 6.63 | 39.34 | 754.23 | 0.00 | 878.67 | 100.00 |




**ภาพผนวกที่ ฉ1** ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของ $CaCO_3$จากเปลือกไข่ไก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ช**

บทความที่นำเสนอในงานวิชาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Program Guide of RSU
National Research Conference 2014

การประชุมวิชาการระดับชาติ
3 เมษายน 2557

แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ
และวิทยาศาสตร์สุขภาพ
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
วิจัยพัฒนาการเรียนการสอน
วิจัยสถาบัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อิทธิพลของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ที่มีผลต่อการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ

# Influence of Calcium Carbonate Fillers Which Reduce The Amount of Protein in Natural Rubber Latex Gloves.

รุจิกา ทักษ์คีรี[1*] และ นุชนภา ตั้งบริบูรณ์[2]

Rujika Takkire[1*] and Nuchnapa Tangboriboon[2]

[1]นิสิตปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อยู่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10900

[2]อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อยู่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10900

*Corresponding author, E-mail address : doctor_bowy@hotmail.com

---

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ที่มีขนาดอนุภาค 34 ไมครอน (calcium-carbonate) ที่ใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยาง ซึ่งมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ในถุงมือยาง โดยขึ้นรูปถุงมือยางด้วยวิธีกระบวนการจุ่มขึ้นรูป (dipping) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางด้วยวิธี Modified Lorry Method และศึกษาการกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ในน้ำยางที่ใช้ในการขึ้นรูปถุงมือยาง จากผลการทดลองพบว่า การไม่เติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปในน้ำยางที่ผสมสารเคมีที่ใช้ในการขึ้นรูปถุงมือยางมีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางเท่ากับ 880.28 μg/g แต่เมื่อมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต 50% โดยน้ำหนัก ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเท่ากับ 675.37 μg/g แสดงว่าถ้าเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีแนวโน้มลดลง และจากการตรวจสอบด้วยเทคนิค XRF mapping พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงไป 50% โดยน้ำหนัก ยังสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำยาง

*คำสำคัญ : เปลือกไข่ แคลเซียมคาร์บอเนต ถุงมือยาง*



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**Abstract**

This experimental are focused on calcium carbonate powder from eggshell ($CaCO_3$).Latex gloves are produced by dipping method. Analysis of dissoluble proteins is tested by Modified Lorry Method. The distribution of calcium carbonate from eggshell in latex compound. The experimental results indicate that increasing of calcium carbonate powder content whereas amount of dissoluble proteins in latex gloves are reduced and calcium carbonate powder is good distribution in latex compound by with XRF mapping testing method.

***Keywords : Eggshell, Calcium Carbonate, Latex Gloves***

---

## 1. บทนำ

น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) ประกอบด้วย cis-1,4-polyisoprene เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารอนินทรีย์อื่นๆ เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม ทองแดง สังกะสี และเหล็ก เป็นต้น น้ำยางธรรมชาติมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัมต่อลูกบาศก์-เซนติเมตร มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 6.5-7.0 (วราภรณ์, 2524)

น้ำยางธรรมชาติมีการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย รองเท้า ยางรถยนต์ ลูกโป่ง ยางลบ สายยาง นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในอุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมทั้งอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลหลายประเภท (ดร.วิสันติ, 2542) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำ-ยางธรรมชาติ สามารถก่อให้เกิดการแพ้ต่อผู้ใช้ได้ เช่น การแพ้สารเคมีหรือโปรตีนที่ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ การแพ้ที่ได้รับการพูดถึงมากที่สุด คือ การแพ้โปรตีนที่มีอยู่ในน้ำยางธรรมชาติ โดยเฉพาะในถุงมือยางมักพบว่ามีโปรตีนตกค้างอยู่ และสามารถก่อให้เกิดอาการแพ้โปรตีน (Latex Allergy) ได้ ซึ่งอาการแพ้โปรตีนมีตั้งแต่ผิวหนังอักเสบ เป็นผื่นแดง คัน หอบหืด จนถึงการแพ้อย่างรุนแรงเฉียบพลัน (Anaphylaxis) จนทำให้-เสียชีวิตได้ (ชญาภา, 2550) ในระหว่างปี พ.ศ.2532-2534 มีรายงานทางวิชาการยืนยันว่าโปนตีนจากยาง-ธรรมชาติเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ดังกล่าว (วราภรณ์, 2545)

