

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 การเตรียมถุงมือยางธรรมชาติ

เตรียมถุงมือยางธรรมชาติโดยใช้สูตรน้ำยางคอมปาวด์และขั้นตอนการเตรียม ในข้อ 3.3.3 ทดสอบสมบัติของถุงมือที่ได้เทียบกับมาตรฐาน ASTM D3577 และ ASTM D3578 (2000) ได้สมบัติของถุงมือนัดตารางที่ 4.1 พบว่าสมบัติของถุงมือที่เตรียมได้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของถุงมือตรวจและถุงมือผ่าตัด และสมบัติของถุงมือที่เตรียมได้นี้จะใช้เปรียบเทียบกับถุงมือเคลือบต่อไป

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือยางธรรมชาติที่ได้เทียบกับมาตรฐาน

| ชื่อมาตรฐาน | ASTM D3577 | ASTM D3578 | ถุงมือที่เตรียมได้ |
|--|---------------|---------------|--------------------|
| ชนิดถุงมือ | ผ่าตัด | ตรวจ | - |
| ความหนากลางฝ่ามือ, มม. | 0.10 ต่ำสุด | 0.08 ต่ำสุด | 0.15 – 0.23 |
| สมบัติก่อนการบ่มเร่ง | | | |
| Tensile strength, MPa ไม่น้อยกว่า | 24 | 14 | 30.88 |
| 500% modulus, MPa ไม่เกิน | 5.5 | - | 1.72 |
| Elongation at break, (%) ไม่น้อยกว่า | 750 | 700 | 1000 |
| หลังการบ่มเร่ง, ที่ $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 166 ± 2 ชั่วโมง | | | |
| Tensile strength, MPa ไม่น้อยกว่า | 18 | 14 | 21.97 |
| 500% modulus, MPa ไม่เกิน | 5.5 | - | 1.63 |
| Elongation at break, (%) ไม่น้อยกว่า | 560 | 500 | 1100 |

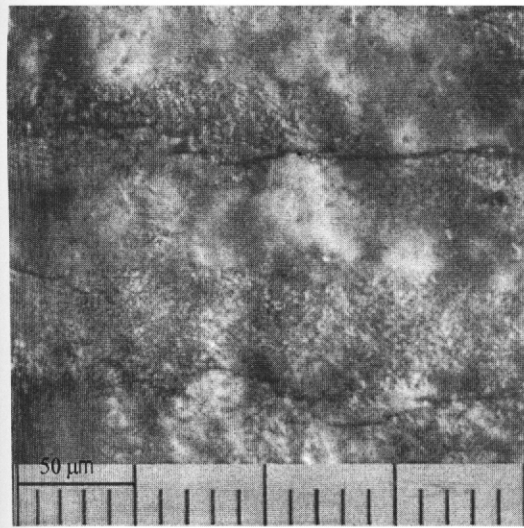
4.2 การเคลือบถุงมือน้ำยางด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633

การเคลือบถุงมือน้ำยางด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633 เป็นการเคลือบเฉพาะผิวด้านนอก ซึ่งเมื่อกลับด้านถุงมือจะเป็นด้านที่สัมผัสกับผู้สวมใส่เพื่อให้ถุงมือลื่น โดยเตรียมถุงมือตามขั้นตอนในรูปที่ 3.8 ทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้น องค์ประกอบของพอลิเมอร์เคลือบ และสภาวะการเคลือบ ต่อสมบัติของถุงมือนัดนี้

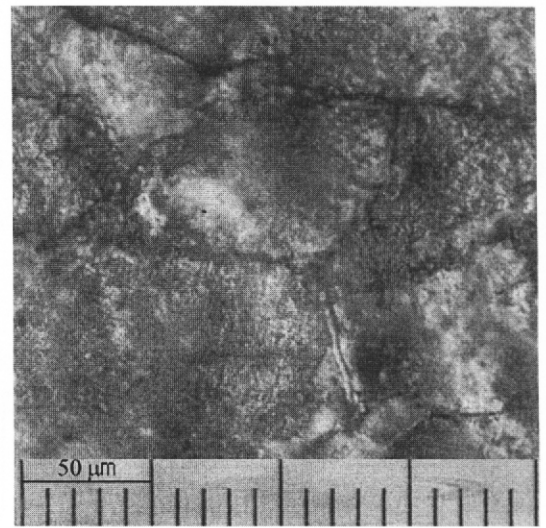
4.2.1 ผลของอัตราส่วนอะคริลิกพอลิเมอร์ต่อสมบัติการยึดติด

เตรียมถุงมือเคลือบ โดยเคลือบผิวด้านนอกถุงมือด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ผสมกันในอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1, 1:1 และ 1:3 ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 8% โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.1.1 ศึกษาการยึดติดของพอลิเมอร์เคลือบกับผิวยางธรรมชาติโดยการดึง พบว่าการใช้ NeoCryl A-633 ก่อนการดึงมีผิววาวเรียบและค่อนข้างแข็งกระด้าง เนื่องจาก NeoCryl A-633 เป็นโคพอลิเมอร์ของอะคริลิกกับสไตรีน การใช้ในปริมาณสูงทำให้พอลิเมอร์เคลือบแข็ง สามารถยึดได้น้อยกว่ายาง จึงเกิดการแยกชั้นในขณะดึง โดยรอยแตกจะเริ่มเกิดในแนวตั้งจากกับแรงดึง ดังรูปที่ 4.1A แล้วค่อยๆ ขยายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในแนวตั้งจากและขนานกับแรงดึง ดังรูปที่ 4.1B จนฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบหลุดจากผิวยาง การใช้ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 1:3 และ 1:1 พบว่าเกิดการแตกของฟิล์มในขณะที่ยึดเพียงเล็กน้อย โดยที่อัตราส่วน 1:3 จะเกิดรอยแตกจำนวนน้อย แต่จะปรากฏรอยแตกขนาดใหญ่ประมาณ $50\ \mu\text{m}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.1C ขณะที่อัตราส่วน 1:1 จะเกิดเป็นรอยแตกเล็กๆ ขนาดประมาณ $10\text{-}20\ \mu\text{m}$ จำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.1D ส่วนที่อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 จะมองไม่เห็นการแตกก่อนการยึด และเมื่อยึดเกิน 500% ฟิล์มเคลือบจะค่อยๆ เกิดการขาดในลักษณะของยาง คือขาดแบบมีความเหนียว (toughness) และมองไม่เห็นการแตกในขณะยึด ดังแสดงในรูปที่ 4.1E

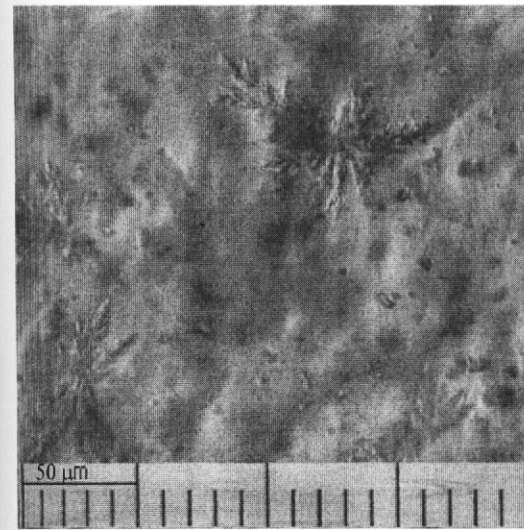
ผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การยึดที่ทำให้ฟิล์มเคลือบเกิดการแยกชั้นและเกิดการขาด แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 พบว่าการใช้อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 ฟิล์มเคลือบเกิดการแยกชั้นใกล้เคียงกับจุดขาด และมีความสามารถในการยึดสูงสุด กล่าวคือ 900% ซึ่งเหมาะสำหรับการเคลือบถุงมือที่ต้องการให้สามารถยึดได้เกิน 750% (ASTM D3577) ในขณะที่อัตราส่วน 1:3 และ 1:1 ฟิล์มเคลือบจะเกิดการแยกชั้นที่ค่าเปอร์เซ็นต์การยึด 290% และ 450% และมีความสามารถในการยึดสูงสุด 560% และ 850% ตามลำดับ



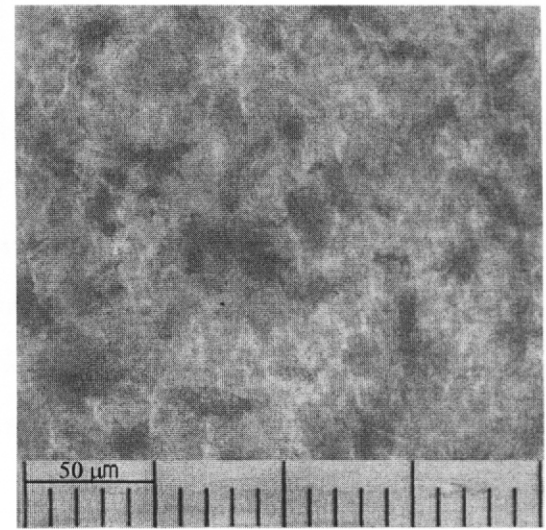
A



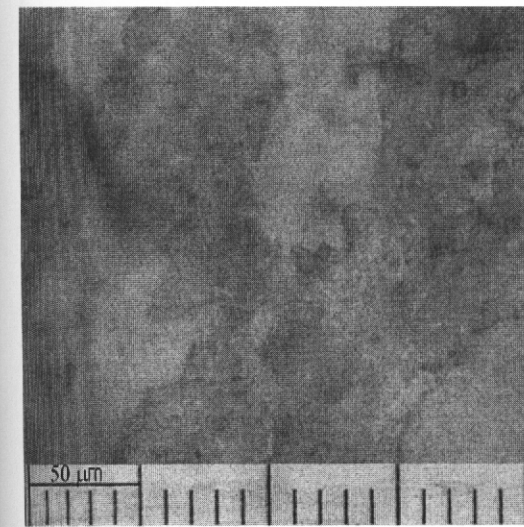
B



C



D



E

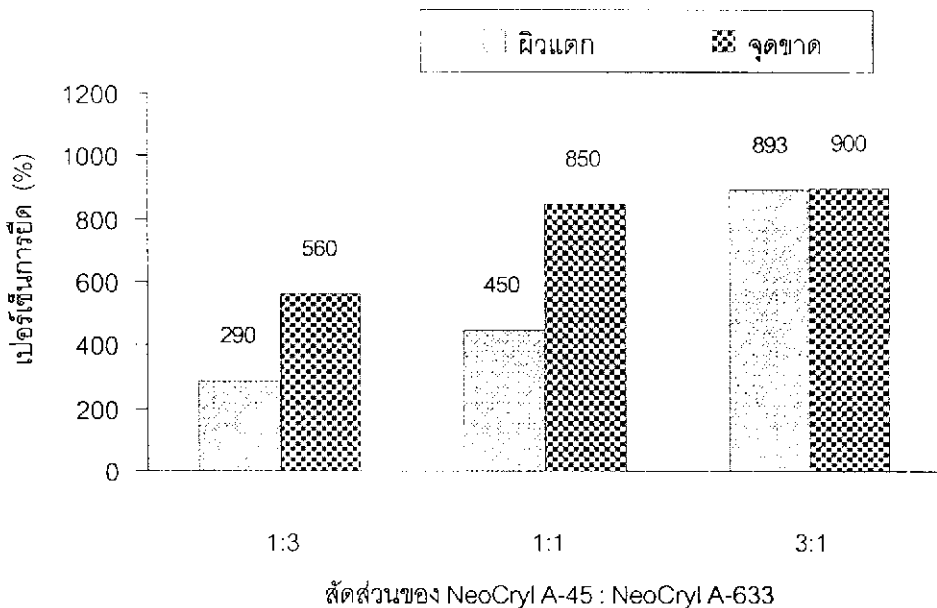
- A : ลักษณะการแตกที่ระยะยัด 100% ของอัตราส่วน 1:3
- B : ลักษณะการแตกที่ระยะยัด 300% ของอัตราส่วน 1:3
- C : การแตกของอัตราส่วน 1:3 ก่อนการตั้ง
- D : การแตกของอัตราส่วน 1:1 ก่อนการตั้ง
- E : การขาดของอัตราส่วน 3:1 ที่ระยะยัดเกิน 500%

รูปที่ 4.1 ลักษณะผิวยางที่อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 ต่างกัน จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

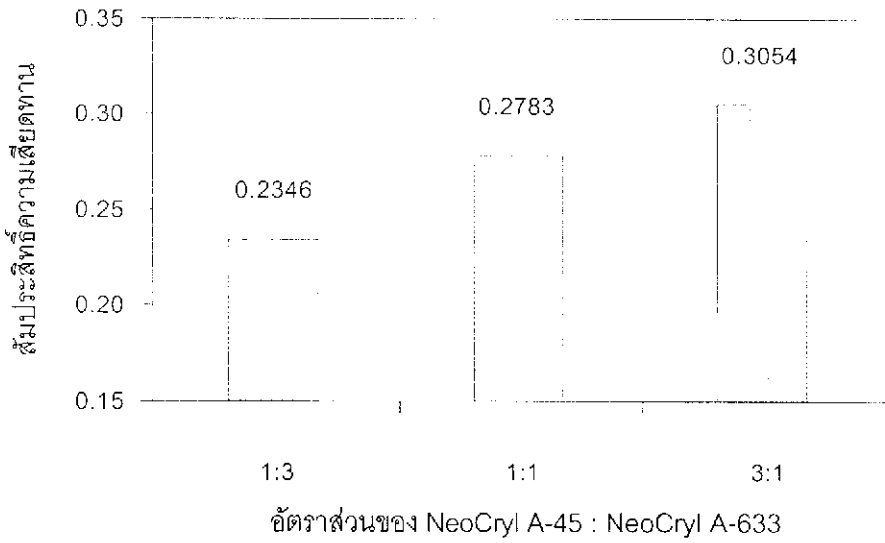
ตารางที่ 4.2 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 ต่อสมบัติการยึดติดของฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบกับผิวยางธรรมชาติ ความตึงผิวของพอลิเมอร์ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของฟิล์มเคลือบ

| NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 | Elongation (%) | | ความตึงผิว (dyne/cm.) | สัมประสิทธิ์ ความเสียดทาน |
|------------------------------|----------------|--------|--------------------------|------------------------------|
| | จุดที่ผิวแตก | จุดขาด | | |
| 1:3 | 290 | 560 | 43.30 | 0.2346 |
| 1:1 | 450 | 850 | 41.33 | 0.2783 |
| 3:1 | 893 | 900 | 37.23 | 0.3054 |

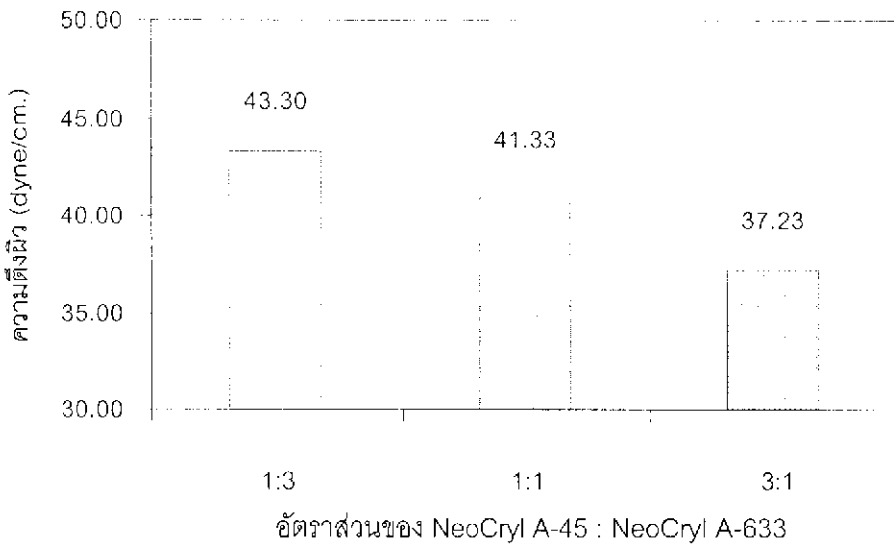
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของฟิล์มเคลือบลดลงตามอัตราส่วนของ NeoCryl A-633 ที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่ม NeoCryl A-633 ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ของสไตรีน เป็นการเพิ่มระดับพอลิเมอร์ที่มีพลังงานผิวดำ (Low surface energy polymer) ทำให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของฟิล์มเคลือบลดลง (Lee, 1999) นอกจากนี้การเพิ่มอัตราส่วนของ NeoCryl A-633 ในพอลิเมอร์เคลือบ ทำให้ความตึงผิวของสารเคลือบเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้การติดผิวของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางเกิดได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 4.2 ความสามารถในการยืดขาดและเปอร์เซ็นต์การยืดที่เกิดการแยกชั้นของฟิล์มเคลือบที่อัตราส่วน Neocryl A-45 : Neocryl A-633 เป็น 1:3, 1:1 และ 3:1



รูปที่ 4.3 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบที่อัตราส่วน Neocryl A-45 : Neocryl A-633 เป็น 1:3, 1:1 และ 3:1



รูปที่ 4.4 ความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบที่อัตราส่วน Neocryl A-45 : Neocryl A-633 เป็น 1:3, 1:1 และ 3:1

4.2.2 ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบ

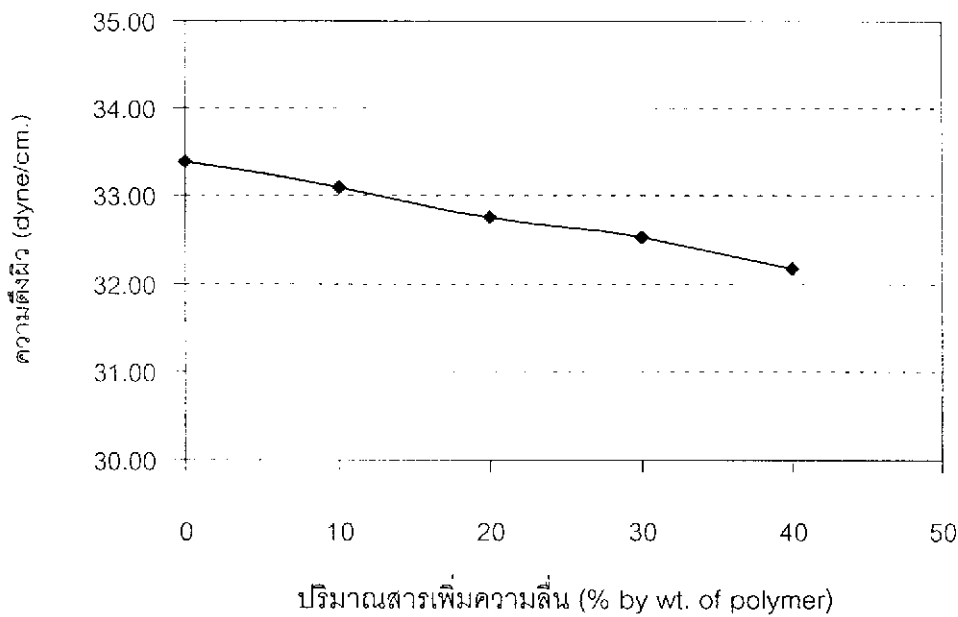
จากการศึกษาในข้อ 4.2.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 คือ 3:1 เนื่องจากสามารถยึดได้มากผ่านเกณฑ์มาตรฐานของถุงมือ แต่ถุงมือเคลือบที่ได้ยังมีลักษณะไม่พึงประสงค์ คือ ไม่ค่อยอ่อนนุ่มและให้ความรู้สึกขณะสวมใส่ไม่ดี จึงนำพอลิเมอร์เคลือบที่อัตราส่วนดังกล่าวมาแปรปริมาณสารเพิ่มความลื่น คือ ไดเมทิลไซลอกเซน เป็น 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ แล้วเตรียมถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 8% โดยน้ำหนัก ตามวิธีการในข้อ 3.3.4.1.2 ทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบ ได้ผลดังนี้

4.2.2.1 ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบและลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบ

ความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบ แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 พบว่าความตึงผิวลดลงตามปริมาณสารเพิ่มความลื่น (ไดเมทิลไซลอกเซน) ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มไดเมทิลไซลอกเซนเป็นการเพิ่มพอลิเมอร์กลุ่มที่มีพลังงานผิวดำ จะเข้าไปแทรกระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์เคลือบและน้ำ ทำให้อัตราส่วนของพอลิเมอร์กลุ่มพลังงานผิวดำในระบบเพิ่มขึ้น ความตึงผิวของระบบจึงลดลง (Kaoru, 1998)

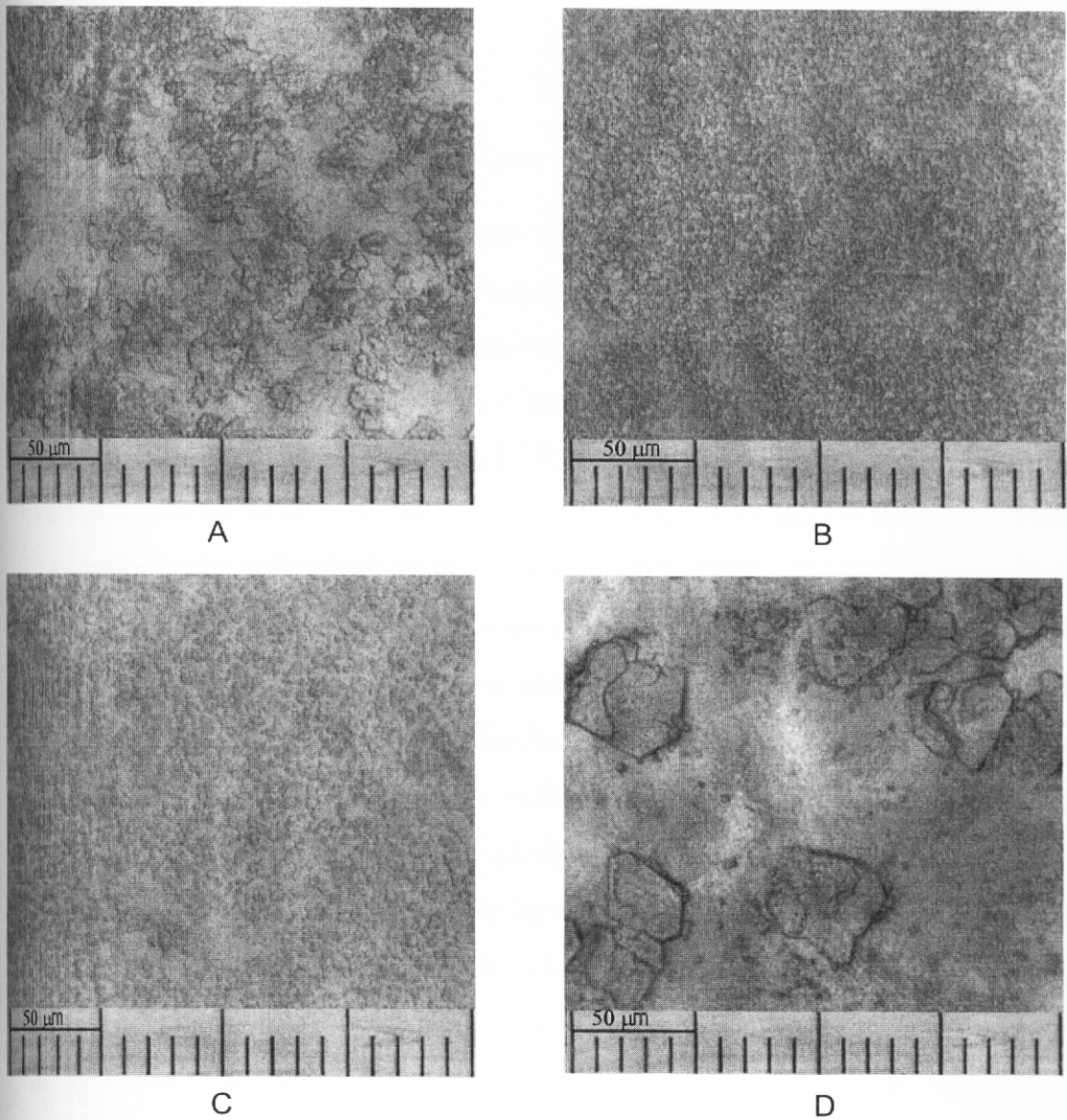
ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่น ต่อความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบ

| ไดเมทิลไซลอกเซน (% by wt. of polymer) | ความตึงผิว (dyne/cm.) |
|--|--------------------------|
| 0 | 33.40 |
| 10 | 33.10 |
| 20 | 32.77 |
| 30 | 32.53 |
| 40 | 32.17 |



รูปที่ 4.5 ความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบที่ปริมาณสารเพิ่มความยืดหยุ่นแตกต่างกัน

การเพิ่มปริมาณไดเมทิลไซลอคเซนมีผลต่อการติดผิวและการกระจายตัวของพอลิเมอร์เคลือบ จากการศึกษาลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบพบว่าการเพิ่มไดเมทิลไซลอคเซนเป็น 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ทำให้การแผ่กระจาย (spread) ของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางเกิดได้ดีขึ้น ให้อนุภาคพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางมีขนาดเล็กประมาณ $2\ \mu\text{m}$ ในขณะที่การใช้ไดเมทิลไซลอคเซน 10% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ให้อนุภาคใหญ่ประมาณ $5-10\ \mu\text{m}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.6A และ 4.6B ตามลำดับ ส่วนการใช้ไดเมทิลไซลอคเซนสูงเกิน 30% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ พบว่าสารเคลือบมีความเข้ากันได้ลดลง ส่วนของไดเมทิลไซลอคเซนจะเป็นคราบมันลอยอยู่ด้านบนทำให้การเคลือบติดผิวไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยส่วนที่ติดผิวได้ดีพอลิเมอร์จะกระจายตัวขนาดอนุภาค $5\ \mu\text{m}$ ในขณะที่บางส่วนของพอลิเมอร์เคลือบมีขนาดอนุภาคใหญ่มากประมาณ $30-40\ \mu\text{m}$ รูปที่ 4.6C และ 4.6D นอกจากนี้การใช้ไดเมทิลไซลอคเซนช่วยให้พอลิเมอร์เคลือบมีความแข็งลดลง ทำให้ถุงมืออ่อนนุ่มนำสัมผัสตอบสนองต่อสมบัติของความนุ่มสบาย โดยที่ระดับไดเมทิลไซลอคเซน 10-20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ จะให้สมบัติของถุงมือด้านความรู้สึกที่ดีที่สุด