เมื่อมีรายงานการแพ้สารโปรตีนในน้ำยาง-ธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีการศึกษาอย่าง-จริงจัง เพื่อหาวิธีการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง โดยศึกษาวิธีการทั้งในส่วนของวัตถุดิบ คือ น้ำยางธรรมชาติ ซึ่งจะเน้นในการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในน้ำยางข้น ด้วยการใช้สารเคมี และหรือเอนไซม์เติมลงในน้ำยางสดก่อนเข้ากระบวนการผลิตเป็นน้ำยางข้น ในส่วนของกระบวนการผลิต เป็นการปรับปรุงขั้นตอนและสารที่ใช้ในการล้าง (leaching) ผลิตภัณฑ์ (บุษนาฏ, 2546)



สิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางโดยใช้เอนไซม์โปรติโอไลติก (Proteolytic Enzymes), การล้าง(Leaching), ฟูมซิลิกา (Fumed Silica), การเคลือบผิวด้วย พอลิเมอร์ (Polymer Coating), คลอริเนชั่น (Chlorination) และการลดปริมาณแป้งในถุงมือ

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ดำเนินโครงการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินการสัมผัสและบ่งชี้อันตรายจากการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับถุงมือยางและผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ทั้งในขั้นตอนการผลิตและการใช้งาน โดยผู้เขียนได้เคยเข้าร่วมโครงการศึกษาพัฒนารูปแบบการเก็บตัวอย่างจากสภาพแวดล้อมการทำงาน เพื่อตรวจวิเคราะห์ และประเมินระดับการสัมผัสอนุภาคโปรตีนจากยางธรรมชาติ ผลการศึกษาตามโครงการนี้พบว่า อนุภาคโปรตีนยางธรรมชาติ ฟุ้งกระจายอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำมาก (ไม่เกิน 0.003 μg/m3) และส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าพิกัดขั้นต่ำที่ตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) นอกจากนี้ ยังพบว่าอนุภาคโปรตีนมีการสะสมตัวอยู่ในกรองอากาศของระบบปรับอากาศในปริมาณมาก (สูงสุด 83,000 μg/g) NIOSH จึงได้เสนอแนะมาตรการควบคุมป้องกันสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องให้หลีกเลี่ยงการใช้ถุงมือยางธรรมชาติ โดยเลือกใช้ถุงมือยางสังเคราะห์หรือวัสดุอื่นๆ ทดแทน จัดการอบรมให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับอันตรายจากการเกิดภูมิแพ้ต่อโปรตีนยางธรรมชาติและแนวทางการป้องกันที่เหมาะสม (วิสันติ, 2542)

เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ของท่านอาจารย์ที่ปรึกษา มีแนวความคิดว่าจะนำเปลือกไข่ไก่ที่เป็นขยะนั้นมาทำให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้อย่างไรบ้าง จึงทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ที่สามารถนำไปช่วยลดอุณหภูมิการเผาเซรามิก หรือลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติได้ จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวความคิดต่อยอดที่จะประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยนำแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่มาช่วยลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยาง ซึ่งเปลือกไข่ไก่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบสูงถึง 95% และอีก 5% เป็นแร่อื่นๆผสมกัน เช่น แคลเซียมฟอสเฟต แมกนีเซียมคาร์บอเนต และยังมีโปรตีนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำอยู่ด้วย โดยผลที่ได้จากการศึกษาการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ไก่ อาจใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ถุงมือยางให้มีปริมาณโปรตีนน้อยลง

## 2. วัตถุประสงค์

ศึกษาการลดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง โดยการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ลงไปในน้ำยาง

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. น้ำยางข้น 60% (concentrate latex 60%)
2. สารเพิ่มความเสถียร(Potassium hydroxide, KOH)
3. สารกระตุ้นซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide,$ZnO_2$)



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สารทำให้ยางคงรูป (Sulfur, S)
5. สารเพิ่มความคงตัว (Teric 16A16)
6. สารเร่งปฏิกิริยา (Zinc diethyl dithiocarbamate, ZDEC)
7. สารป้องกันยางเสื่อม (Wingstay L, WSL)
8. สารทำให้เกิดสีไททาเนียมไดออกไซด์ (Titaniumdioxide, $TiO_2$)
9. สารเร่งปฏิกิริยา (Zinc-2-mercaptobenzthiazole, ZMBT)
10. สารจับแบบพิมพ์ (Calcium nitrate, $Ca(NO_3)_2$)
11. สารลดการตกตะกอน (Bentonite)
12. สารช่วยการกระจายตัว (Valtamal)
13. แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate, $CaCO_3$)
14. น้ำ ($H_2O$)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. ตู้อบ ขนาด 800 ลิตร รุ่น HAO 800 (บริษัทโปรเวนชั่น ทีม จำกัด)
2. เครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี X-ray Fluorescence (XRF) HORIBA X-ray analytical microscope รุ่น XGT-2000W
3. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) QUANTA 450

3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปถุงมือยาง

1. นำน้ำยางข้น 60% ผสมสารเคมีต่างๆ เช่น โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ กำมะถัน สารป้องกันยางเสื่อม ซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น
2. นำแบบพิมพ์มือเซรามิกจุ่มลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารละลายช่วยน้ำยางจับตัว รอให้แบบพิมพ์หมาดๆ
3. นำแบบพิมพ์มือไปจุ่มในน้ำยางที่ผสมสารเคมี และยกพิมพ์ขึ้นช้าๆ ม้วนขอบถุงมือ (Beading)
4. ล้างฟิล์มถุงมือ (Leaching) เพื่อชะล้างสารเคมีที่ตกค้าง รวมทั้งโปรตีนที่ละลายน้ำได้□ออกจากถุงมือ (leaching)
5. นำไปอบแห้ง (Oven) ให้คงรูปในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
6. ถอดถุงมือ (Striping)

3.4 การทดสอบสมบัติของถุงมือยาง

1. การทดสอบวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified Lorry Method
2. การทดสอบการกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในถุงมือยางใช้เครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี X-ray Fluorescence (XRF) HORIBA X-ray analytical microscope รุ่น XGT-2000

**4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล**

4.1 การขึ้นรูปถุงมือยาง

4.1.1 ความสามารถในการจุ่มขึ้นรูป

หลังจากผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำยางคอมพาวด์เพื่อขึ้นรูปด้วยวิธีการจุ่ม พบว่าการขึ้นรูปด้วยวิธีการจุ่มสามารถทำได้เช่นเดียวกับการจุ่มถุงมือยางในเชิงพาณิชย์ ซึ่งใช้เวลาในการจุ่มน้ำยางคอมพาวด์ 15 วินาที ระยะเวลาในการคงรูปถุงมือยางในเชิงพาณิชย์และถุงมือยางจากงานวิจัยถูกควบคุมในเวลาที่



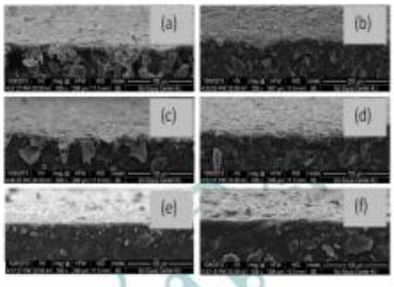
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่ากัน การขึ้นรูปถุงมือยางได้อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1056-2548 ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 Gloves commercially (a) and Gloves of research (b)