รูปที่ 4.6 ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบที่ระดับสารเพิ่มความลื่นแตกต่างกัน จากกล้องจุลทรรศน์

กำลังขยาย 400 เท่า

A : สารเพิ่มความลื่น 10% โดยน้ำหนัก

B : สารเพิ่มความลื่น 20% โดยน้ำหนัก

C : ส่วนที่ติดผิวอย่างดีของพอลิเมอร์เคลือบสูตรสารเพิ่มความลื่น 30% โดยน้ำหนัก

D : ส่วนที่ติดผิวได้น้อยของพอลิเมอร์เคลือบสูตรสารเพิ่มความลื่น 30% โดยน้ำหนัก

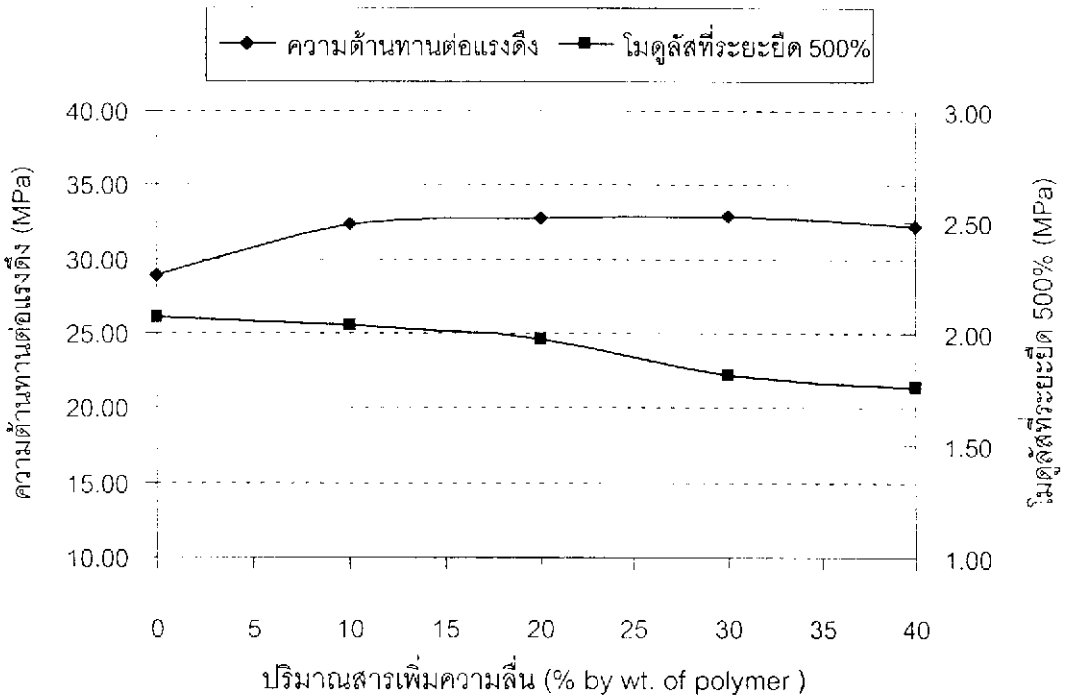
4.2.2.2 ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อ ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบ แสดงดังตารางที่ 4.4 จากรูปที่ 4.7 พบว่าค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบสูงกว่าถุงมือไม่เคลือบเล็กน้อย และค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณไดเมทิลไซลอกเซนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้จะมีเหตุผลมาจากไดเมทิลไซลอกเซนในพอลิเมอร์เคลือบทำให้ถุงมือเคลือบยืดได้มากขึ้น และการเพิ่มไดเมทิลไซลอกเซนในพอลิเมอร์เคลือบ ทำให้อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl A-633 ในพอลิเมอร์เคลือบลดลง ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% จึงมีแนวโน้มลดลง

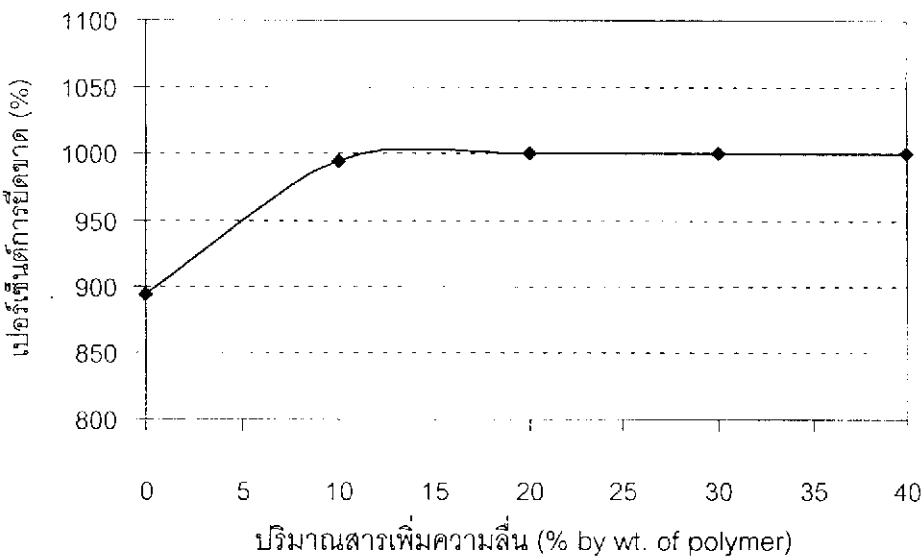
จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.7 พบว่าความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบมีค่าสูงกว่าถุงมือไม่เคลือบ ยกเว้นพอลิเมอร์เคลือบสูตรที่ไม่ใช้ไดเมทิลไซลอกเซน จะให้ความต้านทานต่อแรงดึงต่ำกว่าถุงมือไม่เคลือบ และการเพิ่มปริมาณไดเมทิลไซลอกเซนในปริมาณ 10-40% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ไม่ค่อยมีผลต่อความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อปริมาณไดเมทิลไซลอกเซนในพอลิเมอร์เคลือบเพิ่มขึ้น และไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณไดเมทิลไซลอกเซนสูงเกิน 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ดังรูปที่ 4.8 และในสูตรพอลิเมอร์เคลือบที่ไม่ใช้ไดเมทิลไซลอกเซน เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบจะต่ำกว่าถุงมือไม่เคลือบ เนื่องจากการเคลือบผิวทำให้ถุงมือยืดได้น้อยลง อย่างไรก็ตาม สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3577 ที่ทุกระดับของการใช้ไดเมทิลไซลอกเซน

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณสารเพิ่มความลื่นต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

| ไดเมทิลไซลอกเซน (% by wt. of polymer) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) |
|--|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| ถุงมือไม่เคลือบ | 1.719 | 30.883 | 1000 |
| 0 | 2.068 | 28.848 | 893 |
| 10 | 2.034 | 32.346 | 995 |
| 20 | 1.970 | 32.745 | 1000 |
| 30 | 1.811 | 32.926 | 1000 |
| 40 | 1.762 | 32.288 | 1000 |



รูปที่ 4.7 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบที่ปริมาณสารเพิ่มความลื่นแตกต่างกัน



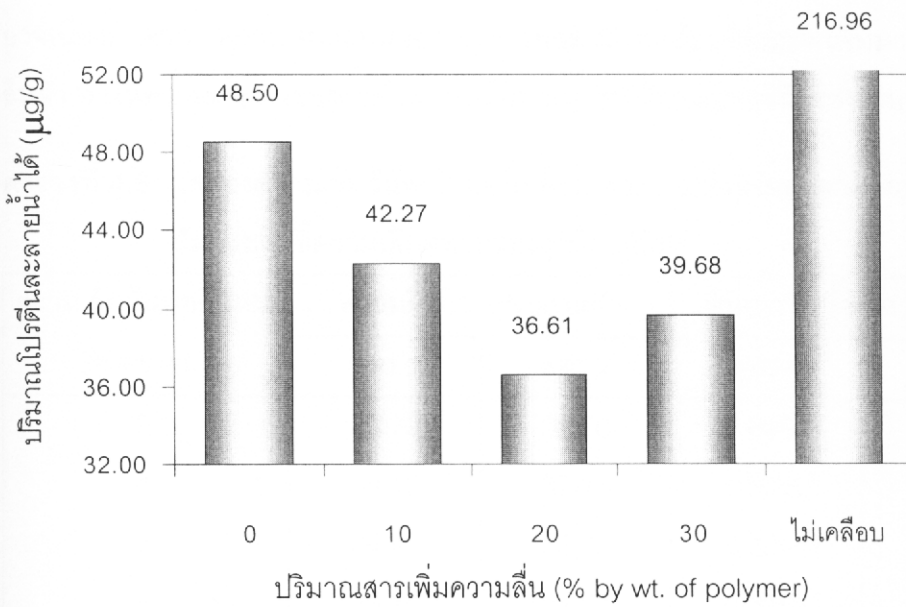
รูปที่ 4.8 เปอร์เซนต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบที่ปริมาณสารเพิ่มความลื่นแตกต่างกัน

4.2.2.3 ผลของปริมาณสารเพิ่มความชื้นต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถั่วมือเคลือบ

ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถั่วมือเคลือบ ต่างกันเล็กน้อยเมื่อปริมาณสารเพิ่มความชื้นแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.9 พบว่าพอลิเมอร์เคลือบสามารถป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนในถั่วมือได้ จึงทำให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถั่วมือเคลือบมีค่าน้อยลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วมือไม่เคลือบ(จากการทดลอง) ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 216.96 $\mu\text{g/g}$ และถั่วมืออย่างที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งจากการสำรวจพบว่ามีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 220 - 1620 $\mu\text{g/g}$ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ น้ำยางชั้น สูตรน้ำยางผสมสารเคมี เงื่อนไขการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี และขั้นตอนการผลิต (นุชนาฏ, 2541) ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถั่วมือเคลือบอยู่ในช่วง 36.61–48.50 $\mu\text{g/g}$ โดยถั่วมือที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์เคลือบสูตรที่มีปริมาณไดเมทิลไซลอกเซน 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ให้ค่าปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะผิวของถั่วมือเคลือบ ที่ไดเมทิลไซลอกเซนปริมาณดังกล่าว พอลิเมอร์เคลือบมีการแผ่กระจายบนผิวยางได้ดีที่สุด (รูปที่ 4.6B) แสดงให้เห็นว่าไดเมทิลไซลอกเซน 20% โดยน้ำหนัก พอลิเมอร์เคลือบน่าจะมีประสิทธิภาพในการเคลือบสูงสุด จึงสามารถป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนได้ดีที่สุด

ตารางที่ 4.5 ผลของปริมาณสารเพิ่มความชื้นต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถั่วมือเคลือบ

| ไดเมทิลไซลอกเซน (% by wt. of polymer) | ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) |
|--|--|
| ถั่วมือไม่เคลือบ | 216.96 |
| 0 | 48.50 |
| 10 | 42.27 |
| 20 | 36.61 |
| 30 | 39.68 |



รูปที่ 4.9 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบที่ปริมาณสารเพิ่มความลื่นแตกต่างกัน

4.2.3 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบต่อสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบ

ผลการศึกษาปริมาณสารเพิ่มความลื่นในข้อ 4.2.2 พบว่าปริมาณไดเมทิลไซลอคเซนที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบอยู่ในช่วง 10-20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เลือกพอลิเมอร์เคลือบสูตรดังกล่าว มาแปรความเข้มข้น เป็น 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.1.3 แล้วทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์เคลือบและถุงมือเคลือบได้ผลดังนี้

4.2.3.1 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบต่อความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

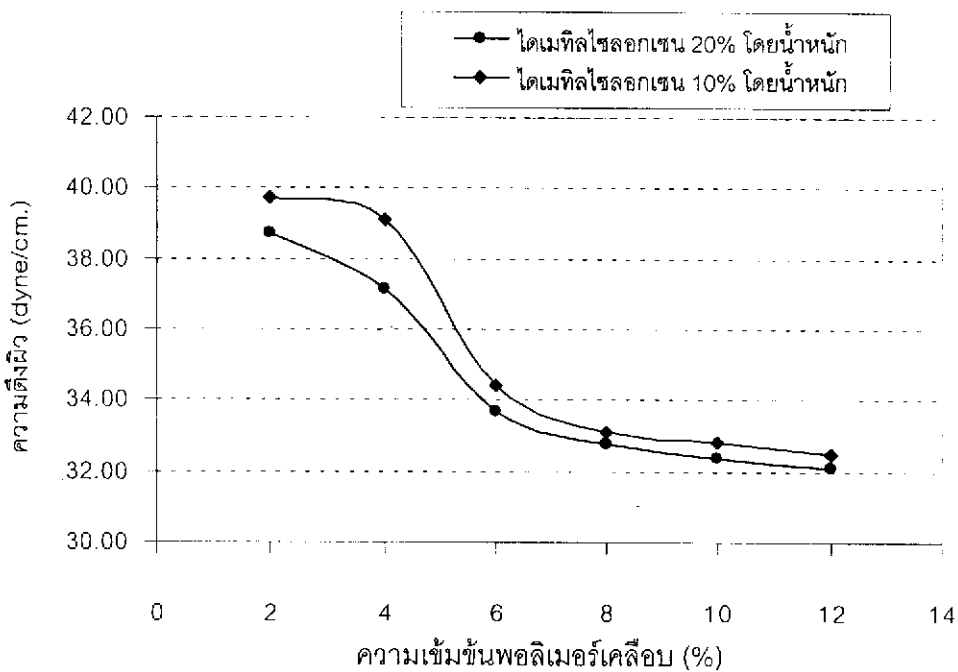
ผลของความเข้มข้นต่อความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ แสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.10 พบว่าความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เหมือนกันทั้งปริมาณไดเมทิลไซลอคเซน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ โดยความตึงผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากอนุภาคของพอลิเมอร์เคลือบเข้าไปแทรกระหว่างโมเลกุลของน้ำ และลดพื้นที่ของน้ำที่สัมผัสกับอากาศ ความตึงผิวของระบบจึงลดลง ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่เมื่อความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบเกิน 6% โดยน้ำหนัก อัตราการลดลงของความตึงผิวจะน้อยกว่าในช่วงแรก และลดลงอย่างช้าๆ

อาจเนื่องมาจาก ความหนาแน่นของอนุภาคพอลิเมอร์เคลือบในระบบเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว ทำให้ความเข้มข้นของสารในระบบมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ผิวของระบบน้อยลง

ตารางที่ 4.6 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ ต่อความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

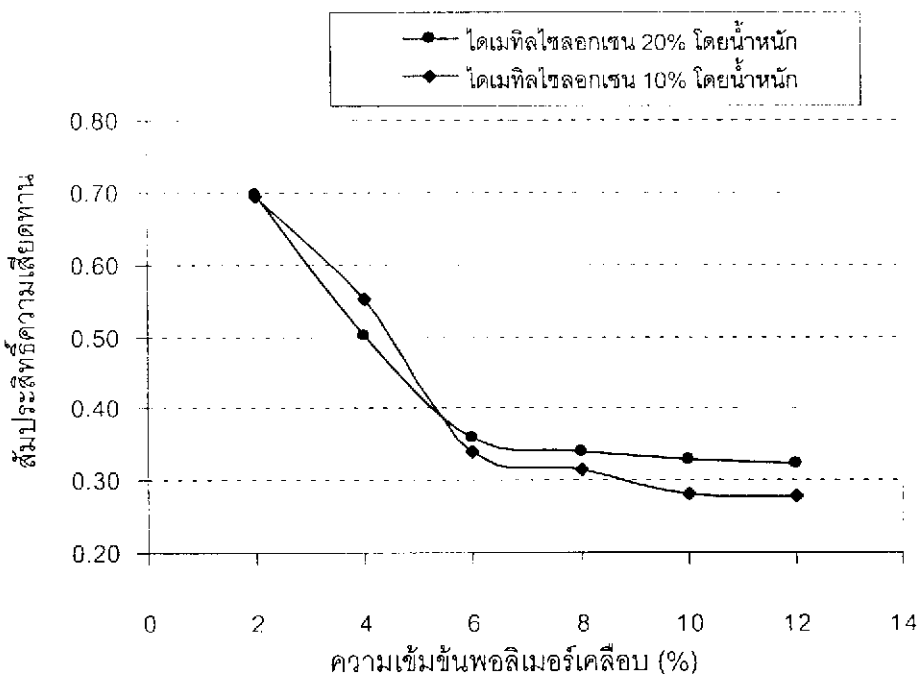
| ความเข้มข้นพอลิเมอร์ (% by wt.) | ความตึงผิว (dyne/cm.) | | สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน | |
|------------------------------------|-----------------------|--------|--------------------------|--------|
| | สูตร 1 | สูตร 2 | สูตร 1 | สูตร 2 |
| 2 | 39.73 | 38.70 | 0.6952 | 0.6961 |
| 4 | 39.13 | 37.13 | 0.5520 | 0.5010 |
| 6 | 34.40 | 33.70 | 0.3391 | 0.3603 |
| 8 | 33.10 | 32.77 | 0.3154 | 0.3409 |
| 10 | 32.83 | 32.37 | 0.2799 | 0.3286 |
| 12 | 32.47 | 32.07 | 0.2782 | 0.3225 |

หมายเหตุ สูตร 1 และ 2 คือ สารเคลือบที่มีปริมาณไดเมทิลไซลอกเซน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

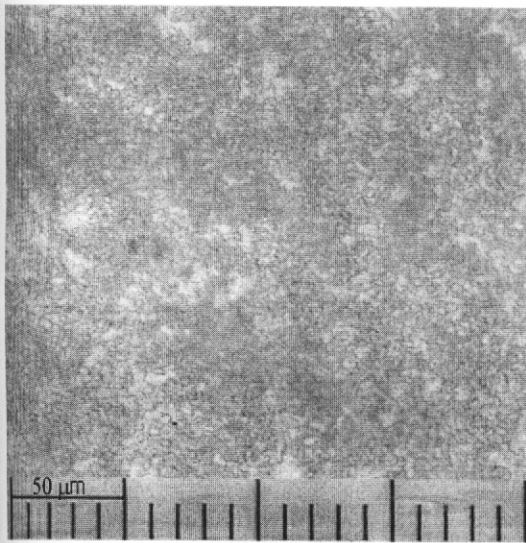


รูปที่ 4.10 ความตึงผิวของพอลิเมอร์เคลือบที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

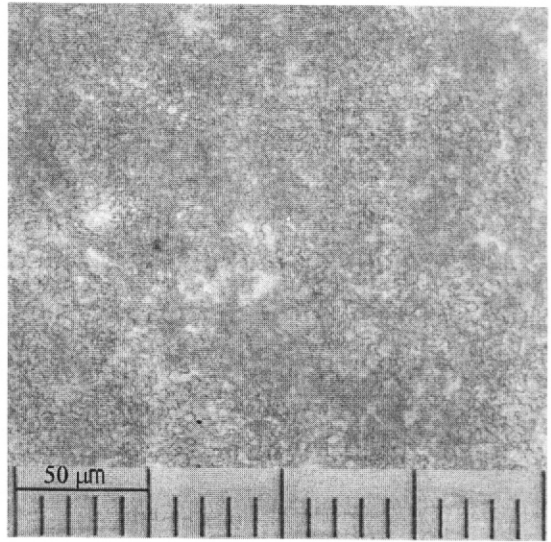
สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบลดลง เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์เคลือบเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.11 เหมือนกันทั้งระดับไดเมทิลไซลอคเซน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ซึ่งจากการศึกษาลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบ จะเห็นว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (2% โดยน้ำหนัก) พอลิเมอร์เคลือบจะติดบนผิวยางไม่ทั้งถึง มีช่องว่างระหว่างอนุภาคมาก และช่องว่างดังกล่าวจะน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบเพิ่มขึ้น ทำให้ฟิล์มเคลือบมีสัมประสิทธิ์ความเสียหายต่ำลง โดยฟิล์มเคลือบที่ความเข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะให้อนุภาคพอลิเมอร์เคลือบมีขนาดเล็ก และกระจายตัวสม่ำเสมอว่าที่ 4 และ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในขณะที่ที่ความเข้มข้น 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พอลิเมอร์เคลือบจะเป็นฟิล์มหนาขึ้น โดยชั้นล่างเกิดเป็นแผ่นฟิล์ม และมีส่วนของอนุภาคพอลิเมอร์กระจายอยู่ที่ผิวด้านบน ดังรูปที่ 4.12



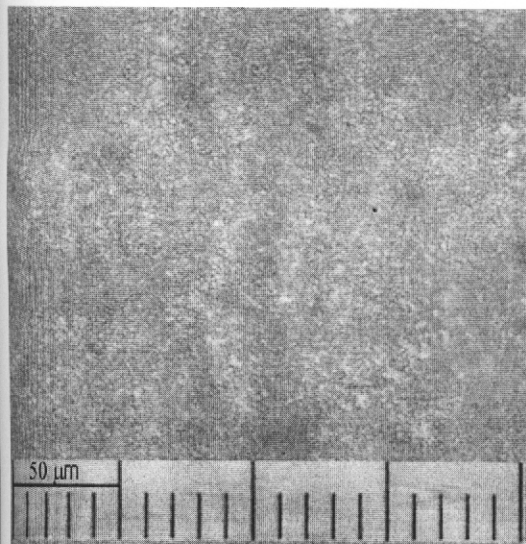
รูปที่ 4.11 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบแตกต่างกัน



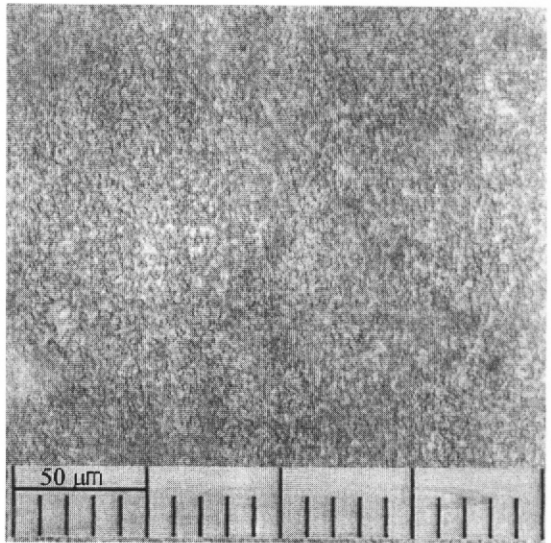
TSC = 2%



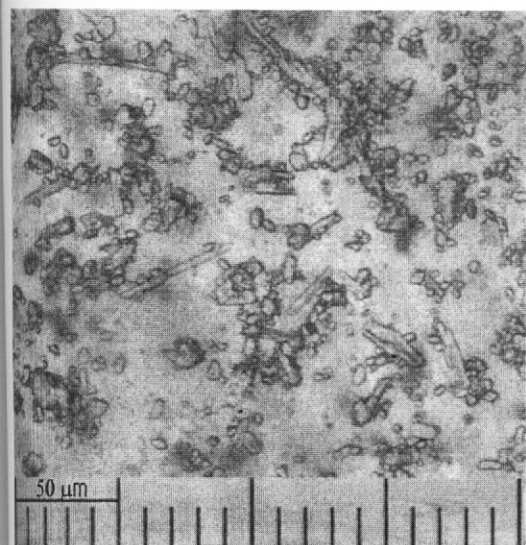
TSC = 4%



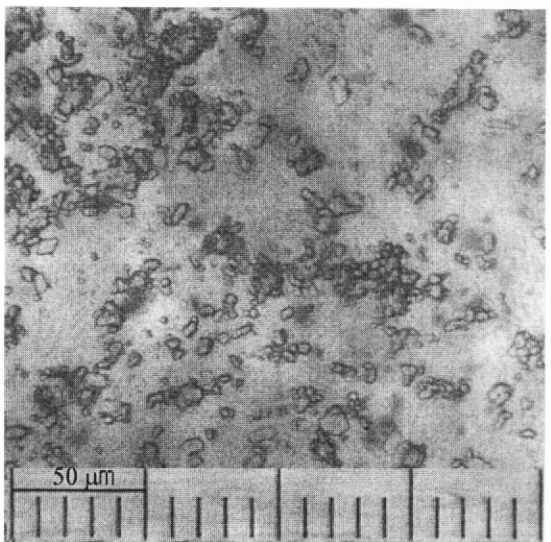
TSC = 6%



TSC = 8%



TSC = 10%



TSC = 12%

รูปที่ 4.12 ลักษณะผิวยางที่ความเข้มข้นสารเคลือบแตกต่างกัน จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย

400 เท่า

4.2.3.2 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ ต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบที่ระดับไดเมทิลไซลอคเซน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ต่อโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบ แสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบสูงกว่าถุงมือไม่เคลือบ และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบสูงขึ้น โดยถุงมือ เคลือบมีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% สูงสุด เมื่อเคลือบด้วยพอลิเมอร์เข้มข้น 10% โดยน้ำหนัก และมีแนวโน้มลดลงที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 12% โดยน้ำหนัก เนื่องจากพอลิเมอร์ เคลือบเกิดเป็นฟิล์มหนาและอาจเกิดการแตกก่อนการยืดถึง 500% โดยให้ผลเหมือนกันทั้งระดับสารเพิ่มความลื่น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