4.1.2 ลักษณะทางกายภาพ

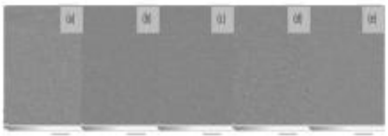
ถุงมือยางที่ผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ อนุภาค 34 ไมครอน มีลักษณะทางกายภาพไม่แตกต่างจากถุงมือยางในเชิงพาณิชย์ โดยถุงมือยางจากงานวิจัยไม่มีความขรุขระบริเวณผิวเช่นเดียวกับถุงมือยางในเชิงพาณิชย์ ดังแสดงในภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดใน รูปที่ 2



รูปที่ 2 SEM micrographs of the latex gloves surface of 500X : (a) calcium carbonate 0%, (b) calcium carbonate 10%, (c) calcium carbonate 20%, (d) calcium carbonate 30%, (e) calcium carbonate 40% and (f) calcium carbonate 50%

4.2 การกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่

การกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนตขนาดอนุภาค 34 ไมครอน ถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF พบว่าการกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนตในถุงมือยางมีกระจายตัวที่ดี ไม่มีการเกาะกลุ่ม ดังแสดง รูปที่ 3



รูปที่ 3 distribution of calcium carbonate 20%, c) distribution of calcium carbonate 30%, (d) distribution of calcium carbonate 40% and (e) distribution of calcium carbonate 50%



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง

**ตารางที่ 1** Dissoluble proteins in latex gloves.

| % Calcium carbonate in latex gloves | Dissoluble proteins (μg/g) |
|---|---|
| 0% | 880.28 |
| 10% | 874.76 |
| 20% | 708.02 |
| 30% | 693.13 |
| 40% | 675.37 |
| 50% | 542.36 |

จาก ตารางที่ 1 แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีแนวโน้มว่าโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีปริมาณน้อยลง เมื่อมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในสูตรถุงมือยางเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้มีผลเนื่องมาจากสภาพความเป็นด่างที่เปลี่ยนไปหลังการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจึงทำให้เกิดความสามารถในการไฮโดรไลซีสโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังเกิด ionic interaction ระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและประจุลบของโปรตีน ทำให้เกิดการตะกอนของโปรตีน

**5. สรุปผลการทดลอง**

การเติมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ ส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีปริมาณลดลงเมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น และยังสามารถขึ้นรูปเป็นถุงมือยางได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทั้งแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถกระจายตัวกันได้ดีถึงแม้จะใส่ลงไปเป็นปริมาณมากถึง 50% โดยผลการตรวจสอบการกระจายตัวได้จาก XRF mapping

**6. กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องในงานวิจัยทั้งหมด ทั้งภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยยาง อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษา และผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึงแต่สนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างดีเรื่อยมา

**7. เอกสารอ้างอิง**

จริยา บุญญวัฒน์, พรรณสุนันท์ เจียรรุ่งแสง และ คณะ. 2545. การลดปริมาณโปรตีนในยางธรรมชาติโดยโปรตีเอสร่วมกับพลังงานไมโครเวฟ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานมหกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยาง

ดวงกมล วิรุฬห์อุดมผล. 2553. การศึกษาวิธีการวิเคราะห์ตรวจสอบโปรตีนในถุงมือยางทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพเพื่อพัฒนาการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์ที่มีโปรตีนต่ำ.สำนักงานกองสนับสนุนการวิจัย

วราภรณ์ ขจรไชยกูล และ นุชนาฎ ณ ระนอง. 2545. การวิจัยและพัฒนาคุณภาพถุงมือยางทางการแพทย์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานมหกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยาง

วิภา เศวตกนิษฐ์ และ กุลทิวา รัตนเวคินรักษ์. 2546.การทดสอบและมาตรฐานถุงมือยางทางการแพทย์. กรมวิชาการเกษตร



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิสันติ เลาหอุดมโชค. 2542.การเกิดภูมิแพ้ต่อโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ จากการทำงานที่เกี่ยวข้อง (Occupational Latex Allergy). เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

V.Kajornchaiyakul, S. Barame and E. Kavachakul. 2000.Optimal Conditions on Chlorination of NR Latex Gloves. Presented at IRRDB Meeting, Indonesia

V.J. Tomazic, et al. 1992. Short Analytical Review Latex Asspciated Allergies and Anaphylactic Reactions. Clinical Immunology and Immunopathology. 64 (2) : 89 – 97

มหาวิทยาลัยรังสิต



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อิทธิพลของสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ที่มีผลต่อการลดปริมาณโปรตีนในถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ

รุจิกา ทักษ์คีรี* และ นุชนภา ตั้งบริบูรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อยู่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10900

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ (calcium carbonate) ที่ใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยาง ซึ่งมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สามารถละลายน้ำได้ในถุงมือยาง โดยขึ้นรูปถุงมือยางด้วยวิธีกระบวนการจุ่มขึ้นรูป (dipping) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางด้วยวิธี Modified Lorry Method และศึกษาการกระจายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ในน้ำยางที่ใช้ในการขึ้นรูปถุงมือยาง จากผลการทดลองพบว่า การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีแนวโน้มลดลง โดยการขึ้นรูปถุงมือยางในสูตรปกติ (ไม่มีแคลเซียมคาร์บอเนต) มีค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางเท่ากับ 880.28 μg/g แต่สูตรการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ50 โดยน้ำหนักในถุงมือยาง ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้จะเท่ากับ 542.36 μg/g และตรวจสอบการกระจายตัวด้วยเทคนิค XRF mapping พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมลงไปทุกสูตรสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำยาง

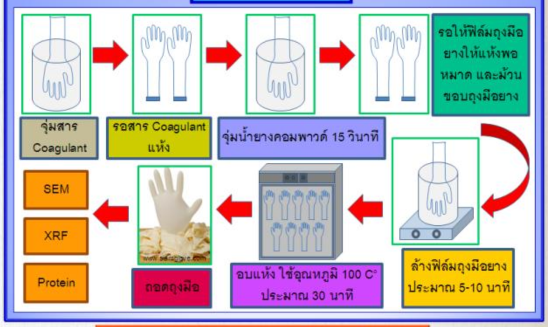
## บทนำ

น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) ประกอบด้วยอนุภาคยางที่เป็นไฮโดรคาร์บอน และยังมีส่วนประกอบที่ไม่ใช่น้ำยาง เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล น้ำ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติสามารถก่อให้เกิดการแพ้ต่อผู้ใช้ได้ การแพ้ที่ได้รับการพูดถึงมากที่สุด คือ การแพ้โปรตีนในถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ

| ลักษณะของอาการแพ้ | อาการ | สาเหตุ |
|---|---|---|
| ระคายเคืองที่ผิวหนัง | เกิดผื่นแดงที่ผิวหนัง ผิวหนังแห้ง | สบู่ที่ตกค้าง การล้างมือไม่สะอาด |
| Type IV – การแพ้สารเคมี | ผิวหนังอักเสบเป็นผื่นแดง ปรากฏในเวลา 48-96 ชั่วโมง หลังจากที่เกิดการสัมผัส | สารเคมีตกค้างที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือ โดยเฉพาะไทยูแรม และคาร์บาเมต |
| Type I – การแพ้โปรตีน | เป็นผื่นแดงทันทีที่สัมผัสผิวหนังไหม้ | โปรตีนที่สกัดได้ตกค้างในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ |