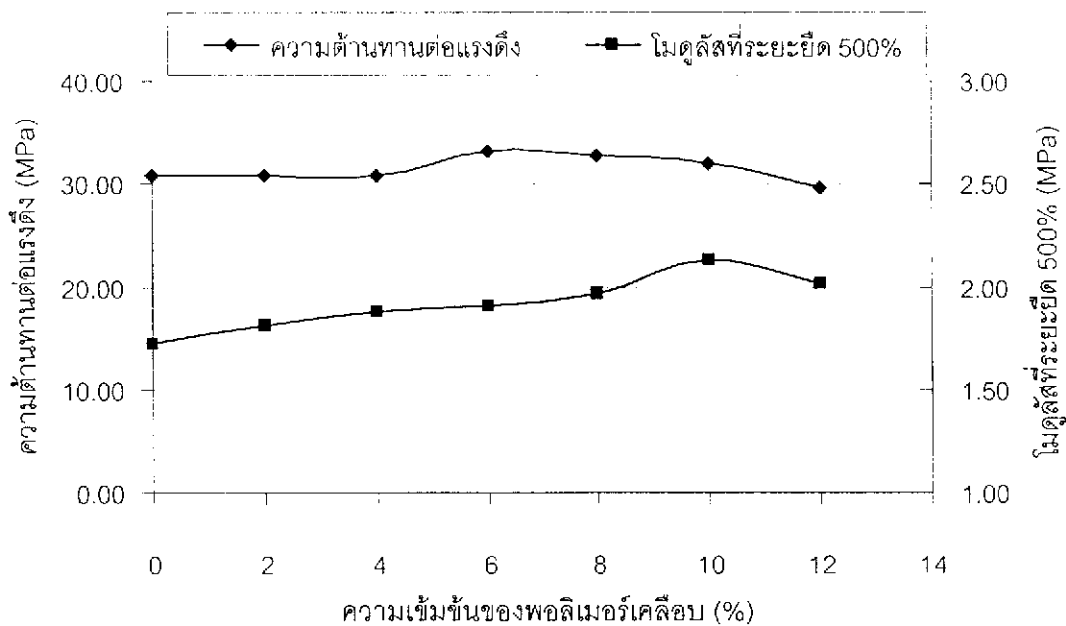
ความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้พอลิเมอร์เคลือบเข้มข้น 6% โดยน้ำหนัก และลดลงอย่างชัดเจนเมื่อความเข้มข้นเกิน 10% โดยน้ำหนัก สำหรับพอลิเมอร์เคลือบที่มีสารเพิ่มความลื่น 10% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ และ 12% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบที่มีสารเพิ่มความลื่น 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ซึ่งน่าจะมีเหตุผลมาจากพอลิเมอร์เคลือบเกิดเป็นฟิล์มหนาขึ้น ความแข็งแรงของถุงมือเคลือบขึ้นอยู่กับฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบมากขึ้น และอาจเกิดการแตกและแยกชั้นของฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบจากผิวยาง โดยพอลิเมอร์เคลือบที่มีปริมาณสารเพิ่มความลื่นมากกว่าเกิดการยืดได้ดีกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ความต้านทานต่อแรงดึงจึงลดต่ำลงที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.7 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบที่ระดับสารเพิ่มความลื่น 10% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

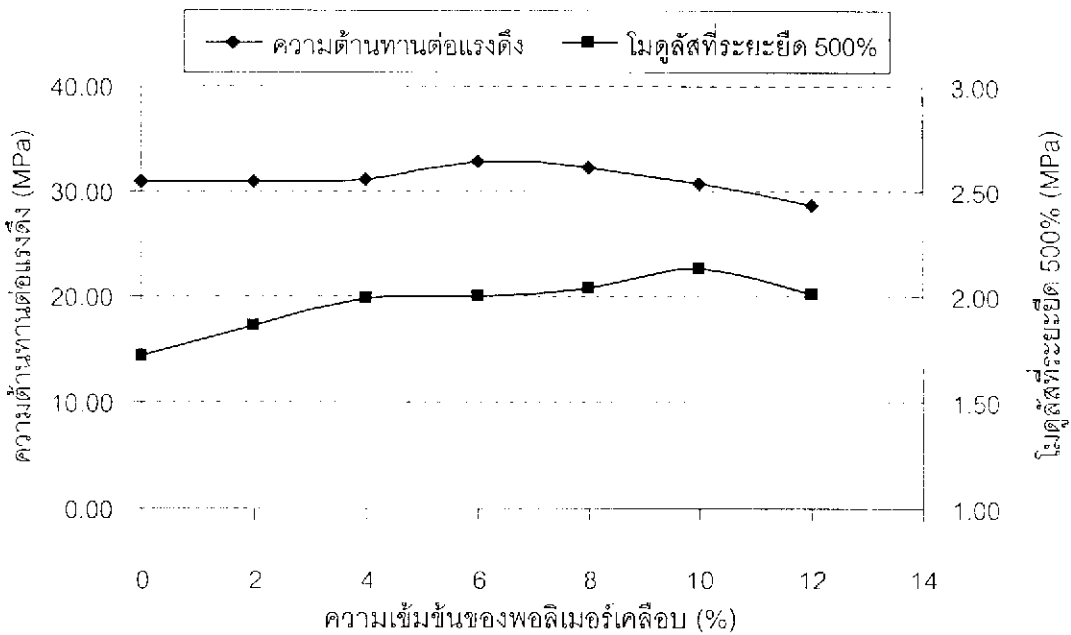
| ความเข้มข้นพอลิเมอร์ (% by wt.) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 0 | 1.719 | 30.883 | 1000 |
| 2 | 1.860 | 30.963 | 975 |
| 4 | 1.989 | 31.103 | 985 |
| 6 | 2.002 | 32.883 | 1000 |
| 8 | 2.034 | 32.346 | 995 |
| 10 | 2.135 | 30.728 | 950 |
| 12 | 2.012 | 28.650 | 823 |

ตารางที่ 4.8 ผลของความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ ที่ระดับสารเพิ่มความลื่น 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

| ความเข้มข้นพอลิเมอร์ (% by wt.) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) |
|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 0 | 1.719 | 30.883 | 1000 |
| 2 | 1.805 | 30.875 | 975 |
| 4 | 1.876 | 30.882 | 975 |
| 6 | 1.907 | 33.105 | 993 |
| 8 | 1.970 | 32.745 | 1000 |
| 10 | 2.135 | 32.037 | 975 |
| 12 | 2.012 | 29.725 | 900 |

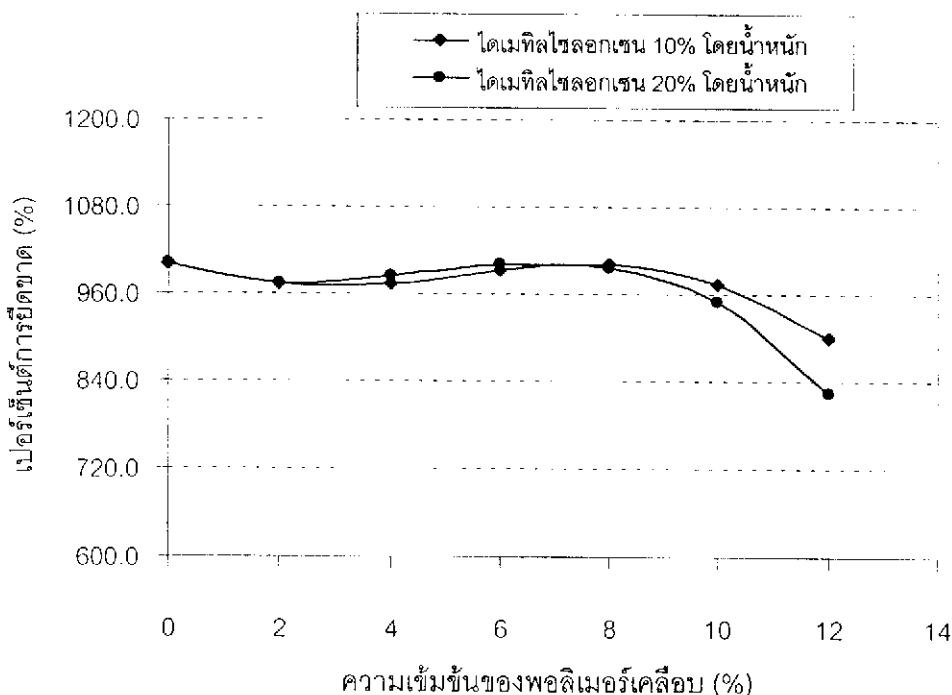


รูปที่ 4.13 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบแตกต่างกัน และสารเพิ่มความลื่น 10% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์



รูปที่ 4.14 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบแตกต่างกัน และสารเพิ่มความยืด 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

การเคลือบถุงมือทำให้ถุงมือยืดได้น้อยลง เปอร์เซ็นต์การยืดขาดจึงลดลงเล็กน้อย โดยเปอร์เซ็นต์การยืดขาดมีค่าสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 6-8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วลดลงเมื่อความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบสูงเกิน 10% โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.15 เนื่องจากอาจเกิดการแตกและแยกชั้นจากผิวยาง ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบผ่านเกณฑ์มาตรฐานในทุกคุณสมบัติที่กำหนด (ASTM D3577 และ ASTM D3578)



รูปที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบต่างกัน

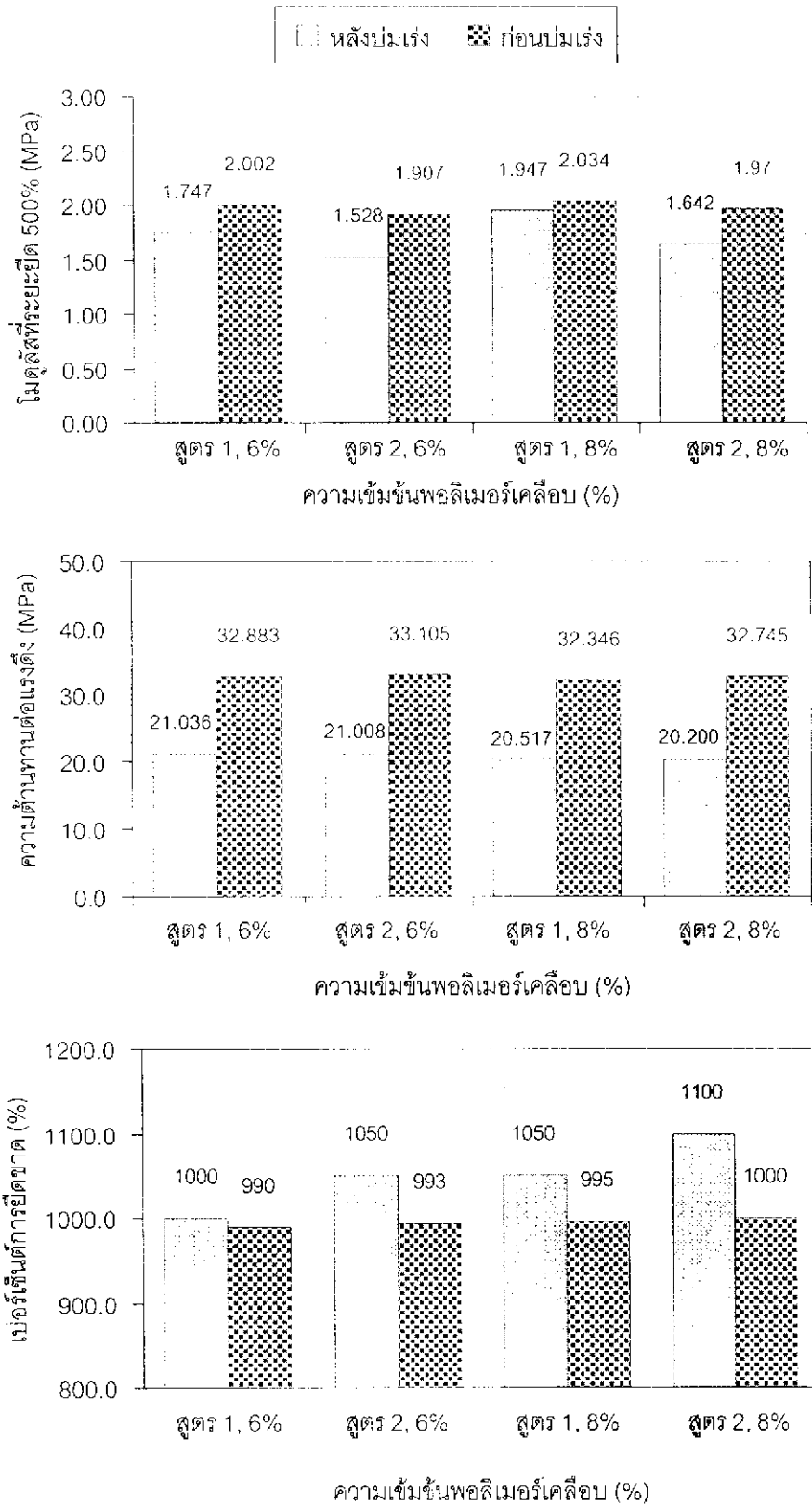
4.2.4 ผลของการบ่มเร่งต่อสมบัติของถุงมือเคลือบ

เลือกถุงมือเคลือบที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์เคลือบสูตรที่ให้สมบัติของพอลิเมอร์เคลือบ และถุงมือหลังการเคลือบดีที่สุด คือ อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 ปริมาณสารเพิ่มความชื้น 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ และความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทดสอบสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบหลังการบ่มเร่งเปรียบเทียบกับก่อนการบ่มเร่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ รูปที่ 4.16 พบว่า ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาด ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D 3577 โดย ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึง ของถุงมือเคลือบหลังการบ่มเร่งมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยืดขาดมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการเสื่อมสภาพของยางและพอลิเมอร์เคลือบจากการบ่มเร่ง ทำให้ความแข็งแรงของถุงมือเคลือบลดลง และยืดได้มากขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.9 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบก่อนและหลังการบ่มแรง ที่ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปริมาณสารเพิ่มความลื่น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

| สูตร, ความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) | |
|----------------------------------|------------------------------|------------|----------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| สูตร 1, 6% | 2.002 | 1.747 | 32.883 | 21.036 | 990 | 1000 |
| สูตร 1, 8% | 2.034 | 1.947 | 32.346 | 20.517 | 995 | 1050 |
| สูตร 2, 6% | 1.907 | 1.528 | 33.105 | 21.008 | 993 | 1050 |
| สูตร 2, 8% | 1.970 | 1.642 | 32.745 | 20.200 | 1000 | 1100 |

หมายเหตุ สูตร 1 และ 2 คือ สารเคลือบที่มีปริมาณไดเมทิลไซลอกเซน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์



รูปที่ 4.16 สมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการบ่มแรงของถุงมือ ที่ความเข้มข้น 6% และ 8% โดยน้ำหนัก และสูตร 1 และ 2 คือ สารเคลือบที่มีปริมาณไดเมทิลไซลอกเซน 10% และ 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

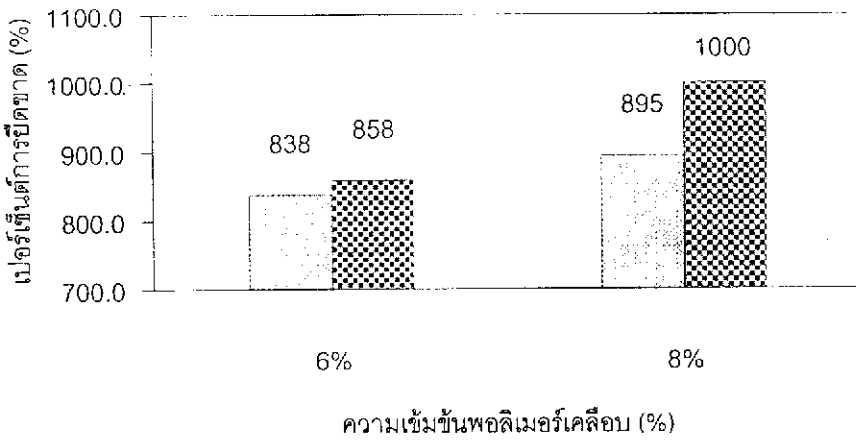
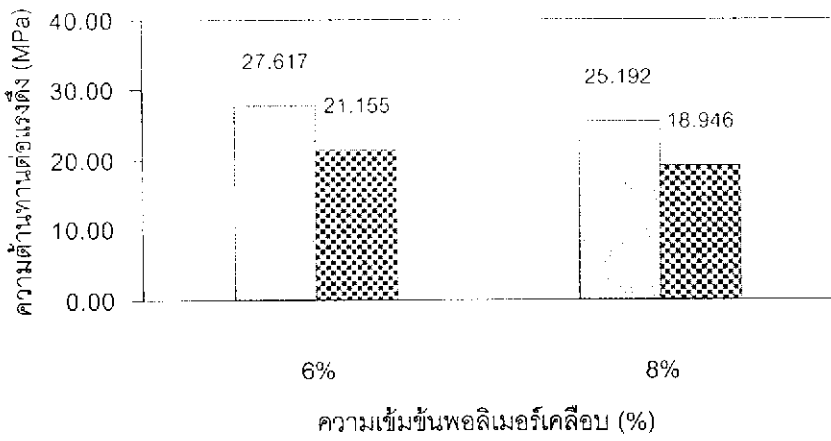
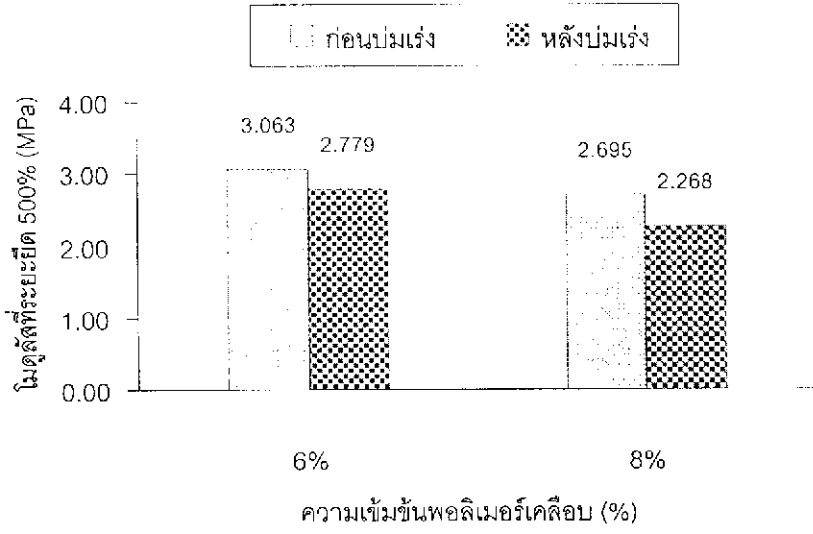
4.2.5 ความเป็นไปได้ของการใช้พอลิเมอร์เคลือบกับคอมปาวด์งู่มือจากโรงงาน

ผลการเคลือบงู่มือที่ผลิตจากคอมปาวด์ของโรงงานเซาท์แลนด์โปรดักส์ จำกัด ด้วยพอลิเมอร์เคลือบสูตรที่มีอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 ปริมาณสารเพิ่มความลื่น 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ และความเข้มข้นพอลิเมอร์เคลือบ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามวิธีการในข้อ 3.3.4.1.5 ได้สมบัติของงู่มือเคลือบดังตารางที่ 4.10 และ รูปที่ 4.17 พบว่า พอลิเมอร์เคลือบที่อัตราส่วน และความเข้มข้น ดังกล่าว สามารถเคลือบติดบนฟิล์มยางได้ดี ให้ฟิล์มผิวเรียบสม่ำเสมอ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของงู่มือเคลือบ ที่ความเข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.3503 และ 0.3317 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่างู่มือเคลือบที่เตรียมจากน้ำยางคอมปาวด์ในการทดลองเล็กน้อย ทั้งนี้จะเนื่องมาจากสูตรคอมปาวด์ที่แตกต่างกัน

ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาด ของงู่มือผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D 3577 และค่า ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึงของงู่มือเคลือบหลังการบ่มเร่งมีค่าลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยืดขาดมีค่าสูงขึ้น เหมือนกับกรณีการใช้คอมปาวด์ในห้องทดลอง แต่สมบัติเชิงฟิสิกส์ของงู่มือเคลือบจากคอมปาวด์ของโรงงานทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่ง จะดีกว่าที่เตรียมจากคอมปาวด์ในการทดลองเล็กน้อย ซึ่งน่าจะขึ้นอยู่กับสูตรคอมปาวด์ที่ใช้ และอายุการเก็บน้ำยางต่างกัน

ตารางที่ 4.10 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของงู่มือเคลือบก่อนและหลังการบ่มเร่ง ที่ใช้คอมปาวด์งู่มือจากโรงงาน และเคลือบด้วยพอลิเมอร์เข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ปริมาณสารเพิ่มความลื่น 20%โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์

| ความเข้มข้น (%) | 500% Modulus. (MPa) | | Tensile Strength (MPa) | | Elongation at break (%) | |
|-----------------|---------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | ก่อน ageing | หลัง ageing | ก่อน ageing | หลัง ageing | ก่อน ageing | หลัง ageing |
| 6 | 3.063 | 2.779 | 27.617 | 21.155 | 838 | 858 |
| 8 | 2.695 | 2.268 | 25.192 | 18.946 | 895 | 1000 |



รูปที่ 4.17 สมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการบ่มแรงของถุงมือเคลือบที่เตรียมจากคอมปาวด์ถุงมือจากโรงงาน และความเข้มข้นสารเคลือบ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4.2.6 ผลของวิธีการล้าง (leaching) ต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือ

ผลการศึกษาวิธีการล้างถุงมือ พบว่า การล้างถุงมือสองครั้งทั้งก่อนและหลังการเคลือบ (แบบที่ 2) ตามขั้นตอนการเตรียมในรูปที่ 3.10 สามารถลดปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือได้มากกว่าการเคลือบถุงมือก่อนการล้าง และล้างถุงมือเคลือบเพียงครั้งเดียว (แบบที่ 1) ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.9 โดยให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้เป็น 39.49 $\mu\text{g/g}$ และ 32.65 $\mu\text{g/g}$ ดังตารางที่ 4.11 ทั้งนี้เนื่องจากการล้างถุงมือก่อนการเคลือบ ทำให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในเนื้อยาง ซึ่งหลังจากอบแห้งจะกระจายอยู่บริเวณผิวด้านนอกของถุงมือเป็นส่วนใหญ่ (Darilymple and Audey, 1993; Yeang and Yusof, 1993; Yeang *et al.*, 1993) ถูกชะล้างออกไปก่อนการเคลือบ ทำให้ปริมาณโปรตีนในถุงมือเคลือบลดลง อย่างไรก็ตามการเคลือบถุงมือหลังการอบแห้งและล้าง ตามวิธีที่ศึกษานี้ไม่เหมาะสำหรับการเตรียมถุงมือเคลือบ เนื่องจากการล้างถุงมือก่อนการเคลือบ ทำให้ประสิทธิภาพการแผ่กระจายของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางต่ำลง พอลิเมอร์เคลือบติดผิวยางไม่สม่ำเสมอ หรืออาจจำเป็นต้องใช้สารช่วยเปียกผิว (wetting agent) เป็นตัวเสริมให้การเคลือบเกิดอย่างสม่ำเสมอและดีขึ้น

ตารางที่ 4.11 ผลของวิธีการเคลือบและการล้าง ต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบ

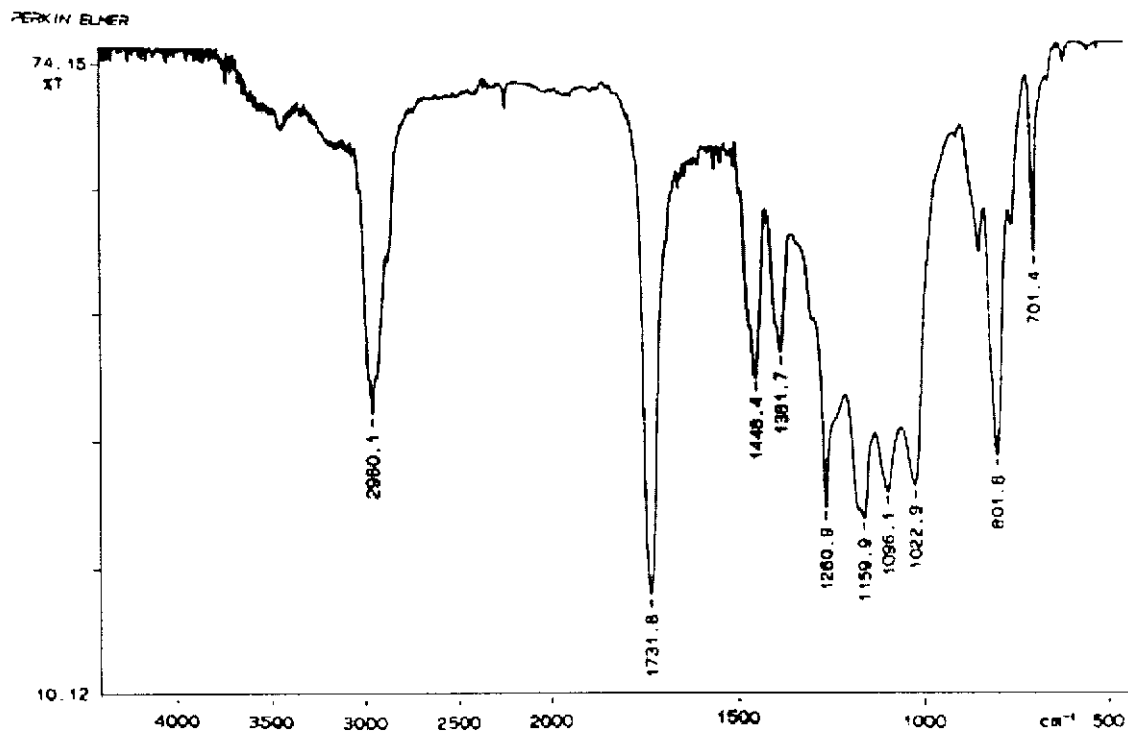
| วิธีการเตรียมถุงมือเคลือบ | โปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) |
|---------------------------|---------------------------------------|
| แบบที่ 1 | 39.49 |
| แบบที่ 2 | 32.65 |