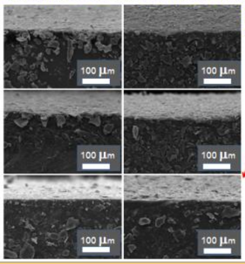
## วิธีการทดลอง




## ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

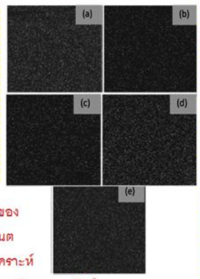
### ลักษณะทางกายภาพ

ถุงมือยางที่ผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ อนุภาค 34 ไมครอน มีลักษณะทางกายภาพ ไม่แตกต่างจากถุงมือยางในเชิงพาณิชย์ โดยถุงมือยางจากงานวิจัยไม่มีความขรุขระบริเวณผิวเช่นเดียวกับ ถุงมือยางในเชิงพาณิชย์ ถึงจะใส่แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ลงไปในน้ำยางถึง 50% ลักษณะผิวของถุงมือยังเรียบอยู่ ดังแสดงในภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด




$CaCO_3$ 50%

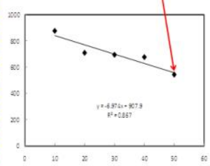
### การกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่




จากรูป แสดงการกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนต ขนาดอนุภาค 34 ไมครอน ถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF พบว่าการกระจายตัวของสารตัวเติมผงแคลเซียมคาร์บอเนตในถุงมือยางมีกระจายตัวที่ดี ไม่มีการเกาะกลุ่ม

### ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยาง

| % Calcium carbonate in latex gloves | Dissoluble proteins (μg/g) |
|---|---|
| 0% | 880.28 |
| 10% | 874.76 |
| 20% | 708.02 |
| 30% | 693.13 |
| 40% | 675.37 |
| 50% | 542.36 |




จากตาราง และ กราฟ แสดงปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีแนวโน้มว่าโปรตีนที่ละลายน้ำได้มีปริมาณน้อยลง เมื่อมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในสูตรถุงมือยางเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้มีผลเนื่องมาจากสภาพความเป็นด่างที่เปลี่ยนไปหลังการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจึงทำให้เกิดความสามารถในการไฮโดรไลซิสโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังเกิด ionic interaction ระหว่างแคลเซียม-คาร์บอเนต และประจุลบของโปรตีน ทำให้เกิดการตะกอนของโปรตีน

## สรุปผลการทดลอง

การเติมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกไข่ ส่งผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในถุงมือยางมีปริมาณลดลงเมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น และยังสามารถขึ้นรูปเป็นถุงมือยางได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทั้งแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถกระจายตัวกันได้ดีถึงแม้จะใส่ลงไปเป็นปริมาณมากถึง 50% โดยผลการตรวจสอบการกระจายตัวได้จาก XRF mapping

## เอกสารอ้างอิง

นุชนภา ตั้งบริบูรณ์ และคณะ. (2554). ผลของการเติมสารประกอบแคลเซียมสังเคราะห์จากเปลือกไข่ลงน้ำยางข้น. โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา. สำนักงานกองสนับสนุนการวิจัย.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล และนุชนาฏ ณ ระนอง. (2545). การวิจัยและพัฒนาคุณภาพถุงมือยางทางการแพทย์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานมหกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยาง 2545.

วิสันติ เลาหอุดมโชค. (2542).การเกิดภูมิแพ้ต่อโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติ จากการทำงานที่เกี่ยวข้อง (Occupational Latex Allergy).เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ประวัติการศึกษาและการทำงาน

**ชื่อ** นางสาว รุจิกาทักษ์คีรี

**เกิดวันที่** 6 มิถุนายน 2530

**สถานที่เกิด** จังหวัดตราด ประเทศไทย

**ประวัติการศึกษา** วศ.บ. (วิศวกรรมเซรามิก) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ตำแหน่งปัจจุบัน** -

**สถานที่ทำงานปัจจุบัน** -

**ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ** -

**ทุนการศึกษาที่ได้รับ** -

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์