จากการศึกษา การเคลือบผิวด้านนอกถุงมือด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 พบว่า สูตรที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบ จะมีอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl A-633 เท่ากับ 3:1 และปริมาณไดเมทิลไซลอคเซน 20% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ โดยพอลิเมอร์เคลือบสูตรดังกล่าวนี้มีสมบัติต่างๆ ดังนี้ ค่า pH เท่ากับ 9.7, ขนาดอนุภาคประมาณ 0.117 μm , มีค่า Tg ที่ 0.88 $^{\circ}\text{C}$, 27.24 $^{\circ}\text{C}$ และ 54.25 $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่า Tg ของพอลิเมอร์กลุ่ม acrylate และที่ 90.10 $^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่า Tg ของ polystyrene ค่า Tg ของพอลิเมอร์ที่นิยมใช้ในการเคลือบถุงมือด้วยพอลิเมอร์กลุ่มอะคริลิก แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่า Tg ของพอลิเมอร์บางชนิดที่นิยมใช้ในงานเคลือบ (Cowie, 1991)

| ชนิดของพอลิเมอร์ | ค่า Tg (°C) |
|---------------------------|-------------|
| Polyacrylonitrile | 105 |
| polymethacrylonitrile | 120 |
| Poly(vinyl acetate) | 28 |
| Poly(methyl acrylate) | 6 |
| Poly(ethyl acrylate) | -24 |
| Poly(propyl acrylate) | -48 |
| Poly(butyl acrylate) | -55 |
| Polystyrene | 100 |
| Poly(methyl methacrylate) | 105 |
| Poly(ethyl methacrylate) | 65 |
| Poly(propyl methacrylate) | 35 |
| Poly(dimethyl siloxane) | -123 |

การวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์เคลือบด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR) ได้สเปกตรัมการดูดกลืนดังรูปที่ 4.18 ซึ่งพบเลขคลื่นที่ตำแหน่ง 2960 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C-H ในหมู่ฟังก์ชัน $-\text{CH}_2$ และ $-\text{CH}_3$ ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1732 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C=O ของในสารประกอบกลุ่มอะคริเลท ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1448 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C-O ในเกลือของกรดคาร์บอกซิลิก ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1382 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบงอของพันธะ C-H ในสายโซ่อัลคิล ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 802 cm^{-1} และ 701 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบงอของพันธะ C-H ในเบนซีนที่มีหมู่แทนที่ (พิมพิจิต และวัชรินทร์, 2542) ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1261 cm^{-1} แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ Si-C และที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1023 cm^{-1} และ 1096 cm^{-1} สองพีคติดกันแสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ Si-O-Si ในสารประกอบไดเมทิลไซลอกเซน (Wipawee, 2543) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพอลิเมอร์เคลือบประกอบด้วยพอลิเมอร์หลักที่สำคัญ คือ อะคริเลท สไตรีน และไดเมทิลไซลอกเซน



รูปที่ 4.18 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของพอลิเมอร์เคลือบสูตร NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633

4.3 การเคลือบสองด้าน

การเคลือบสองด้าน เป็นการเคลือบถุงมือทั้งด้านนอกและด้านใน โดยใช้พอลิเมอร์ชนิดเดียวกัน ผิวด้านนอกเคลือบด้วยสารเคลือบสูตรเดียวกันและสภาวะเดียวกัน ส่วนด้านในแปร ความเข้มข้นสารเคลือบ องค์ประกอบของสารเคลือบ และสภาวะการเคลือบ เตรียมถุงมือโดยเคลือบด้วยพอลิเมอร์สองกลุ่ม คือ ของผสมระหว่าง NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 และใช้ DC 36 ปริมาณ 15% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ เป็นสารเพิ่มความลื่น ได้ผลดังนี้

4.3.1 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อสมบัติของสารเคลือบ และถุงมือเคลือบ

การเคลือบถุงมือสองด้านด้วย NeoCryl XK-51 และ NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl XK-51 โดยเคลือบผิวด้านในและด้านนอก ด้วยสารเคลือบเข้มข้น 4% และ 6% โดยน้ำหนัก ดังวิธีการทดลองในข้อ 3.3.4.2.2.1 และ 3.3.4.2.1.2 ตามลำดับ ทดสอบสมบัติของสารเคลือบ พบว่า NeoCryl XK-51 เพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้เป็นสารเคลือบผิวด้านในได้ เนื่องจากสารเคลือบเกาะติดบนแบบพิมพ์ไม่สม่ำเสมอ และการลดความเข้มข้นสารเคลือบลงเหลือ 2% โดยน้ำหนัก การเพิ่มปริมาณสารช่วยเปียก และการเปลี่ยนชนิดของสารรักษาความเสถียร ไม่ได้ทำให้การติดแบบพิมพ์ของสารเคลือบดีขึ้น ในขณะที่การเคลือบด้านนอกเกิดได้ดี เนื่องจากสารเคลือบมีความหนืดสูง จึงผสมกับ NeoCryl A-45 ซึ่งจากการศึกษาในข้อ 4.2 พบว่าให้ลักษณะการเคลือบที่ดี แล้วศึกษาสมบัติของสารเคลือบ และถุงมือเคลือบ ได้ผลดังนี้

4.3.1.1 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl A-633 ต่อลักษณะผิวและการยึดติดของถุงมือเคลือบ

การศึกษาลักษณะผิวและการยึดติดของสารเคลือบกับผิวยางธรรมชาติ พบว่า การเคลือบผิวด้านในที่อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เท่ากับ 3:1 สารเคลือบติดแบบพิมพ์ได้ง่ายและให้ถุงมือมีความสม่ำเสมอมากที่สุด รองลงมาเป็นอัตราส่วน 2:1 และ 1:1 ตามลำดับ ลักษณะของฟิล์มสารเคลือบบนแบบพิมพ์ ก่อนการอบแห้งจะติดเป็นฟิล์มหนากว่าการใช้ NeoCryl A-45 ร่วมกับ NeoCryl A-633 และความหนาของฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของ NeoCryl XK-51 ในสารเคลือบมากขึ้น ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากความหนืดของสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.13 ทำให้ติดแบบพิมพ์ได้หนาแต่ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ส่วนการเคลือบผิวด้านนอกที่อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เท่ากับ 1:1 การติดผิวของสารเคลือบบนผิวยางจะ

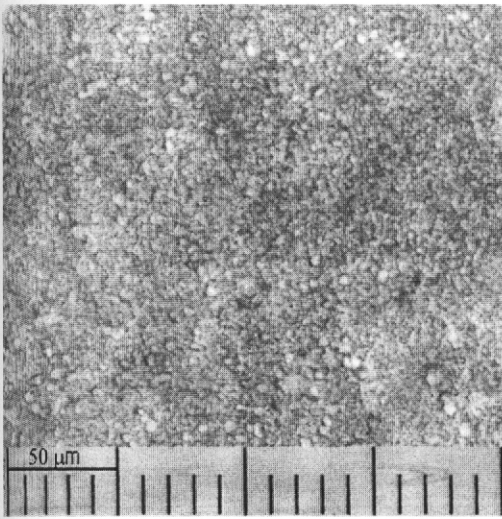
เกิดได้ง่ายและให้ฟิล์มเคลือบหนา ดังรูปที่ 4.19 การทดสอบการยึดติดโดยการดึง พบว่า สารเคลือบทั้งสามอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 สามารถยึดติดกับผิวยางได้ดีไม่เกิดการแยกชั้นระหว่างการดึง

4.3.1.2 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อความตึงผิวของสารเคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

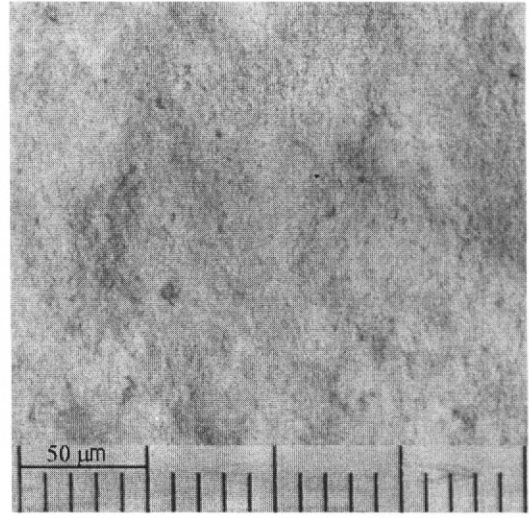
ความตึงผิวของสารเคลือบทั้งสารเคลือบด้านในและด้านนอกเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ในสารเคลือบเพิ่มขึ้น และสารเคลือบด้านในซึ่งมีส่วนผสมของสารช่วยจับตัวจะให้ความตึงผิวสูงกว่าสารเคลือบด้านนอก ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.20 เนื่องจากสารช่วยจับตัวในสารเคลือบ ซึ่งคือ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ CaCl_2 เป็นเกลืออนินทรีย์ เมื่อเติมลงในสารเคลือบทำให้ความตึงผิวของระบบเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.21 นอกจากนี้อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ในสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ให้ความหนืดของสารเคลือบลดลงส่งผลให้ความตึงผิวของสารเคลือบเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.13 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อความตึงผิวและความหนืดของสารเคลือบ

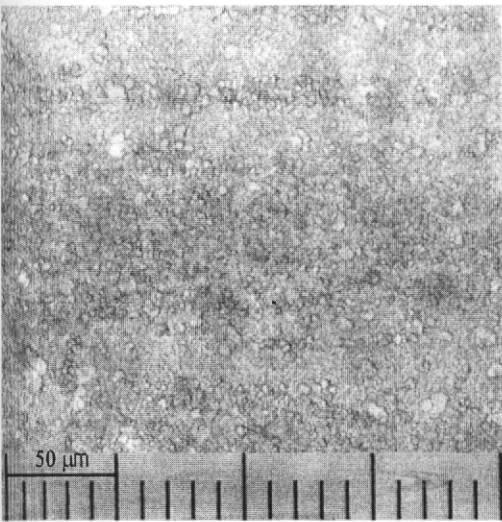
| NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 | ความตึงผิวสารเคลือบ (dyne/cm.) | | ความหนืดสารเคลือบ ด้านใน (cps.) |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------------------|
| | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก | |
| 1:1 | 33.97 | 31.07 | 17.4 |
| 2:1 | 37.80 | 33.10 | 15.6 |
| 3:1 | 38.43 | 36.60 | 14.9 |



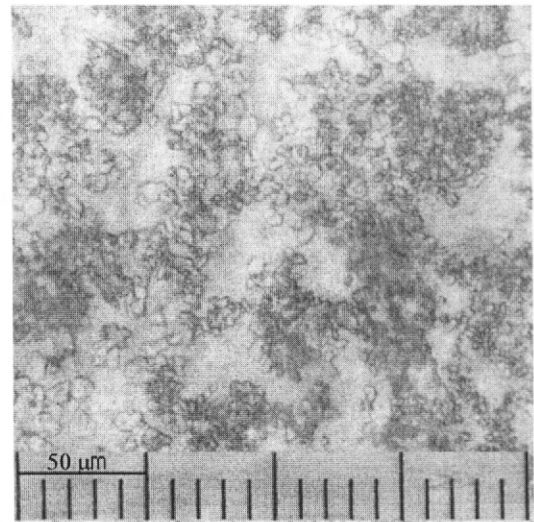
A : ผิวด้านในของอัตราส่วน 1:1



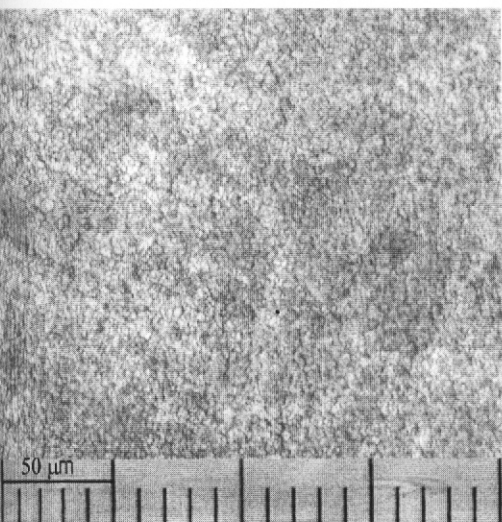
B : ผิวด้านนอกของอัตราส่วน 1:1



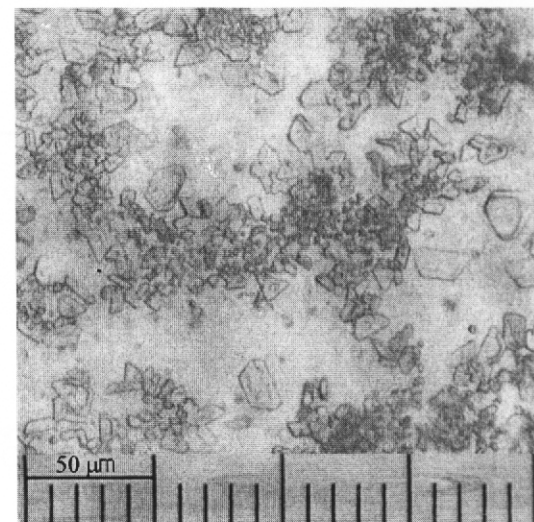
C : ผิวด้านในของอัตราส่วน 2:1



D : ผิวด้านนอกของอัตราส่วน 2:1

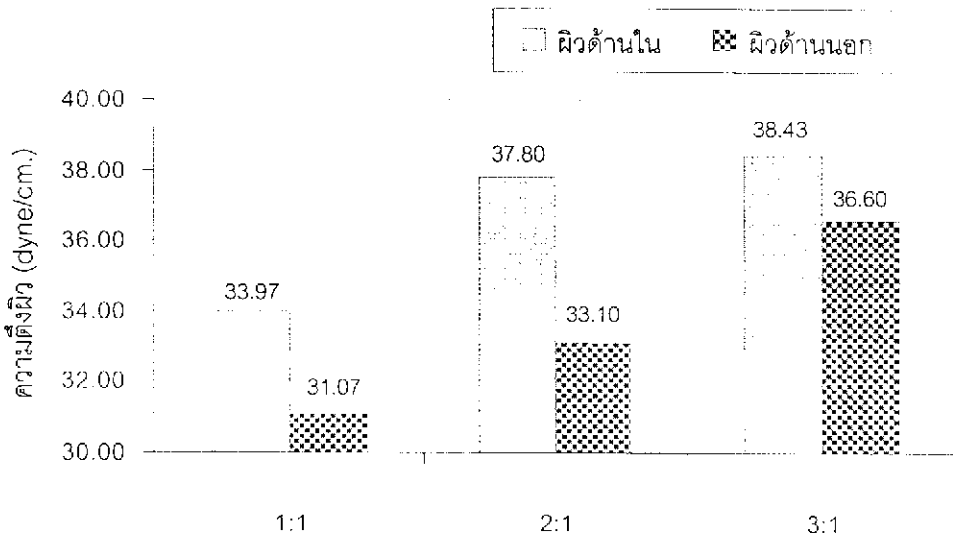


E : ผิวด้านในของอัตราส่วน 3:1



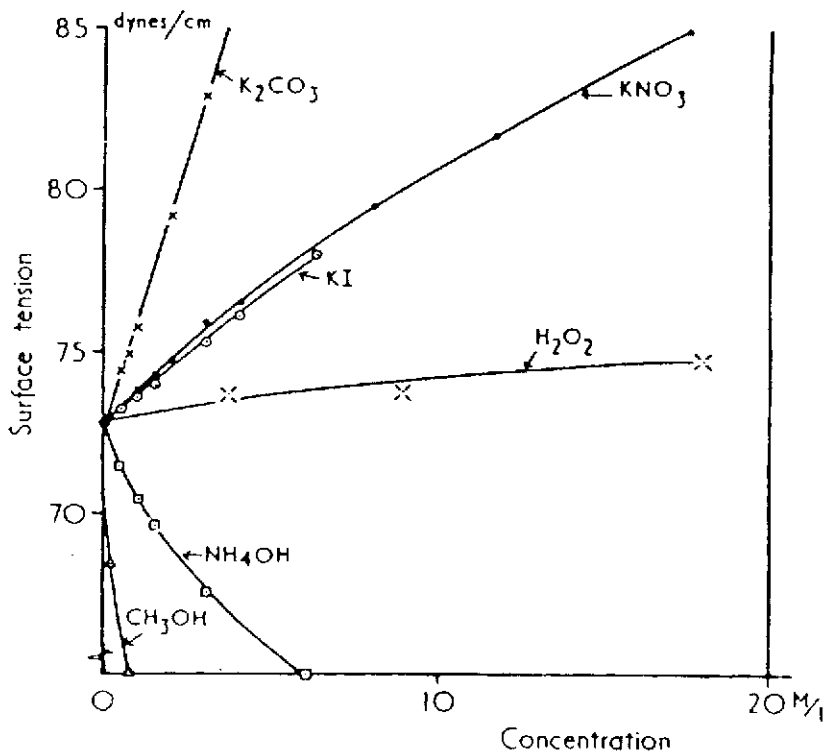
F : ผิวด้านนอกของอัตราส่วน 3:1

รูปที่ 4.19 ลักษณะผิวยางที่แปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า



อัตราส่วนของ NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51

รูปที่ 4.20 ความตึงผิวของสารเคลือบด้านในและด้านนอกที่แปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51

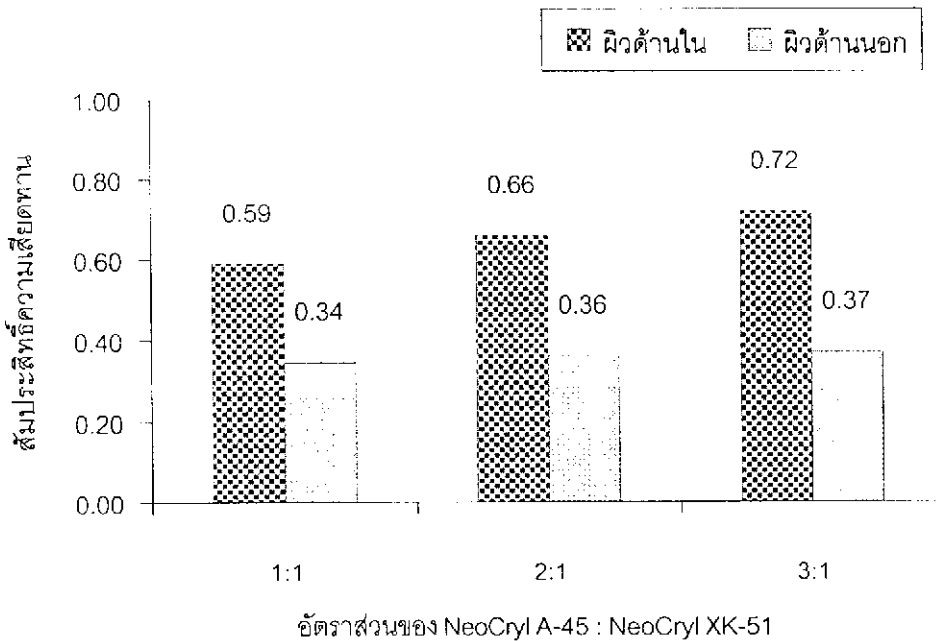


รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงความตึงผิว จากการเติมสารบางชนิดความเข้มข้นต่างๆ ลงในระบบ ซึ่งเป็นน้ำกลั่น (Kaoru, 1998)

สัมประสิทธิ์ความเสียหายของฟิล์มเคลือบลดลงตามอัตราส่วนของ NeoCryl XK-51 ในสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 เท่ากับ 1:1 ผนังเคลือบจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายทั้งผิวด้านในและด้านนอกต่ำสุด รองลงมาเป็นอัตราส่วน 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเนื่องมาจากสมบัติพื้นฐานของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ NeoCryl A-45 มีลักษณะยืดหยุ่น ในขณะที่ NeoCryl XK-51 จะให้ผนังเคลือบที่หนา และอัตราการลดลงของสัมประสิทธิ์ความเสียหายผิวด้านในจะสูงกว่าผิวด้านนอก ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.14 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของผนังเคลือบ

| NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 | ส.ป.ส.ความเสียหาย | |
|------------------------------|-------------------|------------|
| | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก |
| 1:1 | 0.3432 | 0.5895 |
| 2:1 | 0.3609 | 0.6625 |
| 3:1 | 0.3718 | 0.7202 |



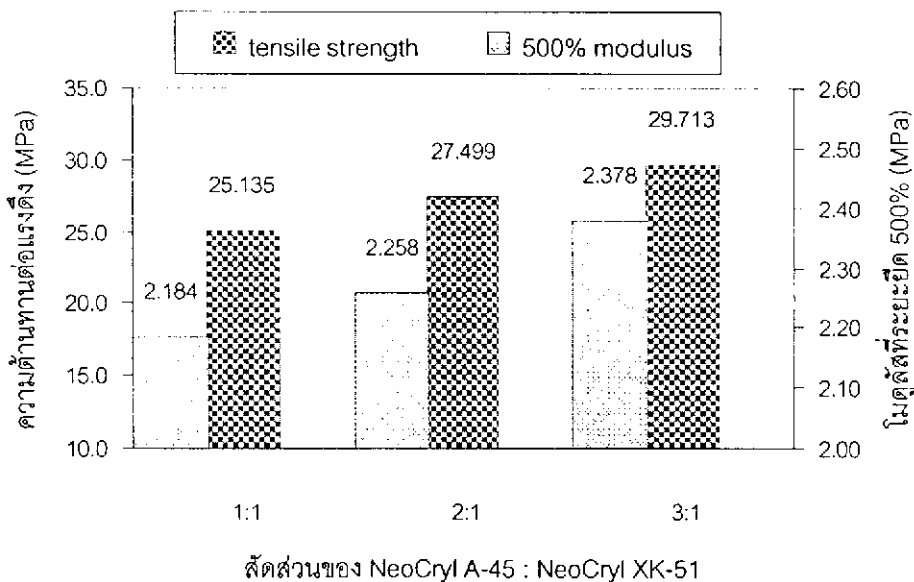
รูปที่ 4.22 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของผนังเคลือบที่แปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51

4.3.1.3 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

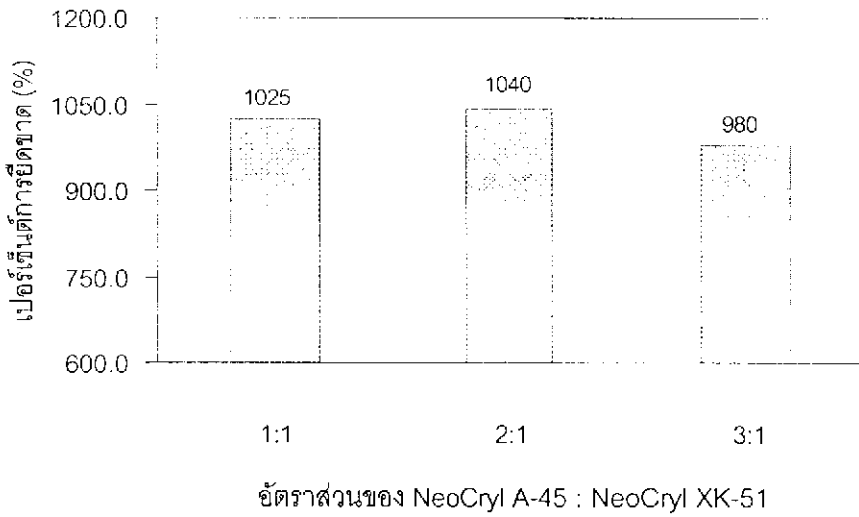
อัตราส่วนของอะคริลิกพอลิเมอร์ที่ใช้ในสารเคลือบมีผลต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ กล่าวคือ สารเคลือบที่อัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เท่ากับ 3:1 ให้สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบดีที่สุด ดังตารางที่ 4.15 โดย ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึงสูงขึ้นตามอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ในสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.23 ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยืดขาดต่างกันเล็กน้อย (รูปที่ 4.24) NeoCryl A-45 จึงน่าจะมีสมบัติเชิงฟิสิกส์ที่ดีกว่า NeoCryl XK-51 เนื่องจากความหนาของฟิล์มเคลือบเพียงเล็กน้อยที่ใช้อัตราส่วนของพอลิเมอร์สองชนิดนี้แตกต่างกัน มีผลให้ความแข็งแรงของถุงมือเคลือบต่างกัน สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบทั้งสามอัตราส่วนของ NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3577

ตารางที่ 4.15 ผลของอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 ต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

| NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51 | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1:1 | 2.184 | 25.135 | 1025 |
| 2:1 | 2.258 | 27.499 | 1040 |
| 3:1 | 2.378 | 29.713 | 980 |



รูปที่ 4.23 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% และความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบที่แปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51



รูปที่ 4.24 เปอร์เซนต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบที่แปรอัตราส่วน NeoCryl A-45 : NeoCryl XK-51

จากการศึกษาอัตราส่วนของพอลิเมอร์ที่ใช้ พบว่าอัตราส่วน NeoCryl A-45 ต่อ NeoCryl XK-51 เท่ากับ 3:1 ช่วยให้สารเคลือบเกาะติดบนแบบพิมพ์ได้ดีและสม่ำเสมอ เนื่องจากความหนืดต่ำและความตึงผิวสูงทำให้เปียกแบบพิมพ์ได้ง่าย ได้ถุงมือมีความหนาสม่ำเสมอ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือนอก ซึ่งเมื่อกลับด้านจะสัมผัสกับผิวผู้สวมใส่มีค่าไม่เกิน 0.4 ถือว่ามีความลื่นมากเพียงพอให้เกิดความสะดวกรในการทำงาน และให้สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบสูงสุด จึงเลือกพอลิเมอร์ที่อัตราส่วนนี้เพื่อการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ต่อไป

4.3.2 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติของสารเคลือบ

การศึกษาความเสถียรของสารเคลือบจากการใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน คือ Terric N30, Terric 16A29, Rhodapex CO-436, SDS, Atlas G-5774 และ AD33 พบว่าสารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 เป็นชนิดเดียวกัน คือ Terric N30, Terric 16A29 และ AD33 ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบทั้งสองกลุ่มมีพอลิเมอร์หลักตัวเดียวกัน คือ NeoCryl A-45 และพอลิเมอร์รอง คือ NeoCryl A-633 และ NeoCryl XK-51 เป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มอะคริลิกเหมือนกัน จึงเสถียรต่อสารรักษาความเสถียรประเภทเดียวกัน ดังตารางที่ 4.16

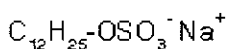
ตารางที่ 4.16 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติของสารเคลือบ

| สารรักษาความเสถียร | ความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะฟิล์มยางที่ได้ |
|--|--|
| ไม่ใช้ | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มจับตัวเป็นก้อนเล็กๆ ลักษณะคล้าย flocculation เหมือนกันทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b |
| SDS 5% by wt. 10% by wt. | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มจับตัวเป็นก้อน เหมือนกันทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b เหมือนกับกรณีใช้ SDS 5% by wt. |
| Terric N30 5% by wt. | ไม่มีการจับตัว ลักษณะสารเคลือบทั้งสองกลุ่มหลังจากเติมสารช่วยจับตัวไม่เปลี่ยนแปลงเดิม มีความหนืดต่ำและสามารถจุ่มน้ำยางคอมปาวด์ได้ดีให้ฟิล์มยางมีผิวเรียบสวย เหมือนกันทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b |
| Atlas G-5774 5% by wt. 10% by wt. | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มเกิดการจับตัวทันทีลักษณะคล้ายก้อนยาง (จับตัวขณะยังไม่เติมสารช่วยจับตัว) เหมือนกับกรณีใช้ Atlas G-5774 5% by wt. |
| Rhodapex CO-436 5% by wt. 10% by wt. | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มไม่เกิดการจับตัว แต่มีความหนืดสูงมากและเกิดฟองอากาศปริมาณมากขจัดออกได้ยาก โดยสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีความหนืดสูงกว่าของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 แต่ยังสามารถจุ่มน้ำยางคอมปาวด์ได้ ให้ฟิล์มยางหนาและผิวไม่สม่ำเสมอ เหมือนกับทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b ความหนืดสารเคลือบสูงกว่าการใช้ Rodapex CO-436 5% by wt. มีฟองอากาศปริมาณมากและขจัดออกได้ยากเช่นเดียวกัน |
| Terric16A29 5% by wt. | ความเสถียรของสารเคลือบทั้งสองกลุ่มเหมือนกรณีใช้ Terric N30 |
| AD33 5% by wt. | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มไม่มีการจับตัว ลักษณะไม่ต่างจากเดิม ความหนืดต่ำมากและสามารถจุ่มน้ำยางคอมปาวด์ได้ดีให้ฟิล์มยางมีผิวเรียบสวย เหมือนกันทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b |

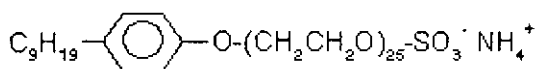
หมายเหตุ a, b คือ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20% โดยน้ำหนัก และ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

Terric เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีประจุ (non-ionic surfactant) มีสูตรดังแสดงในรูปที่ 4.25 สารกลุ่มนี้สามารถรักษาความเสถียรของระบบสารเคลือบ ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ และสารช่วยจับตัวซึ่งเป็นไอออนของเกลือ CaCl_2 และ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ที่มีประจุบวกได้โดยการดูดซับสารรักษาความเสถียรเข้าห้อมลัสมอนูภาคพอลิเมอร์ เกิดเป็นร่างแห (hairy surface) โดยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic part) ควรมีขนาดโมเลกุลใหญ่มากพอให้ระยะห่างระหว่างอนุภาคพอลิเมอร์มีค่ามาก เพื่อให้ค่าพลังงานศักย์รวม (total potential energy) มีค่ามากกว่าพลังงานความร้อน (thermal energy) ระบบจึงจะมีความเสถียร (Kaoru, 1998) Atlas G-5774 แม้จะเป็นสารรักษาความเสถียรชนิดไม่มีประจุ แต่ไม่สามารถให้ระบบมีความเสถียรได้ พอลิเมอร์เกิดการจับตัวตั้งแต่มิได้เติมสารช่วยจับตัว ในขณะที่ AD33 สามารถให้ระบบมีความเสถียรเช่นเดียวกัน แม้จะเป็นสารรักษาความเสถียรชนิดมีประจุลบ (an-ionic surfactant) เนื่องจากการมีหมู่เอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxide) เป็นจำนวนมาก ทำให้มีขนาดโมเลกุลใหญ่มากพอจะทำให้แรงดึงดูดระหว่างประจุมีค่าน้อยลง Rodapex CO-436 แม้จะมีโครงสร้างคล้ายกับ AD33 แต่มีจำนวนหมู่เอทิลีนออกไซด์เพียง 4 หมู่ ระบบจึงไม่มีความเสถียรพอ แม้จะไม่เกิดการจับตัวแต่ก็มีความหนืดสูงเกินไป ส่วน SDS เป็นสารรักษาความเสถียรชนิดมีประจุลบที่ไม่มีหมู่เอทิลีนออกไซด์ มีขนาดโมเลกุลเล็ก จึงไม่สามารถรักษาความเสถียรของระบบได้

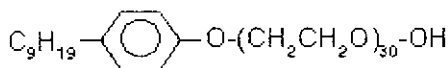
การเพิ่มปริมาณสารรักษาความเสถียรจาก 5% เป็น 10% โดยน้ำหนัก ไม่มีผลให้ความเสถียรของระบบเปลี่ยนแปลง



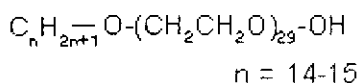
SDS



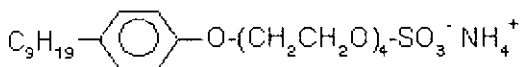
AD 33



Terric N30



Terric 16A29



Rodapex CO-436

รูปที่ 4.25 โครงสร้างโมเลกุลของสารรักษาความเสถียรชนิดต่างๆ

4.3.3 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัว

การศึกษาสมบัติของสารเคลือบ NeoCryl A-45 ผสมกับ NeoCryl A-633 โดยใช้สารรักษาความเสถียรที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบในข้อ 4.3.2 ในปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก และแปรอัตราส่วนของสารช่วยจับตัวตามสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.3 ได้ผล ดังนี้

4.3.3.1 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความหนาและลักษณะของฟิล์มยาง

ความหนาและลักษณะของฟิล์มเคลือบแสดงในตารางที่ 4.17 และ 4.18 พบว่า ความหนาของฟิล์มเคลือบเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารช่วยจับตัวในสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าแม้จะมีพอลิเมอร์อยู่ในสารเคลือบแต่ไอออนบวกของเกลือที่ใช้เป็นสารช่วยจับตัวยังคงทำงานได้ตามปกติ แต่ประสิทธิภาพอาจลดลงเล็กน้อย เนื่องจากบางส่วนของไอออนอาจกระจายอยู่ในฟิล์มของพอลิเมอร์ จึงควรใช้ปริมาณสารช่วยจับตัวเพิ่มขึ้น และทั้ง Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 ให้ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบที่ดีที่สุด ที่อัตราส่วน $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 เท่ากับ 10:10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เหมือนกัน โดยที่สารช่วยจับตัวปริมาณดังกล่าวฟิล์มเคลือบมี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาดำสุด และ Terric 16A29 ให้ลักษณะผิวที่ดีในช่วงปริมาณสารช่วยจับตัวกว้างกว่าสารรักษาความเสถียรชนิดอื่น กล่าวคือ สามารถใช้ได้ตั้งแต่อัตราส่วน $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 เท่ากับ 5:10 ถึง 20:10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และให้ความหนาโดยเฉลี่ยของฟิล์มเคลือบในทุกปริมาณสารช่วยจับตัวสูงที่สุด รองลงมา คือ Terric N30 ซึ่งจะให้ความหนาของฟิล์มเคลือบต่ำกว่า Terric 16A29 เล็กน้อย ส่วน AD33 จะให้ความหนาของฟิล์มเคลือบต่ำที่สุด และต่ำกว่า Terric 16A29 มากกว่า Terric N30 มาก และการเพิ่มปริมาณสารช่วยจับตัวในสารเคลือบที่ใช้ AD33 จะมีผลต่อความหนาของฟิล์มเคลือบน้อยกว่า Terric 16A29 และ Terric N30 ดังรูปที่ 4.26 ทั้งนี้เนื่องมาจาก Terric 16A29 และ Terric N30 เป็นสารรักษาความเสถียรกลุ่มเดียวกันจึงให้ผลใกล้เคียงกัน และสารรักษาความเสถียรแต่ละชนิดให้ความหนืดของสารเคลือบแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.22) การเกาะติดบนแบบพิมพ์จึงต่างกัน

ตารางที่ 4.17 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อลักษณะของฟิล์มยาง

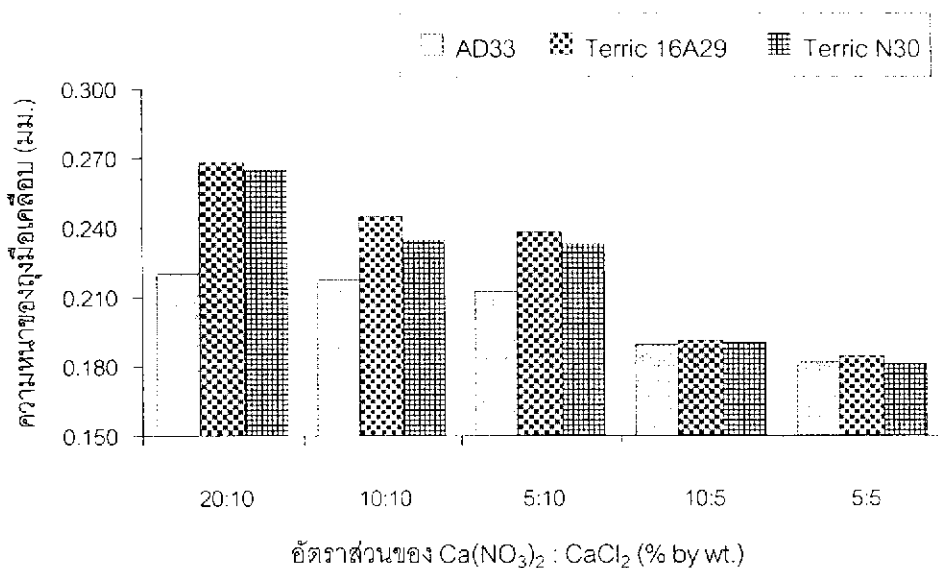
| สารรักษา ความเสถียร | สารช่วยจับตัว ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 (% by wt.)) | | | | |
|------------------------|--|-------|------|------|-----|
| | 20:10 | 10:10 | 5:10 | 10:5 | 5:5 |
| AD33 | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| Terric16A29 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| Terric N30 | 4 | 5 | 3 | 3 | 2 |

หมายเหตุ ประเมินลักษณะผิวถุงมือด้วยสายตา แบ่งระดับการประเมินดังนี้

- 1 = ผิวยางไม่สม่ำเสมอมีรอยตาปลา และรอยบวมเกิน 30%
- 2 = ผิวไม่ค่อยสม่ำเสมอ อาจมีรอยตาปลาและรอยบวมบ้าง แต่ไม่เกิน 20%
- 3 = ผิวเรียบสม่ำเสมอประมาณ 80%
- 4 = ผิวเรียบสม่ำเสมอดี
- 5 = ผิวเรียบสม่ำเสมอดีมาก

ตารางที่ 4.18 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความหนาของถุงมือ ($\bar{X} \pm SD$)

| สารรักษา ความเสถียร | สารช่วยจับตัว (อัตราส่วนของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 (% by wt.)) | | | | |
|------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 20:10 | 10:10 | 5:10 | 10:5 | 5:5 |
| AD33 | 0.220±0.028 | 0.218±0.008 | 0.213±0.012 | 0.189±0.033 | 0.182±0.061 |
| Terric16A29 | 0.268±0.012 | 0.245±0.010 | 0.238±0.012 | 0.191±0.019 | 0.184±0.034 |
| Terric N30 | 0.265±0.010 | 0.235±0.005 | 0.233±0.005 | 0.190±0.013 | 0.181±0.018 |



รูปที่ 4.26 ความหนาของฟิล์มเคลือบที่ปริมาณสารช่วยจับตัวแตกต่างกัน

4.3.3.2 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความตึงผิวของสารเคลือบ

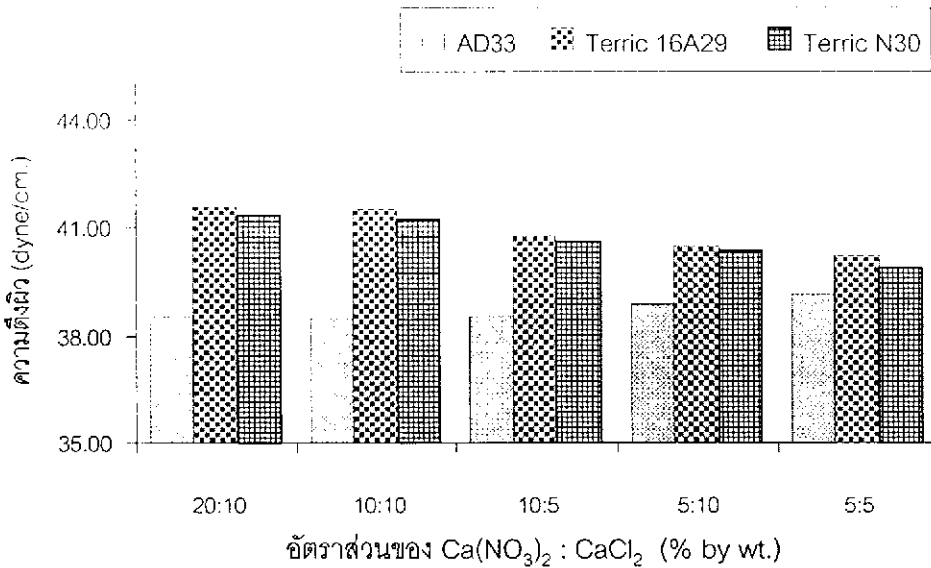
ความตึงผิวของสารเคลือบขึ้นอยู่กับชนิดของสารรักษาความเสถียรและปริมาณสารช่วยจับตัว กล่าวคือ ที่ปริมาณสารช่วยจับตัวเท่ากัน AD33 ซึ่งเป็นสารรักษาความเสถียรชนิดมีประจุลบ (an-ionic surfactant) ให้ความตึงผิวของระบบน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก AD33 มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า Terric 16A29 และ Terric N30 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน ให้ความเข้มข้นของ AD33 สูงกว่า ส่งผลให้ความตึงผิวของสารเคลือบลดลงมากกว่า นอกจากนี้เนื่องจากการมีหมู่ NH_2^+ ของ AD33 จึงมีผลให้ความตึงผิวของระบบลดลง ดังรูปที่ 4.21

Terric 16A29 และ Terric N30 ให้ความตึงผิวของระบบใกล้เคียงกัน โดย Terric 16A29 ให้ความตึงผิวในทุกปริมาณสารช่วยจับตัวสูงกว่า Terric N30 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Terric N30 มีหมู่เอทิลีนออกไซด์สูงกว่า Terric 16A29 1 หมู่ จึงทำให้ความตึงผิวของระบบลดลงมากกว่า Terric 16A29 เล็กน้อย เนื่องจากความสามารถในการละลายของสารรักษาความเสถียรจะเพิ่มขึ้น และความตึงผิวของระบบจะลดลงตามจำนวนหมู่เอทิลีนออกไซด์ในโมเลกุลที่เพิ่มขึ้น (Drew, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตซึ่งระบุว่า ความตึงผิวของสารละลาย 1% โดยน้ำหนัก ของ Terric 16A29 และ Terric N30 มีค่าเท่ากับ 46.0 และ 42.8 dyne/cm. ตามลำดับ (ICI Group) นอกจากนี้ความตึงผิวของสารเคลือบที่ใช้ AD33 ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เมื่อปริมาณสารช่วยจับตัวเพิ่มขึ้น ต่างจากสารเคลือบที่ใช้ Terric 16A29 และ Terric N30 ซึ่งความตึงผิวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารช่วยจับตัวที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.27 ทั้งนี้เนื่อง

จาก $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ CaCl_2 ซึ่งเป็นเกลืออนินทรีย์ ทำให้ความตึงผิวของระบบเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของเกลืออนินทรีย์ที่เติมลงไปในระบบ (Kaoru, 1998)

ตารางที่ 4.19 ผลของปริมาณสารช่วยจับตัวต่อความตึงผิว (dyne/cm.) ของสารเคลือบ

| สารรักษา ความเสถียร | สารช่วยจับตัว (อัตราส่วนของ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 (% by wt.)) | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | 20:10 | 10:10 | 10:5 | 5:10 | 5:5 |
| AD33 | 38.53 | 38.47 | 38.53 | 38.90 | 39.17 |
| Terric16A29 | 41.57 | 41.53 | 40.77 | 40.53 | 40.23 |
| Terric N30 | 41.37 | 41.23 | 40.63 | 40.37 | 39.90 |



รูปที่ 4.27 ความตึงผิวของสารเคลือบที่ใช้ปริมาณสารช่วยจับตัวแตกต่างกัน

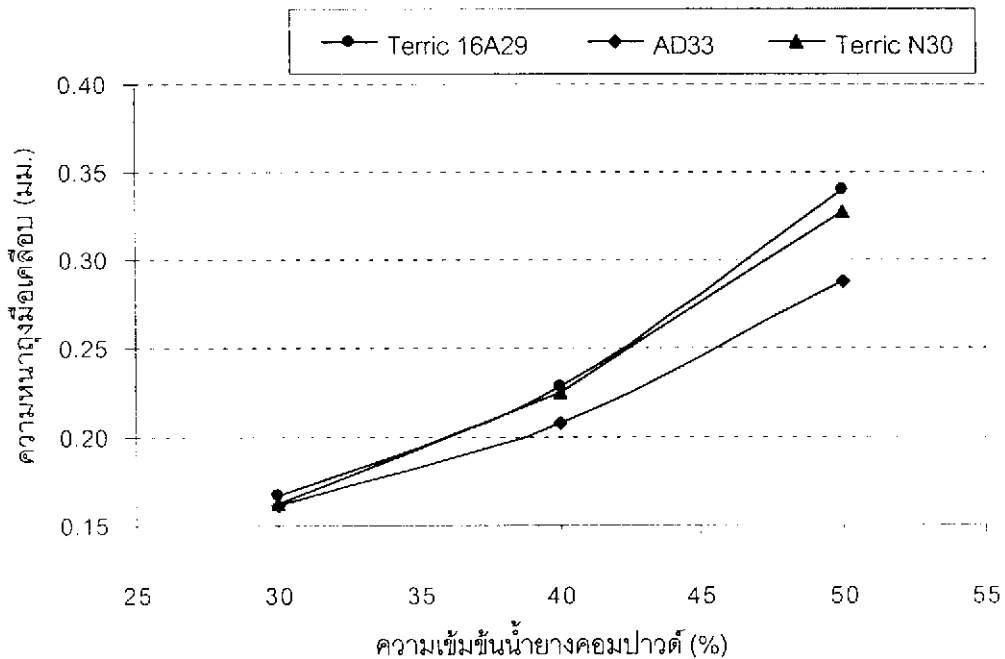
4.3.4 ผลของความเข้มข้นน้ำยาคอมปาวด์ต่อลักษณะผิวและความหนาของถุงมือเคลือบ

เตรียมถุงมือเคลือบจากน้ำยาคอมปาวด์ความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ สูตร 1, 2 และ 3 ในตารางที่ 3.1 โดยใช้สารช่วยจับตัวที่ให้ลักษณะผิวที่ดีที่สุดจากข้อ 4.3.3.1 คือ อัตราส่วน $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ต่อ CaCl_2 เท่ากับ 10:10 เปรียบเทียบโดยน้ำหนัก วัดความหนาของถุงมือได้ผลดังตารางที่ 4.20 พบว่าเมื่อความเข้มข้นน้ำยาคอมปาวด์เท่ากัน สารเคลือบที่ใช้ Terric 16A29 จะให้ความหนาถุงมือเคลือบสูงที่สุด รองลงมา คือ Terric N30 และ AD33 ตามลำดับ ซึ่งให้ผล

สอดคล้องกับการทดลองในข้อ 4.3.3.1 แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าปริมาณสารช่วยจับตัว และ/หรือ ความเข้มข้นน้ำยางคอมปาวด์จะเปลี่ยนแปลงไป Terric 16A29 ก็ให้ความหนาถุงมือเคลือบมากกว่า Terric N30 และ AD33 ตามลำดับ และความหนาของถุงมือเคลือบจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นน้ำยางคอมปาวด์ที่เพิ่มขึ้น (บุญธรรม, 2534) นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของถุงมือจะลดลงเมื่อใช้ความเข้มข้นน้ำยางคอมปาวด์สูง (TSC = 50%) ส่งผลให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาถุงมือเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับความเข้มข้นน้ำยางคอมปาวด์ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะให้ถุงมือมีความหนาสม่ำเสมอมากกว่า ดังรูปที่ 4.28 จึงเลือกใช้น้ำยางคอมปาวด์ที่มีค่า TSC เท่ากับ 30% ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.20 ผลของความเข้มข้นน้ำยางคอมปาวด์ต่อความหนาของถุงมือ ($\bar{X} \pm SD$)

| สารรักษาความเสถียร | TSC น้ำยางคอมปาวด์ (%) | | |
|--------------------|------------------------|-------------|-------------|
| | 30 | 40 | 50 |
| AD33 | 0.161±0.005 | 0.208±0.004 | 0.287±0.026 |
| Terric16A29 | 0.167±0.008 | 0.228±0.006 | 0.340±0.015 |
| Terric N30 | 0.163±0.005 | 0.225±0.004 | 0.327±0.010 |



รูปที่ 4.28 ความหนาของถุงมือที่ใช้ น้ำยางคอมปาวด์ความเข้มข้นแตกต่างกัน

4.3.5 ผลของปริมาณสารรักษาความเสถียรต่อความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของฟิล์มเคลือบ

การศึกษาในข้อที่ผ่านมาๆ มาจะใช้ปริมาณสารรักษาความเสถียร 5% โดยน้ำหนัก ซึ่งอาจจะมากเกินไป จึงทำการแปรปริมาณสารรักษาความเสถียรในสารเคลือบเป็น 1-5 % โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.4 เพื่อศึกษาปริมาณสารรักษาความเสถียรต่ำสุดซึ่งสามารถให้ระบบมีความเสถียรอยู่ได้เป็นเวลานานตลอดกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง ได้ผลดังตารางที่ 4.21 พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมของสารรักษาความเสถียร คือ 2% และ 3% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ เนื่องจากที่ปริมาณน้อยกว่านี้ระบบจะไม่เสถียร หรือมีความเสถียรแต่ไม่ถาวรอาจเกิดการจับตัวในระหว่างการผลิตหรือหลังจากตั้งทิ้งไว้นานๆ ได้ จึงเลือกใช้สารรักษาความเสถียรในปริมาณนี้สำหรับการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.21 ผลของปริมาณสารรักษาความเสถียรต่อความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ

| surfactant (% by wt.) | ความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของถุงมือ |
|--------------------------|--|
| 1 | สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 เกิดการจับตัวเป็นแผ่นเล็กๆ ในขณะที่สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีความเสถียร แต่จุ่มถุงมือแล้วให้ผิวไม่สม่ำเสมอและเมื่อตั้งทิ้งไว้เกิดการจับตัวเป็นแผ่นเล็กๆ เหมือนกันทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b และสารรักษาความเสถียรทั้งสามชนิดให้ผลไม่แตกต่างกัน |
| 2 | สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีความเสถียรและสามารถจุ่มได้ผิวเรียบสม่ำเสมอประมาณ 80% แต่เมื่อผ่านการจุ่มและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ จะเกิดการจับตัวเป็นแผ่นเล็กๆ โดยสารเคลือบที่ใช้ AD33 สามารถเก็บไว้ได้นานที่สุด ส่วนสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีความเสถียร และสามารถจุ่มได้ถุงมือผิวเรียบสม่ำเสมอประมาณ 90% โดยกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 2 ^b ให้ผิวถุงมือเรียบสวยกว่าการใช้สูตรที่ 1 ^a เล็กน้อย และสารรักษาความเสถียรทั้งสามชนิดให้ผลทำนองเดียวกัน |

ตารางที่ 4.21 ต่อ

| surfactant (% by wt.) | ความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของถุงมือ |
|--------------------------|---|
| 3 | สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีความเสถียร จุ่มแล้วให้ผิวถุงมือเรียบสม่ำเสมอกว่าที่ใช้สารรักษาความเสถียร 2% เล็กน้อย ส่วนสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีความเสถียรและจุ่มได้ถุงมือผิวเรียบสม่ำเสมอดี มาก ทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b แต่ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบจะเริ่มขึ้น และสารรักษาความเสถียรทั้งสามชนิดให้ผลเหมือนกัน |
| 4 | สารเคลือบของทั้งสองกลุ่มมีความเสถียร และสามารถจุ่มได้ถุงมือผิวเรียบสม่ำเสมอดี มาก ทั้งกรณีใช้สารช่วยจับตัวสูตรที่ 1 ^a และ 2 ^b แต่ผิวถุงมือจะขึ้น และขึ้นมากขึ้นเมื่อ |
| 5 | สารรักษาความเสถียรเพิ่มขึ้น โดยสารรักษาความเสถียรทั้งสามชนิดให้ผลเหมือนกัน |

หมายเหตุ a, b คือ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 20% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 10% โดยน้ำหนัก และ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 10% โดยน้ำหนัก ร่วมกับ CaCl_2 5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

จากการทดลองสรุปได้ว่าการเตรียมสารเคลือบ ควรใช้ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 ในปริมาณ 2% และ 3% โดยน้ำหนัก เป็นสารรักษาความเสถียรสำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ และใช้ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ร่วมกับ CaCl_2 ในอัตราส่วน 10:10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นสารช่วยจับตัว เตรียมถุงมือเคลือบ โดยให้น้ำยางคอมพาวด์เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะให้ลักษณะการเคลือบที่ดีที่สุด ทั้งในแง่ของกระบวนการผลิต และสมบัติของถุงมือเคลือบที่ได้ ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ในการเคลือบ โดยใช้สารเคลือบที่ให้สมบัติดีที่สุดจากการทดลองนี้ ดังนี้

4.3.6 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

แปรความเข้มข้นของสารเคลือบเป็น 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.2.5 ทดสอบสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบได้ผลดังนี้

4.3.6.1 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อความตึงผิวของสารเคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

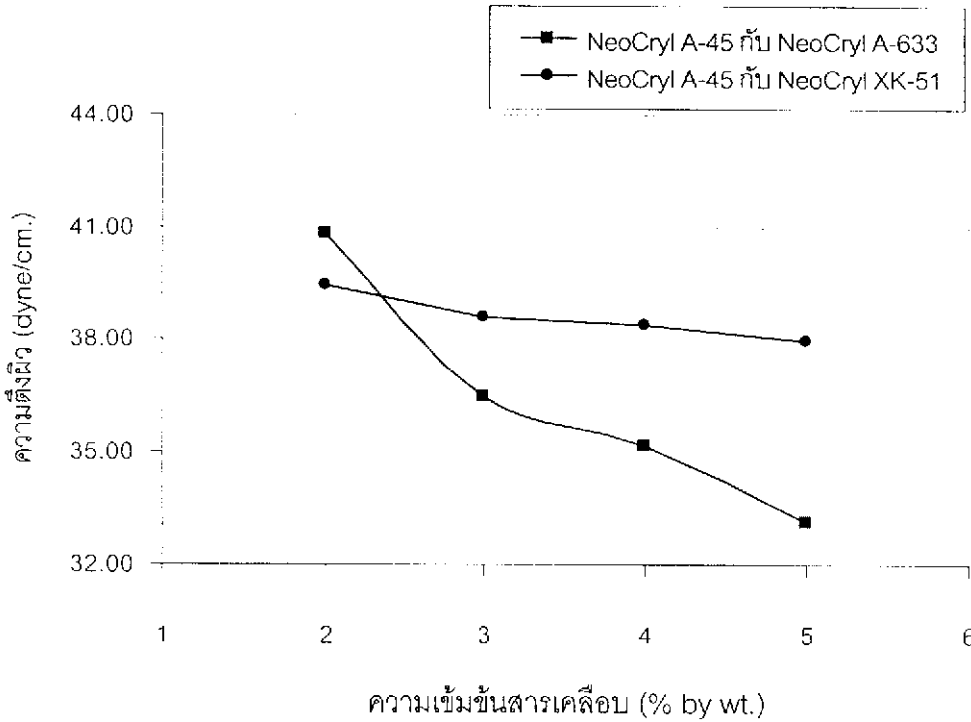
ความตึงผิวของสารเคลือบ และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบที่ระดับความเข้มข้นสารเคลือบแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.22 พบว่าความตึงผิวของสารเคลือบลดลง เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.29 เนื่องจากเมื่ออนุภาคของสารเคลือบใน

ระบบมากขึ้นก็จะเข้าไปแทรกระหว่างโมเลกุลของน้ำ และลดพื้นที่ของน้ำที่สัมผัสกับอากาศ ความตึงผิวจึงลดลง (Kaoru, 1998) โดยความตึงผิว จะลดลงมากในช่วงความเข้มข้น 2-3% โดยน้ำหนัก และอัตราการลดลงจะน้อยลงเมื่อความเข้มข้น สารเคลือบเกิน 3% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของอนุภาคสารในระบบใกล้ถึงจุดอิ่มตัว จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงบริเวณผิวของระบบน้อยลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (2% โดยน้ำหนัก) สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 จะให้ความตึงผิวของระบบต่ำกว่า และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคลือบจะมีผลให้ความตึงผิวของระบบลดลงน้อยกว่าสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ทั้งนี้น่าจะเนื่องมาจาก สารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 มีความหนืดสูง จึงทำให้ความเข้มข้นของอนุภาคสารเคลือบที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความตึงผิวของระบบน้อยลง

ตารางที่ 4.22 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อความตึงผิวของสารเคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

| ความเข้มข้นสารเคลือบ (% by wt.) | ความตึงผิว (dyne/cm.) | สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| | | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | | |
| 2 | 41.83 | 0.6999 | 0.3732 |
| 3 | 37.47 | 0.6750 | 0.3486 |
| 4 | 36.23 | 0.6624 | 0.3199 |
| 5 | 35.13 | 0.6544 | 0.3140 |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | | | |
| 2 | 39.43 | 0.7743 | 0.4751 |
| 3 | 38.57 | 0.7364 | 0.4082 |
| 4 | 38.37 | 0.7330 | 0.3734 |
| 5 | 37.93 | 0.7790 | 0.4818 |

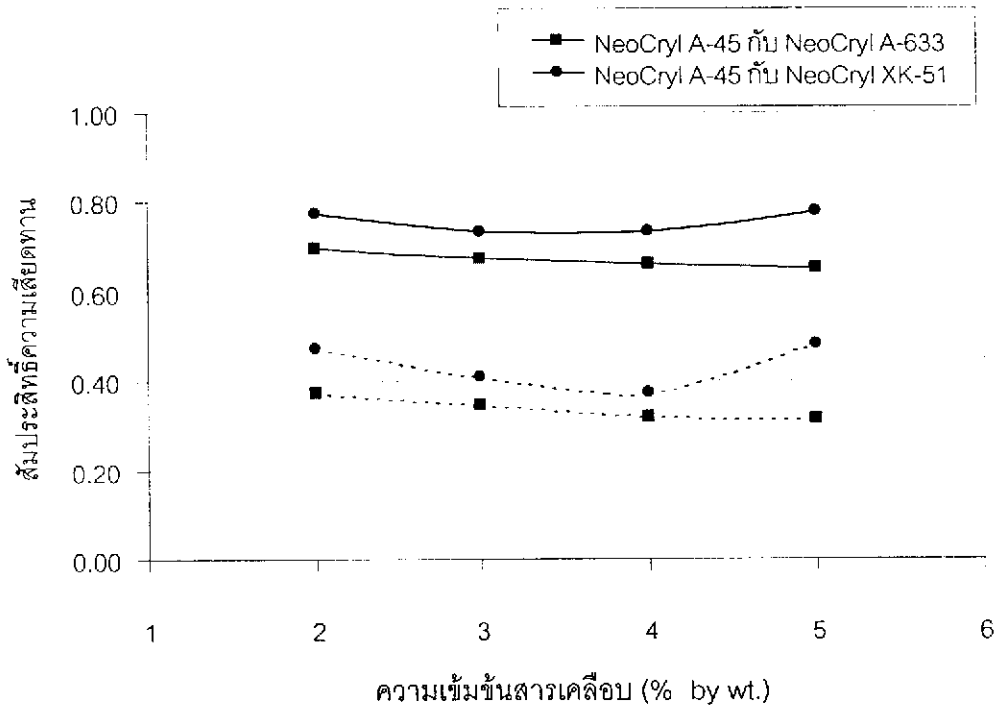
หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



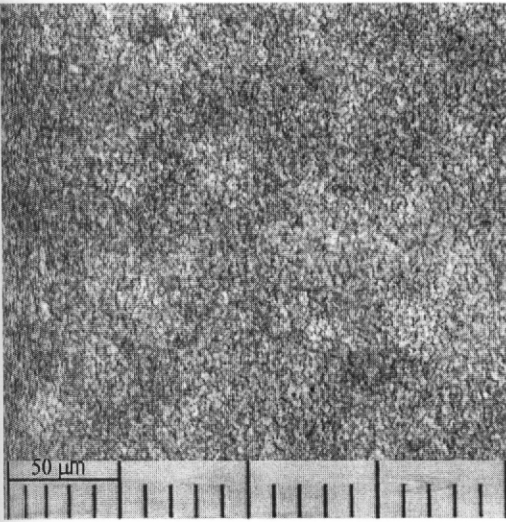
รูปที่ 4.29 ความตึงผิวของสารเคลือบที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวถุงมือเคลือบด้านในและด้านนอกลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารเคลือบเพิ่มขึ้นในช่วงความเข้มข้น 2-4% โดยน้ำหนัก และค่อนข้างคงที่เมื่อความเข้มข้นสารเคลือบเกิน 4% โดยน้ำหนัก สำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และเพิ่มขึ้นสำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ดังรูปที่ 4.30 ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากลักษณะการติดผิวของสารเคลือบบนผิวยางแตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ (รูปที่ 4.31 และ 4.32) จะเห็นว่าแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ (2% โดยน้ำหนัก) สารเคลือบก็สามารถติดผิวยางได้อย่างทั่วถึง ไม่มีช่องว่างระหว่างอนุภาคมากเหมือนกับการเคลือบผิวด้านนอก และที่ความเข้มข้นสูงขึ้น สารเคลือบจะเกาะเป็นฟิล์มหนาขึ้น และการติดผิวของสารเคลือบชั้นนอกสุดแตกต่างกัน ผิวถุงมือมีความหยาบต่างกันพื้นที่ผิวสัมผัสของถุงมือเคลือบต่างกัน สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบจึงต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเกลืออินทรีย์ในสารเคลือบนอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารช่วยจับตัวแล้วยังทำให้การเกาะติดของสารเคลือบกับผิวยางเกิดได้ดีขึ้นด้วย ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกของสารช่วยจับตัวกับประจุลบบนอนุภาคของสารเคลือบ ดังนั้นในการเคลือบถุงมือด้านในไม่จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของสารเคลือบสูงเท่ากับการเคลือบด้านนอก เนื่องจากสารช่วยจับตัวในสารเคลือบด้านในช่วยให้การเกาะติดของสารเคลือบกับผิวยางเกิดได้ดีกว่าการเคลือบโดยปกติ ความเข้มข้นที่เหมาะสม

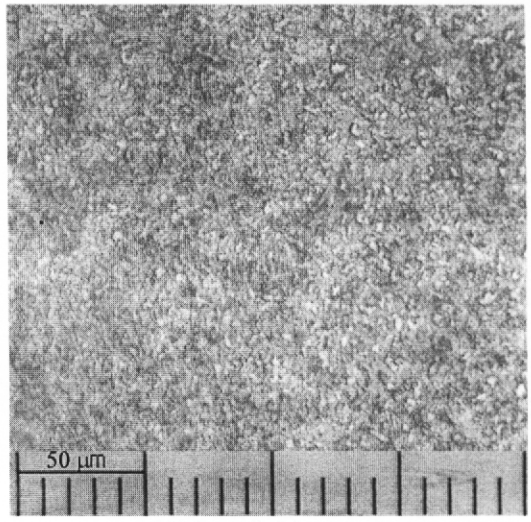
ของสารเคลือบด้านในจึงควรอยู่ในช่วง 2-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารเคลือบทั้งสองกลุ่ม จะเห็นว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 จะสูงกว่าในทุกระดับความเข้มข้น ทั้งนี้่าจะเนื่องมาจากสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบและลักษณะการติดผิวของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางแตกต่างกัน นอกจากนี้สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์เคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 จะแตกต่างจาก NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ดังแสดงในรูปที่ 4.33 และ 4.34 ตามลำดับ กล่าวคือ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีโครงสร้างเป็นรูพรุน เมื่อได้รับแรงกดจะเกิดการผิดรูปได้ง่าย ทำให้แรงที่ใช้ในการผิดรูป (Deformation force) เพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจึงเพิ่มขึ้น (ปรีชา, 2542)



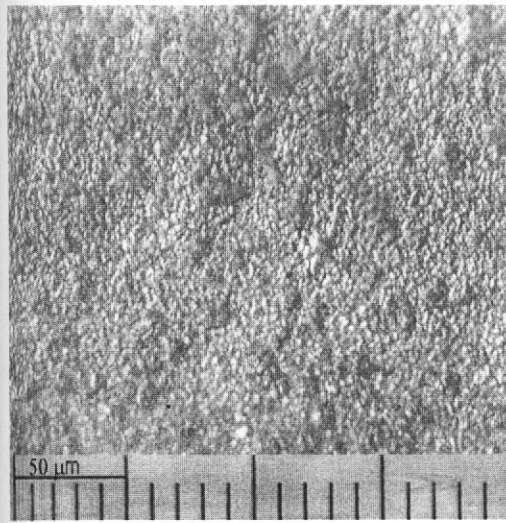
รูปที่ 4.30 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นสารเคลือบต่างกัน
เส้นทึบ คือ ผิวถุงมือด้านใน เส้นประ คือ ผิวถุงมือด้านนอก



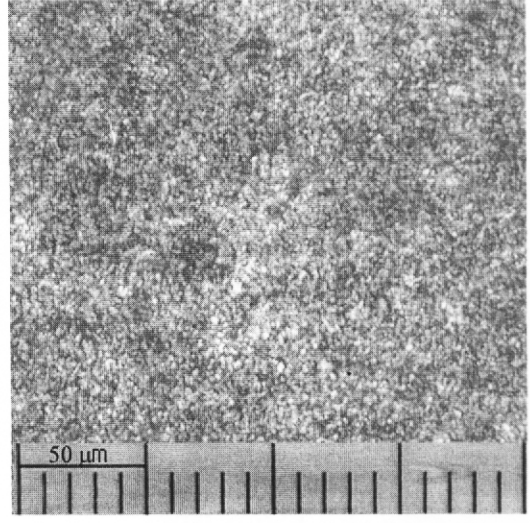
Terric 16A29 TSC = 2%



Terric 16A29 TSC = 3%



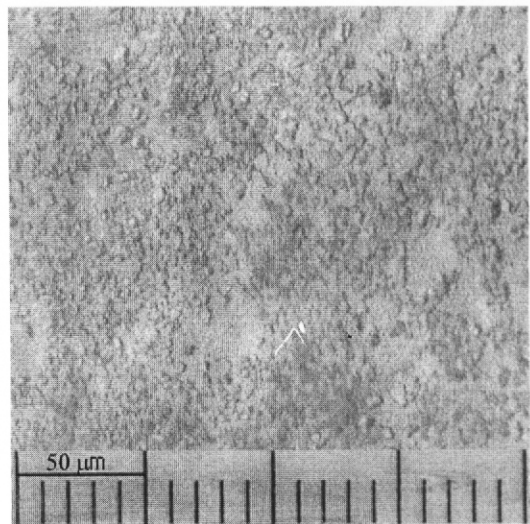
Terric 16A29 TSC = 4%



Terric 16A29 TSC = 5%

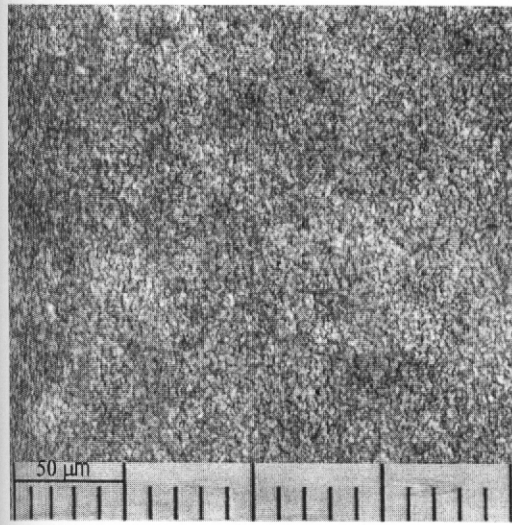


N30 TSC = 4%

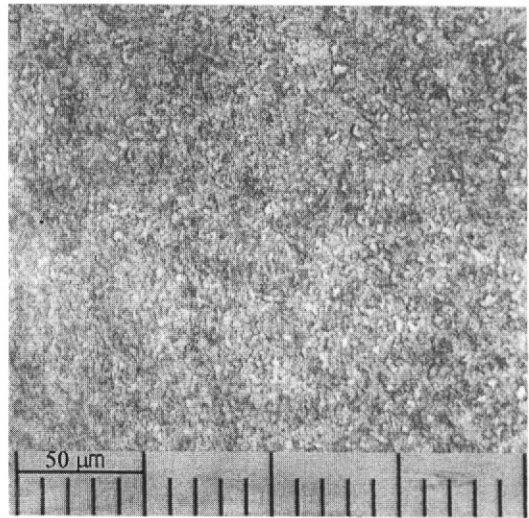


AD33 TSC = 4%

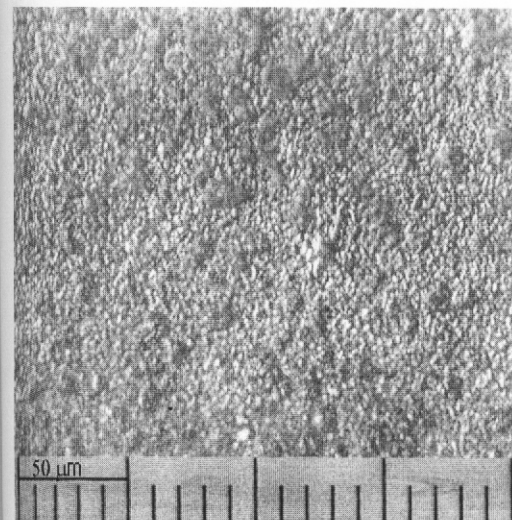
รูปที่ 4.31 ลักษณะผิวด้านในของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่แปร ความเข้มข้นสารเคลือบ จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า



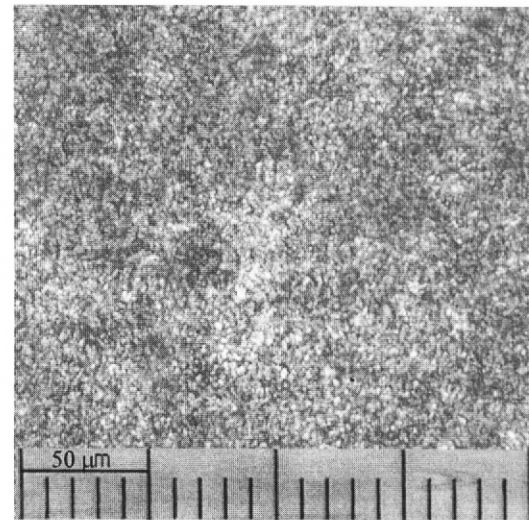
Terric 16A29 TSC = 2%



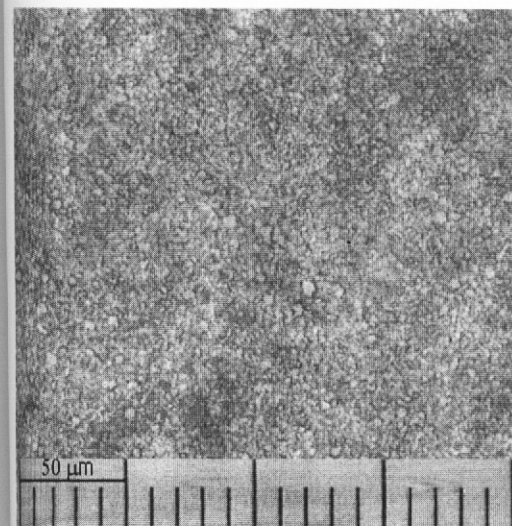
Terric 16A29 TSC = 3%



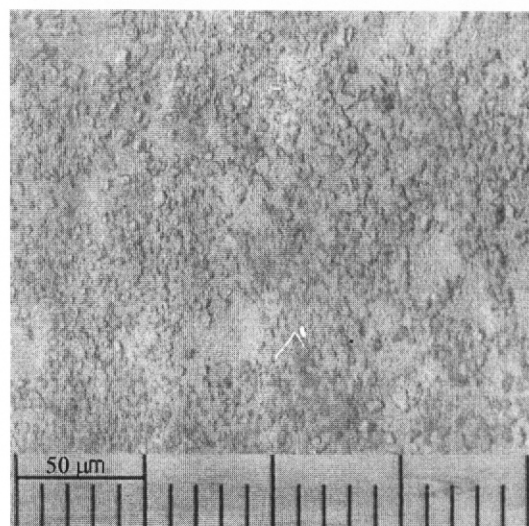
Terric 16A29 TSC = 4%



Terric 16A29 TSC = 5%

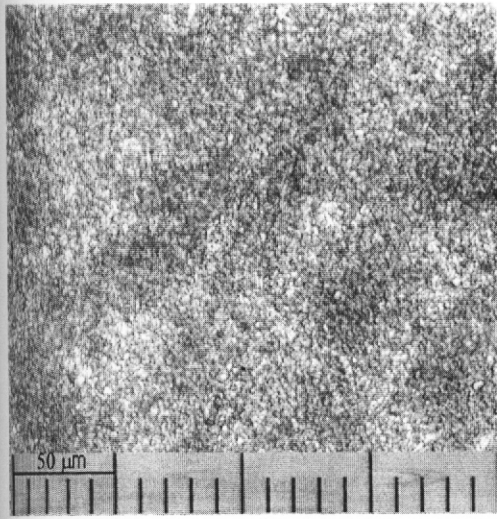


N30 TSC = 4%

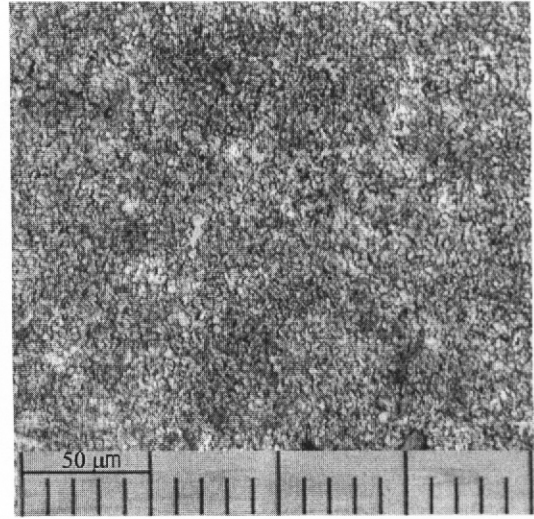


AD33 TSC = 4%

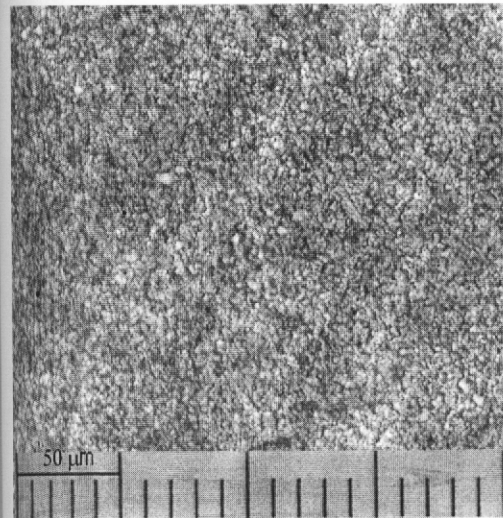
รูปที่ 4.31 ลักษณะผิวด้านในของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่แปรความเข้มข้นสารเคลือบ จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า



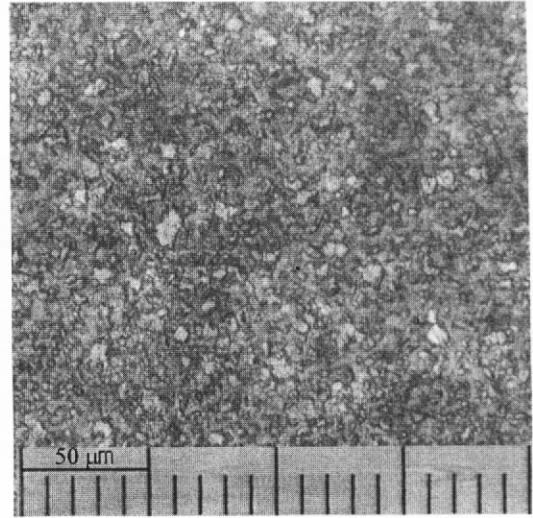
Terric 16A29 TSC = 2%



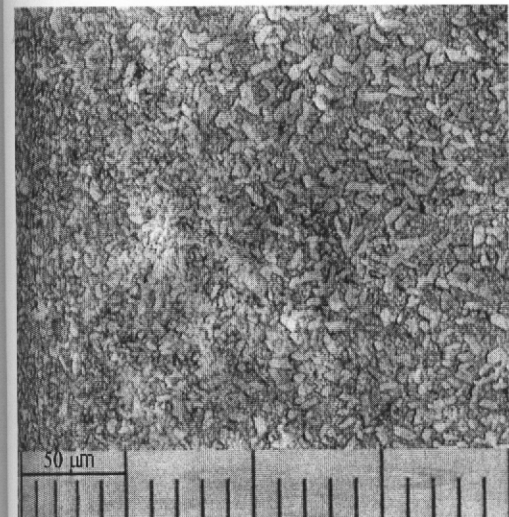
Terric 16A29 TSC = 3%



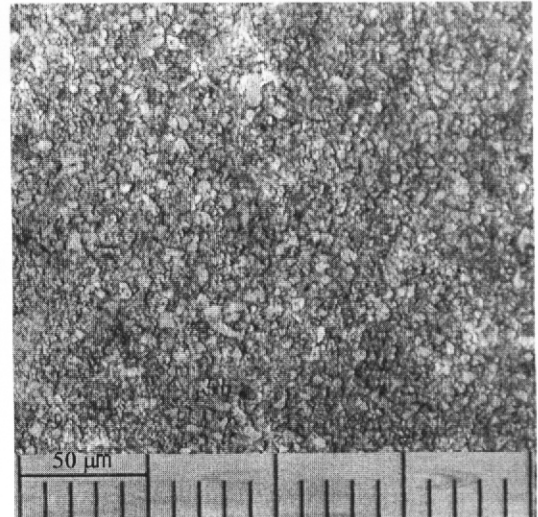
Terric 16A29 TSC = 4%



Terric 16A29 TSC = 5%

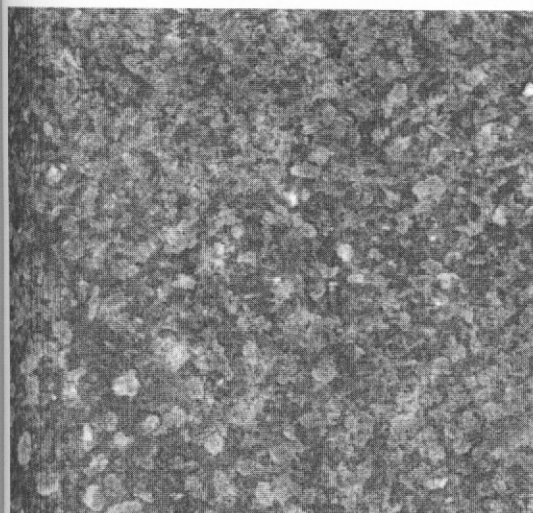


Terric N30 TSC = 4%



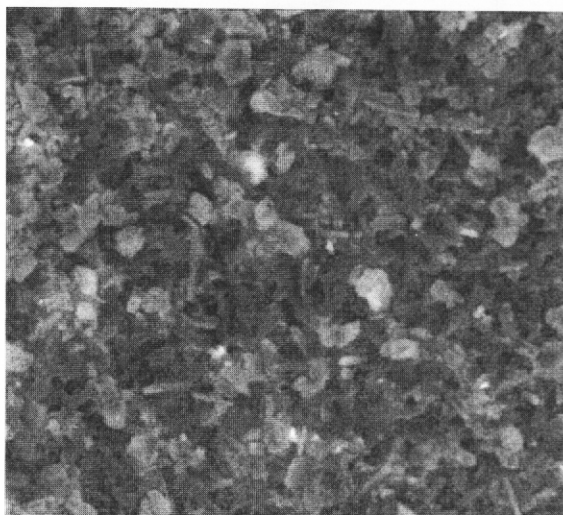
AD33 TSC = 4%

รูปที่ 4.32 ลักษณะผิวด้านในของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่แปร
ความเข้มข้นสารเคลือบ จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า



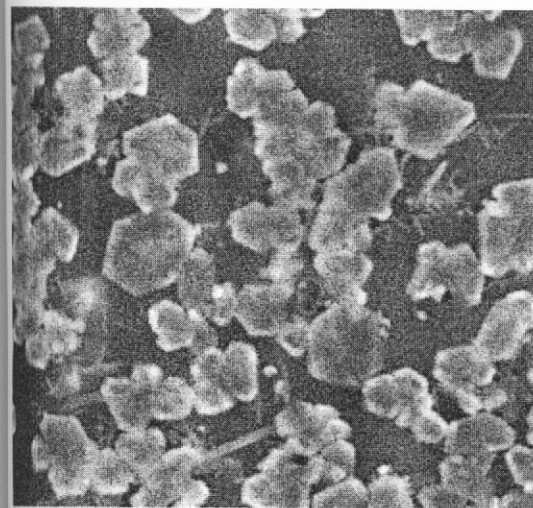
30µm jutatip A633 16A29 pm4% Signal A = VPSE
EHT = 25.00 kV WD = 32 mm Mag = 301 X

A : ลักษณะผิวด้านใน by SEM at 301X



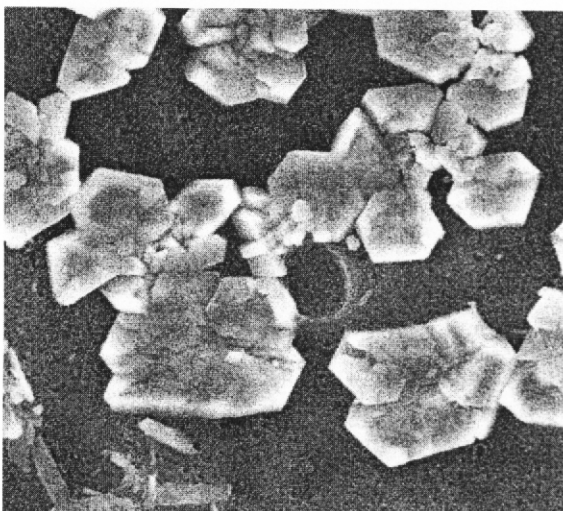
10µm jutatip A633 16A29 pm4% out Signal A = VPSE
EHT = 25.00 kV WD = 32 mm Mag = 697 X

B : ลักษณะผิวด้านใน by SEM at 697X



10µm Signal A = VPSE jutatip A45/A633 16A29 6%
EHT = 25.00 kV WD = 33 mm Mag = 316 X

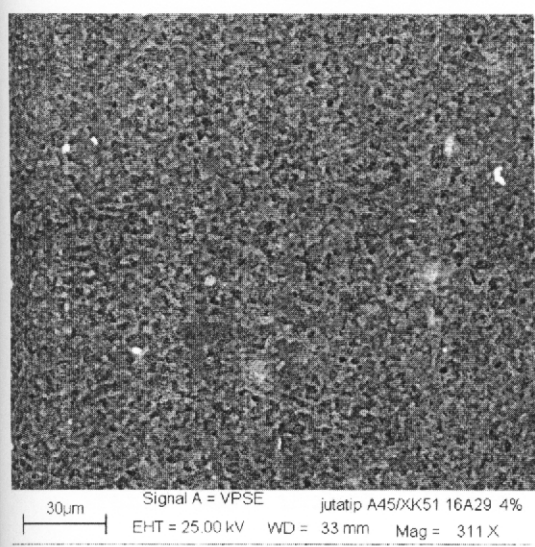
C : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 316X



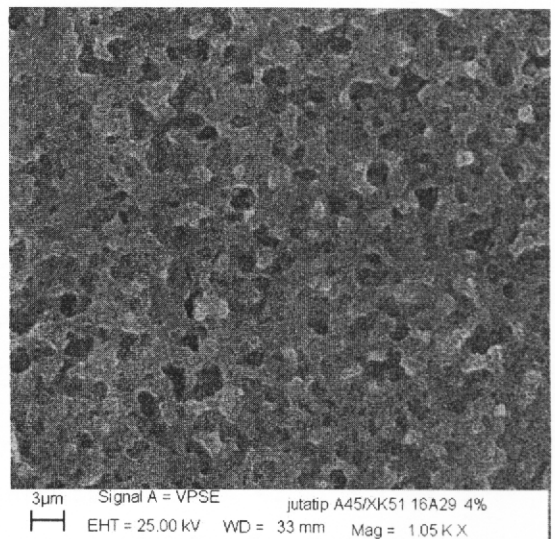
10µm Signal A = VPSE jutatip A45/A633 16A29
EHT = 25.00 kV WD = 33 mm Mag = 704 X

D : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 704X

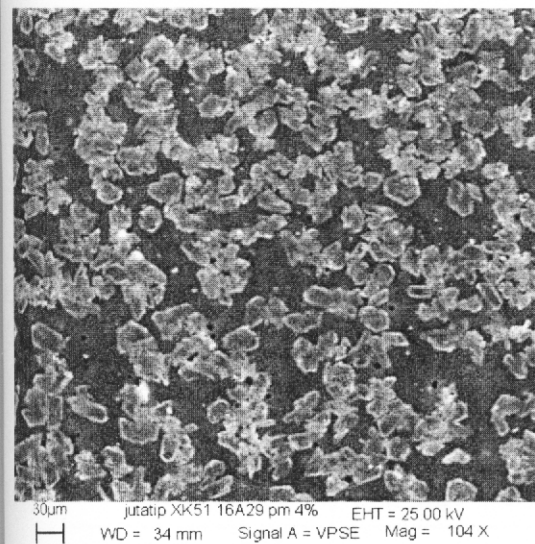
รูปที่ 4.33 ลักษณะผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ความเข้มข้นสารเคลือบ 4% โดยน้ำหนัก และใช้ Terric 16A29 เป็นสารรักษาความเสถียร จากเครื่อง SEM



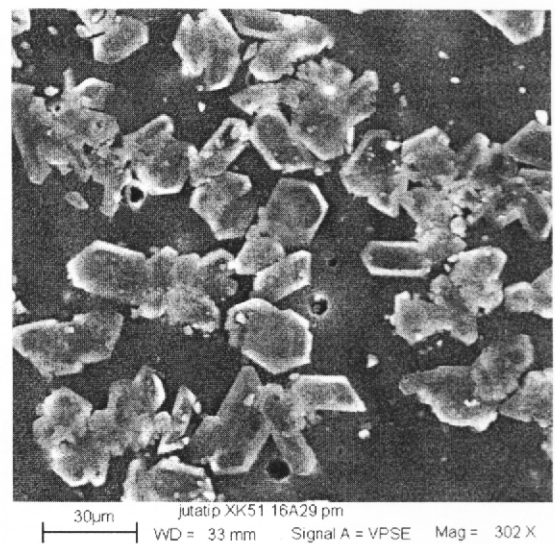
A : ลักษณะผิวด้านใน by SEM at 311X



B : ลักษณะผิวด้านใน by SEM at 1.05KX



C : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 104X



D : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 302X

รูปที่ 4.34 ลักษณะผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ความเข้มข้นสารเคลือบ 4% โดยน้ำหนัก และใช้ Terric 16A29 เป็นสารรักษาความเสถียร จากเครื่อง SEM

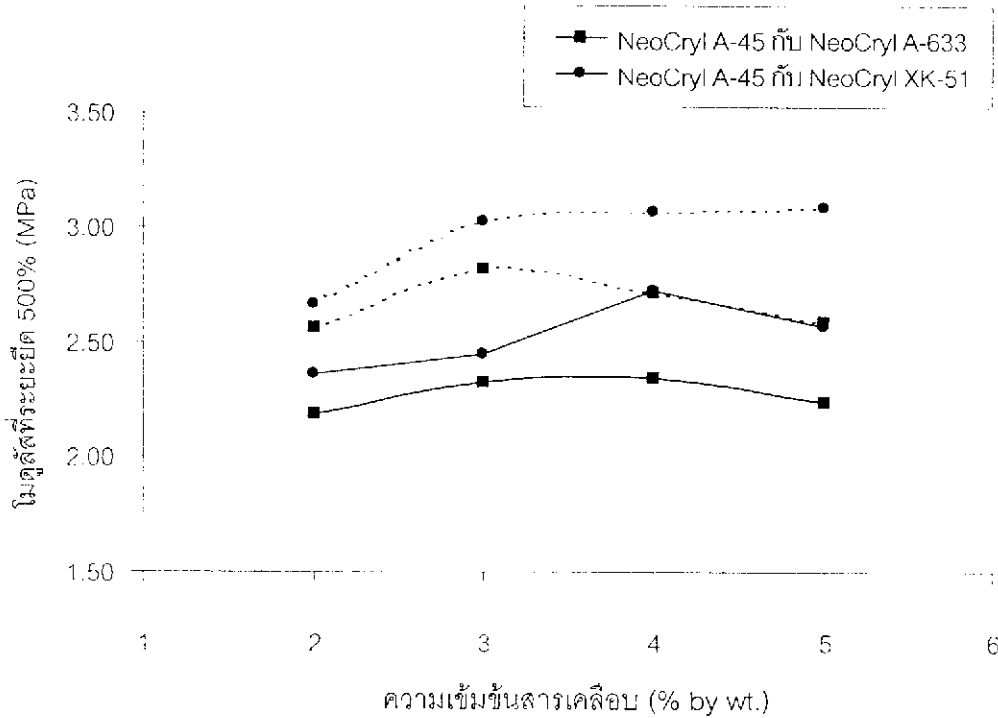
4.3.6.2 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

การเคลือบสองด้านมีผลต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบมากกว่าการเคลือบด้านเดียว ดังแสดงในตารางที่ 4.23 กล่าวคือ ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบสองด้านมีค่าอยู่ในช่วง 2.188 – 2.341 MPa และ 2.285 – 2.404 MPa สำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าถุงมือที่เคลือบเฉพาะผิวด้านนอกด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ซึ่งมีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ประมาณ 2.0 MPa โดยโมดูลัสที่ระยะยืด 500% จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นสารเคลือบด้านในที่เพิ่มขึ้นในช่วงความเข้มข้น 2-4% โดยน้ำหนัก เนื่องจากการเคลือบสองด้านทำให้ถุงมือแข็งแรงมากขึ้น และการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ให้ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% สูงกว่าถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 น่าจะเนื่องมาจากชั้นพอลิเมอร์เคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีความหนามากกว่าจึงทำให้ถุงมือแข็งแรงกว่า และหลังการบ่มแรง โมดูลัสที่ระยะยืด 500% มีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.35 เนื่องจากการบ่มแรงทำให้ถุงมือเคลือบแข็งแรงขึ้น ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% จึงสูงขึ้น โดยถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดมีค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% สูงสุด ที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 4% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.23 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือก่อนและหลังบ่มแรง

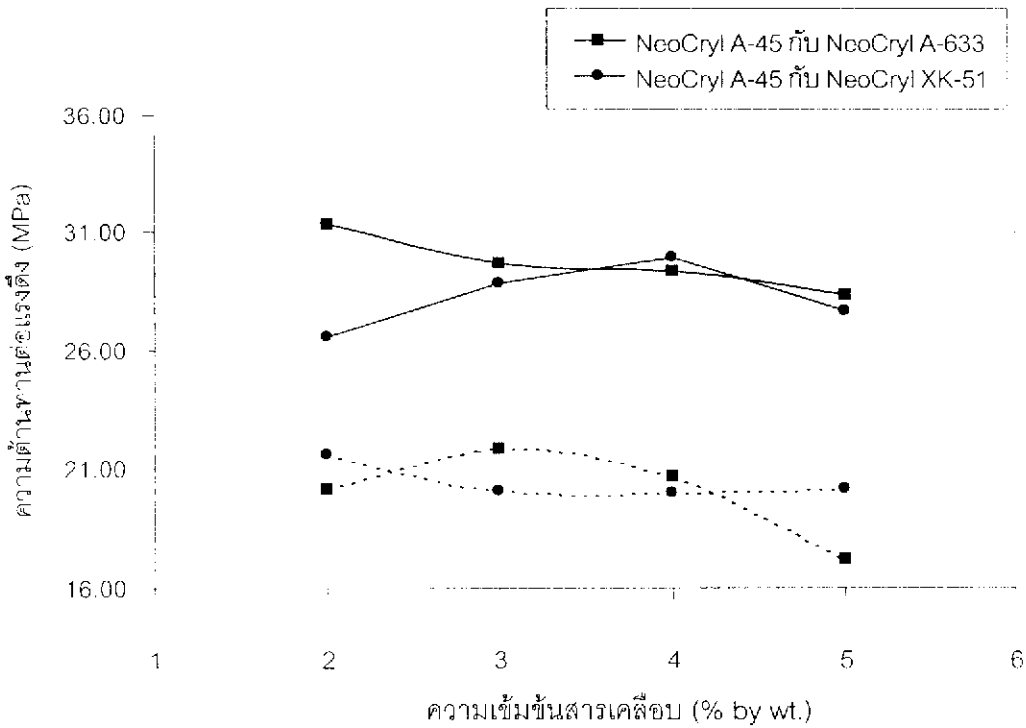
| ความเข้มข้นสารเคลือบ (% by wt.) | 500% Modulus (MPa) | | Tensile Strength (MPa) | | Elongation at break (%) | |
|------------------------------------|--------------------|------------|------------------------|------------|-------------------------|------------|
| | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | | | | | |
| 2 | 2.188 | 2.555 | 31.375 | 20.141 | 986 | 817 |
| 3 | 2.322 | 2.818 | 29.653 | 21.863 | 1029 | 826 |
| 4 | 2.341 | 2.711 | 29.304 | 20.658 | 1033 | 816 |
| 5 | 2.235 | 2.578 | 28.297 | 17.202 | 1001 | 850 |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | | | | | | |
| 2 | 2.285 | 2.789 | 26.514 | 21.563 | 979 | 863 |
| 3 | 2.354 | 2.657 | 28.849 | 20.063 | 969 | 834 |
| 4 | 2.404 | 2.681 | 29.903 | 19.969 | 990 | 822 |
| 5 | 2.125 | 2.843 | 27.615 | 20.171 | 981 | 870 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



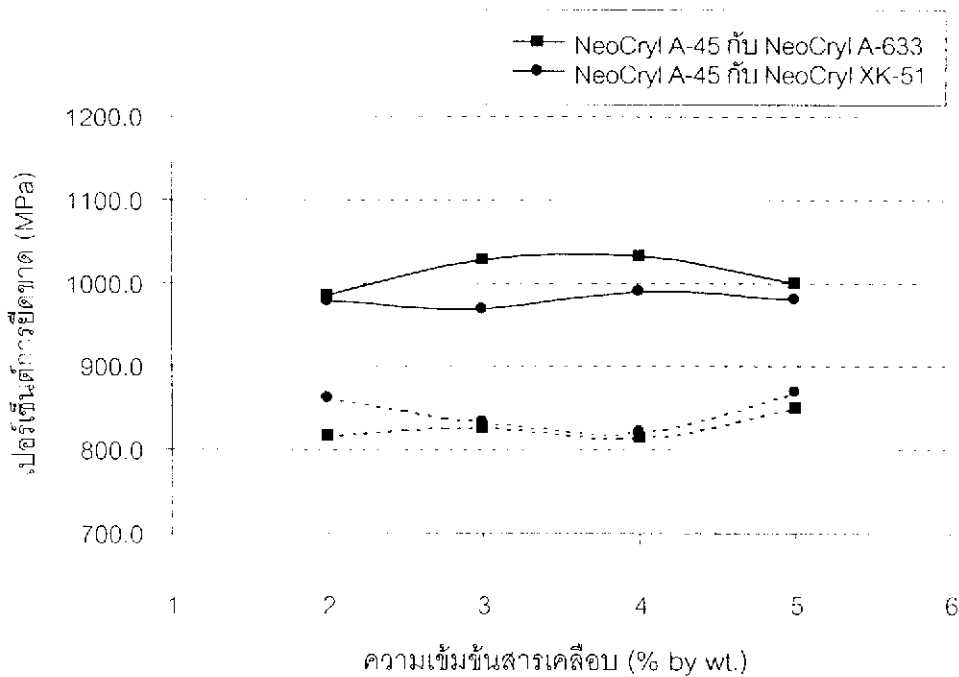
รูปที่ 4.35 ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นสารเคลือบต่างกัน
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง

ความต้านทานต่อแรงดึงก่อนการบ่มแรงของถุงมือเคลือบสองด้านทั้งสองชนิดมีค่าต่ำกว่าถุงมือที่เคลือบด้านเดียว โดยมีค่าอยู่ในช่วง 28.297 – 31.375 MPa และ 26.514 – 29.903 MPa สำหรับการเคลือบสองด้านด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ และ 32.500 MPa สำหรับถุงมือที่เคลือบเฉพาะผิวด้านนอกด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงต่ำกว่าถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และมีค่าต่ำสุดที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 2% โดยน้ำหนัก แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 4% โดยน้ำหนัก ในขณะที่ถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ความต้านทานต่อแรงดึงลดลงเมื่อความเข้มข้นสารเคลือบเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.36 ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากการเคลือบสองด้านทำให้ความหนาโดยรวมของพอลิเมอร์ที่เคลือบอยู่บนผิวยางสูงขึ้น ความแข็งแรงของยางจึงขึ้นอยู่กับชั้นของพอลิเมอร์เคลือบมากขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของถุงมือเคลือบลดลง เมื่อความหนาของชั้นสารเคลือบเพิ่มขึ้น แต่หลังการบ่มแรงความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับถุงมือที่เคลือบด้านเดียว ทั้งนี้น่าจะเนื่องมาจากการเคลือบสองด้านทำให้ความร้อนจากการบ่มแรง มีผลต่อการเสื่อมสภาพของยางน้อยลง



รูปที่ 4.36 ความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นสารเคลือบต่างกัน
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง

เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีค่าสูงกว่าถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ให้ชั้นพอลิเมอร์เคลือบหนากว่าจึงยืดได้น้อยกว่า และหลังการบ่มแรงเปอร์เซ็นต์การยืดขาดลดลง ดังรูปที่ 4.37 เนื่องจากถุงมือเคลือบแข็งขึ้น ทำให้ถุงมือยืดได้น้อยลง ดังได้กล่าวมาแล้ว และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3577 ที่ทุกระดับความเข้มข้น



รูปที่ 4.37 เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นสารเคลือบแตกต่างกัน
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง

4.3.6.3 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของ ถุงมือเคลือบ

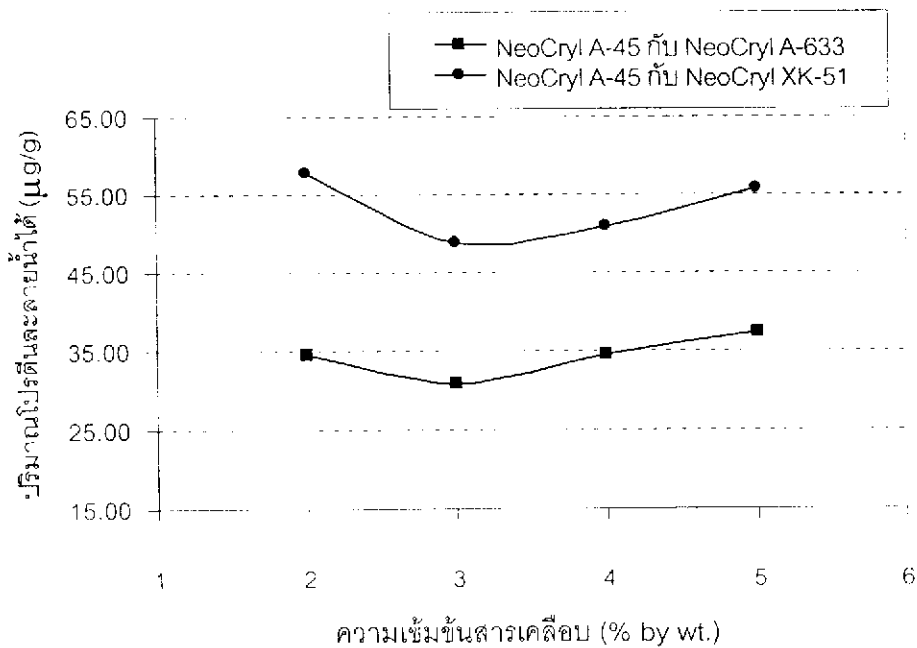
ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบสองด้าน ที่ใช้ความเข้มข้นสารเคลือบด้านในแตกต่างกัน ในตารางที่ 4.24 และ รูปที่ 4.38 ซึ่งพบว่ามีความใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 30.84 - 37.28 $\mu\text{g/g}$ และ 48.74 - 57.79 $\mu\text{g/g}$ ในถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ โดยปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดมีค่าต่ำสุด เมื่อเคลือบผิวด้านในด้วยสารเคลือบเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่าในการเคลือบด้านในแม้จะใช้ความเข้มข้นต่ำ ประมาณ 2-3% เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ก็สามารถช่วยป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนในยางได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะผิวถุงมือเคลือบ ซึ่งพบว่า การเคลือบด้านในแม้จะใช้ความเข้มข้นต่ำสารเคลือบสามารถแผ่กระจายบนผิวถุงมือได้ดี ดังได้กล่าวมาแล้ว และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเคลือบด้วยสารเคลือบทั้งสองกลุ่ม พบว่าการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบจะมีค่าสูงกว่าการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ทั้งนี้จะเนื่องมาจาก สมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบ ลักษณะการติดผิวและสัณฐาน

วิทยาของพอลิเมอร์เคลือบบนผิวยางแตกต่างกัน กล่าวคือ สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีโครงสร้างเป็นรูพรุนอาจจะทำให้โปรตีนในยางซึมผ่านได้มากกว่าโครงสร้างของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่มีลักษณะเป็นแท่งฝังอยู่ในฟิล์มเคลือบ (รูปที่ 4.33A และ 4.34A)

ตารางที่ 4.24 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบ

| ความเข้มข้นสารเคลือบ (% by wt.) | ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) | |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|
| | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b |
| 2 | 34.38 | 57.79 |
| 3 | 30.84 | 48.74 |
| 4 | 34.41 | 50.87 |
| 5 | 37.28 | 55.68 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.38 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบที่ใช้ความเข้มข้นสารเคลือบต่างกัน

4.3.7 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

จากการทดลองในข้อ 4.3.6 ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวด้านในควรวอยู่ในช่วง 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากให้สมบัติของถุงมือเคลือบทั้งสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน สมบัติเชิงฟิสิกส์ และปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ดีที่สุด เตรียมถุงมือที่ความเข้มข้นดังกล่าว ดังสูตรและวิธีการเตรียมในข้อ 3.3.2.2.6 โดยใช้สารรักษาความเสถียร คือ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 ศึกษาสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบได้ผลดังนี้

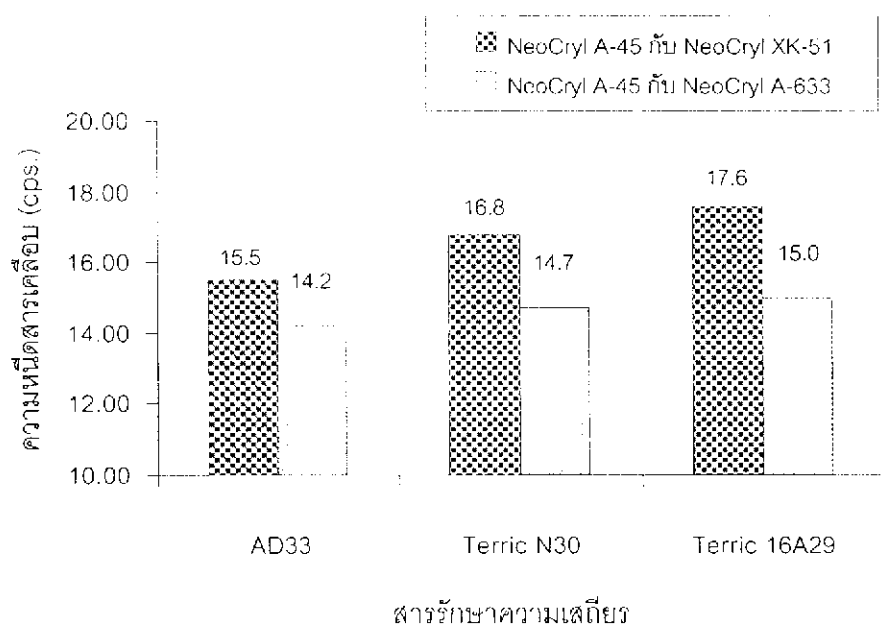
4.3.7.1 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อความหนืดของสารเคลือบ

ความหนืดของสารเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.25 พบว่า Terric 16A29 ให้ความหนืดของสารเคลือบสูงที่สุด รองลงมา คือ Terric N30 และ AD33 ตามลำดับ โดยสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีความหนืดต่ำและการใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดน้อยกว่าสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ของสารเคลือบ ดังรูปที่ 4.39

ตารางที่ 4.25 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อความหนืดของสารเคลือบที่ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก

| สารรักษา ความเสถียร | ความหนืดของสารเคลือบ (cps.) | |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b |
| AD33 | 14.2 | 15.5 |
| Terric16A29 | 14.7 | 17.6 |
| Terric N30 | 15.0 | 16.8 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.39 ความหนืดของสารเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน

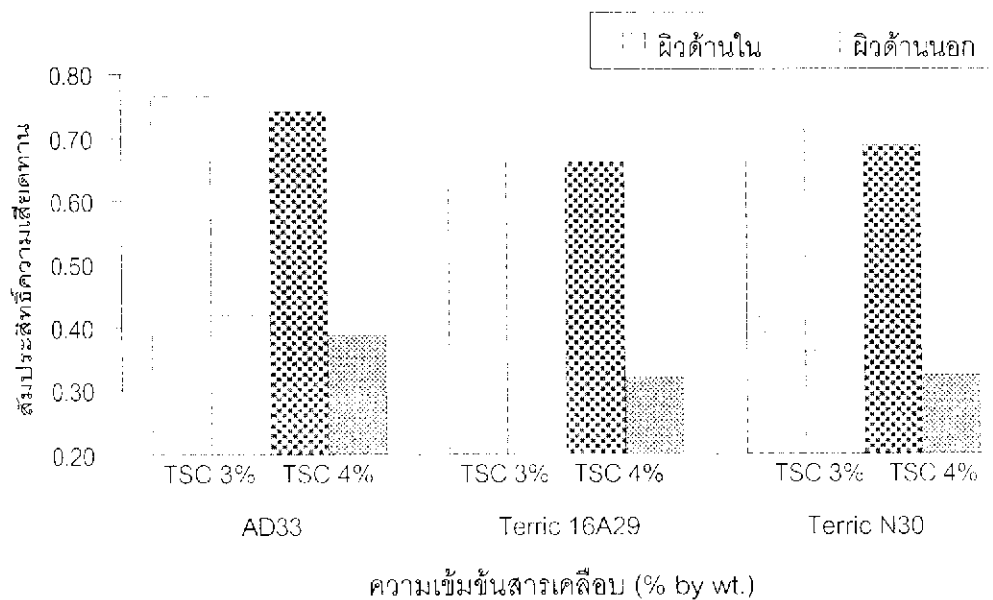
4.3.7.2 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบ

สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน แสดงในตารางที่ 4.26 โดยถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 มีค่าต่ำสุดเมื่อใช้ Terric 16A29 รองลงมา คือ Terric N30 และ AD33 ตามลำดับ และถุงมือที่เคลือบด้วยสารเคลือบความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก ให้อาชีพสัมประสิทธิ์ความเสียหายต่ำกว่าที่ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก เหมือนกันทั้งสามชนิดของสารรักษาความเสถียรที่ใช้ ดังรูปที่ 4.40 ส่วนถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 จะให้อาชีพสัมประสิทธิ์ความเสียหายต่ำสุดในถุงมือที่ใช้ AD33 รองลงมา คือ Terric 16A29 และ Terric N30 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.41 ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากสารรักษาความเสถียรแต่ละชนิดให้ลักษณะการกระจายตัวของสารเคลือบบนผิวยางแตกต่างกัน กล่าวคือ Terric 16A29 ให้ลักษณะการติดผิวยางได้ดีสำหรับการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 (รูปที่ 4.31) จึงให้สัมประสิทธิ์ความเสียหายต่ำที่สุด ในขณะที่ AD33 เป็นสารรักษาความเสถียรที่ให้ความหนืดต่ำ จึงทำให้สารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ซึ่งมีความหนืดสูงกว่าเกิดการติดผิวได้ดี ดังรูปที่ 4.42

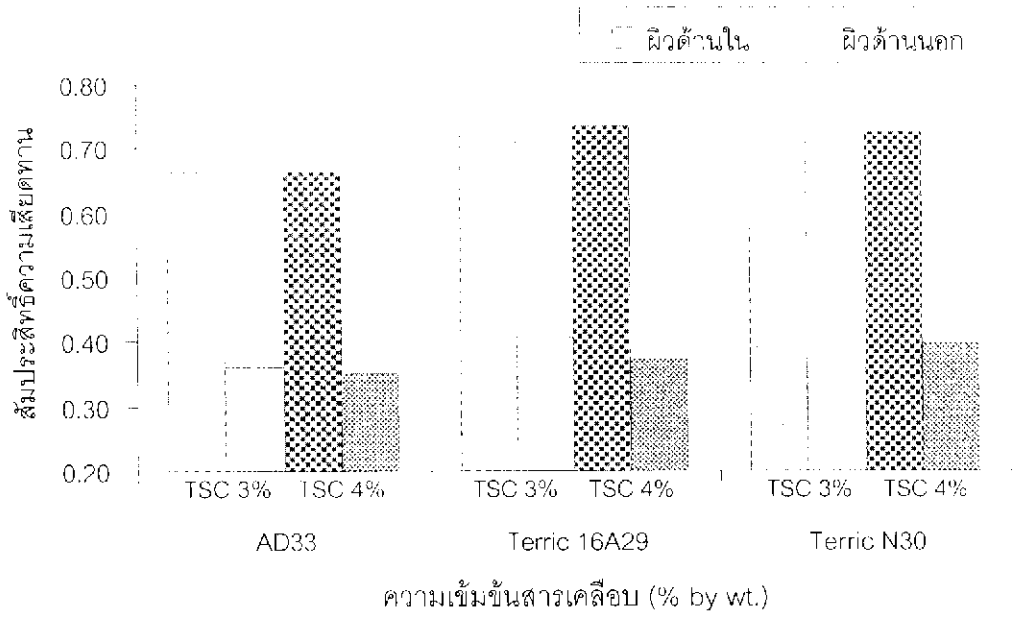
ตารางที่ 4.26 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

| สารรักษา ความเสถียร | ความเข้มข้น สารเคลือบ (%) | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | |
|------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน |
| AD33 | 3 | 0.4193 | 0.7651 | 0.3622 | 0.6652 |
| | 4 | 0.3848 | 0.7410 | 0.3522 | 0.6624 |
| Terric 16A29 | 3 | 0.3486 | 0.6750 | 0.4082 | 0.7330 |
| | 4 | 0.3199 | 0.6624 | 0.3734 | 0.7364 |
| Terric N30 | 3 | 0.3604 | 0.7179 | 0.3740 | 0.7128 |
| | 4 | 0.3242 | 0.6848 | 0.3976 | 0.7273 |

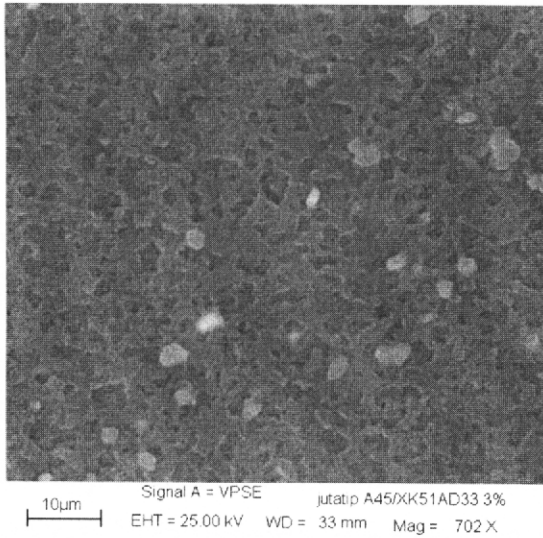
หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



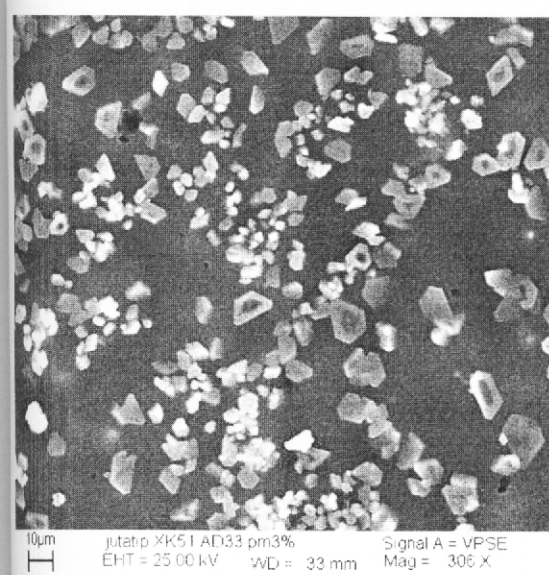
รูปที่ 4.40 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ความเข้มข้นสารเคลือบเป็น 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



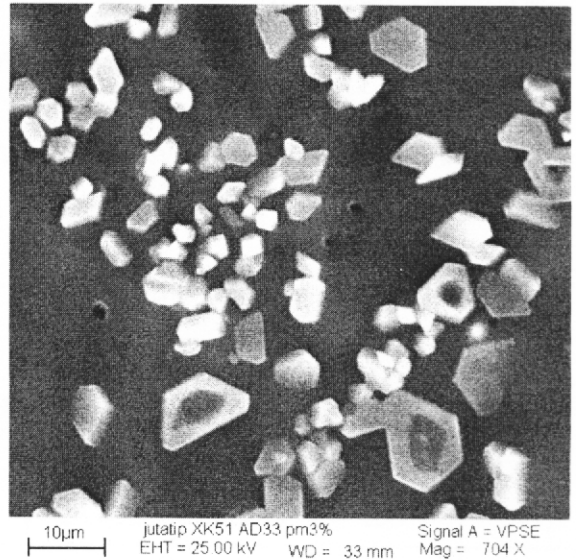
รูปที่ 4.41 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่ความเข้มข้นสารเคลือบเป็น 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



A : ลักษณะผิวด้านใน by SEM at 702X



B : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 306X



C : ลักษณะผิวด้านนอก by SEM at 704X

รูปที่ 4.42 ลักษณะผิวด้านในและด้านนอกของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก และใช้ AD33 เป็นสารรักษาความเสถียร จากเครื่อง SEM

4.3.7.3 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 แสดงในตารางที่ 4.27 และ 4.28 และรูปที่ 4.43 และ 4.44 ตามลำดับ พบว่า ถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ใช้ Terric N30 และ AD33 ให้โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 3% โดยน้ำหนัก สูงกว่าที่ 4% โดยน้ำหนัก ในขณะที่การใช้ Terric 16A29 ให้ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ให้ค่าโมดูลัสที่ระยะยืด 500% ที่ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก สูงกว่าที่ 3% โดยน้ำหนัก เหมือนกันทั้งสามชนิดของสารรักษาความเสถียรที่ใช้ และโมดูลัสที่ระยะยืด 500% หลังการบ่มแรงของถุงมือทั้งสองชนิดสูงกว่าก่อนการบ่มแรง ทั้งนี้เนื่องจากการบ่มแรงทำให้ถุงมือเคลือบแข็งขึ้นส่งผลให้โมดูลัสที่ระยะยืด 500% สูงขึ้น ดังได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 4.27 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

| สารรักษา ความเสถียร | ความเข้มข้น (%) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | | ความต้านทานต่อแรง ดึง (MPa) | | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) | |
|------------------------|--------------------|---------------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| | | | | | | | |
| AD33 | 3 | 2.423 | 3.229 | 29.845 | 20.407 | 922 | 795 |
| | 4 | 2.188 | 3.061 | 28.709 | 23.259 | 1001 | 856 |
| Terric16A29 | 3 | 2.322 | 3.218 | 29.653 | 21.863 | 1029 | 826 |
| | 4 | 2.341 | 2.711 | 29.304 | 20.658 | 1033 | 816 |
| Terric N30 | 3 | 2.324 | 3.027 | 29.461 | 19.560 | 953 | 800 |
| | 4 | 2.165 | 2.991 | 30.528 | 20.312 | 968 | 812 |

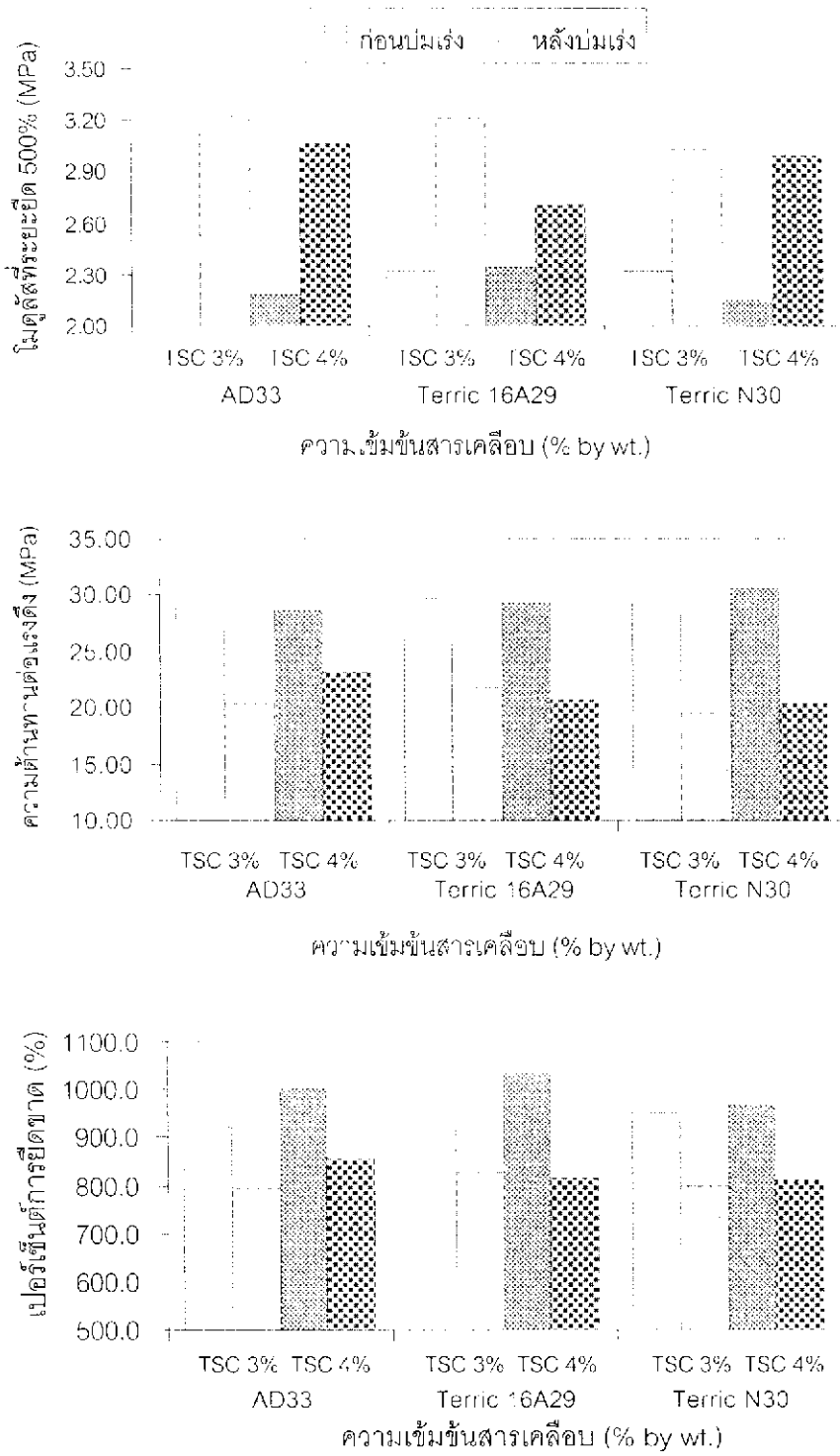
ตารางที่ 4.28 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่ความเข้มข้นสารเคลือบ 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

| สารรักษา ความเสถียร | ความเข้มข้น (%) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | | ความต้านทานต่อแรง ดึง (MPa) | | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) | |
|------------------------|--------------------|---------------------------------|------------|--------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| | | AD33 | 3 | 2.139 | 2.610 | 25.644 | 20.076 |
| | 4 | 2.482 | 2.975 | 26.971 | 20.818 | 940 | 814 |
| Terric16A29 | 3 | 2.354 | 2.657 | 28.849 | 20.063 | 969 | 834 |
| | 4 | 2.404 | 2.681 | 29.903 | 20.171 | 990 | 822 |
| Terric N30 | 3 | 2.259 | 2.722 | 27.349 | 19.029 | 1005 | 831 |
| | 4 | 2.485 | 3.320 | 29.104 | 19.361 | 962 | 798 |

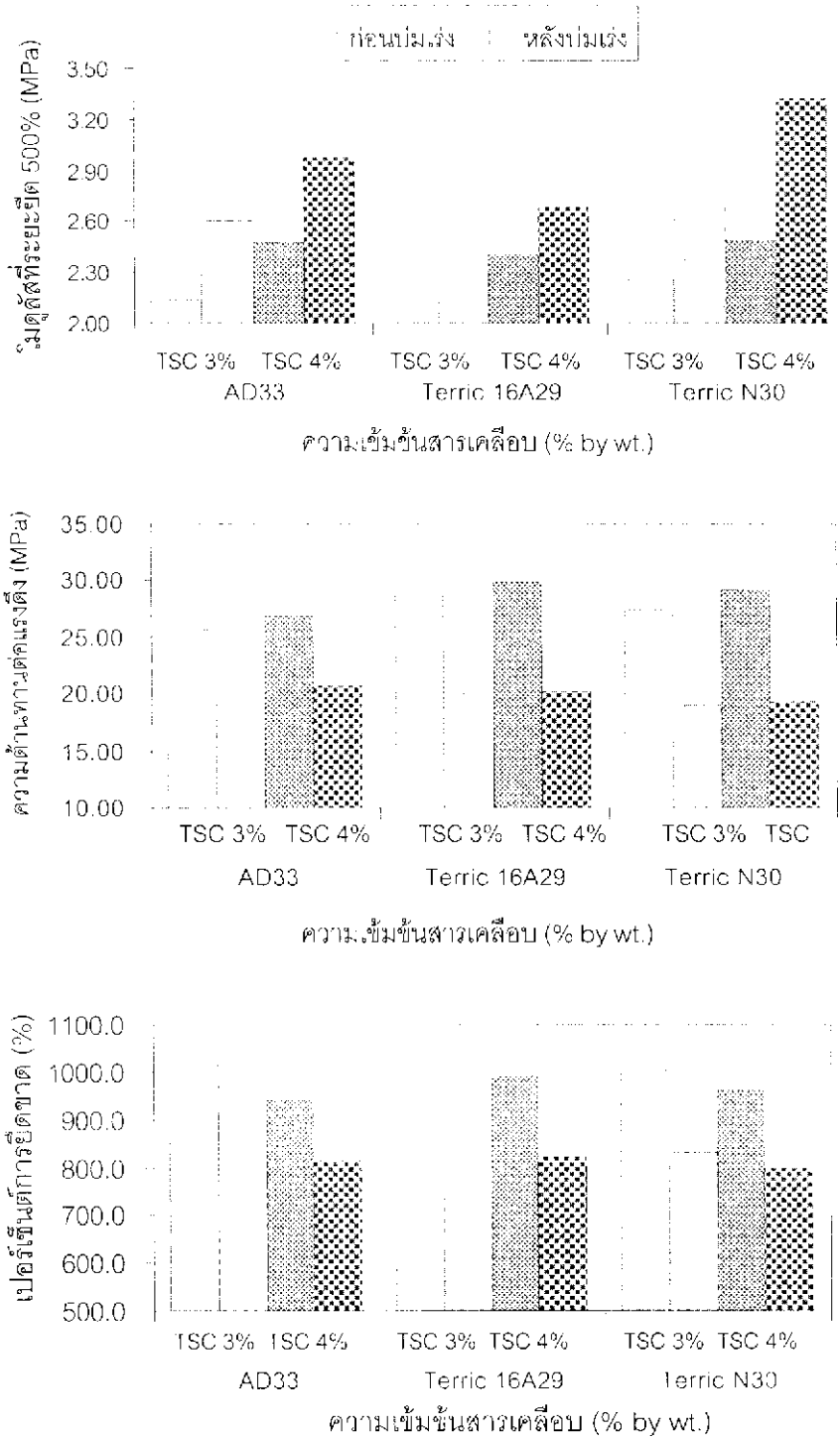
ความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน ไม่แตกต่างกัน และมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารเคลือบเพิ่มขึ้น ส่วนถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่ใช้ Terric 16A29 และ Terric N30 มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงใกล้เคียงกัน และสูงกว่าที่ใช้ AD33 และหลังการบ่มแรงถุงมือทั้งสองชนิดมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าก่อนการบ่มแรง แสดงให้เห็นว่า ถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานต่อแรงดึงก่อนและหลังการบ่มแรงน้อยกว่า ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากการมีชั้นพอลิเมอร์เคลือบหนากว่าจึงป้องกันความร้อนได้ดีกว่า ส่งผลให้การเสื่อมสภาพของยางจากความร้อนน้อยลง

เปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงประมาณ 900-1000% และลดลงหลังการบ่มแรง เนื่องจากถุงมือเคลือบแข็งขึ้น ทำให้ยืดได้น้อยลง ดังได้กล่าวมาแล้ว

สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิด ที่ใช้ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 เป็นสารรักษาความเสถียร ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของถุงมือตรวจและถุงมือผ่าตัด (ASTM D3577 และ ASTM D 3578)



รูปที่ 4.43 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของงูมมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-15 กับ NeoCryl A-633 ที่ ความเข้มข้นสารเคลือบเป็น 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4.44 สมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่ความเข้มข้นสารเคลือบเป็น 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

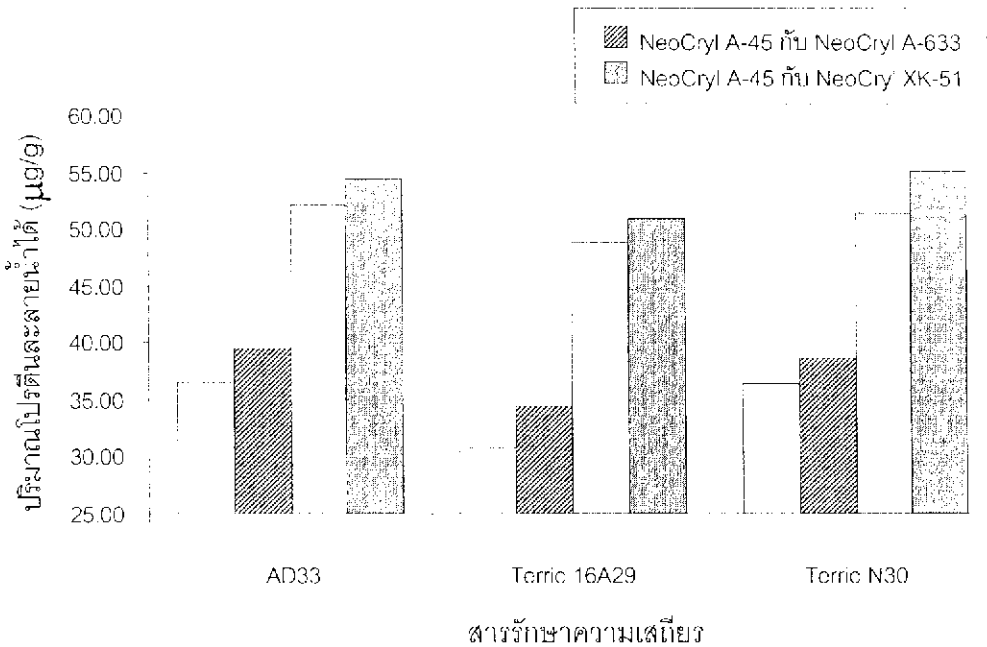
4.3.7.4 ผลของชนิดสารรักษาความเสถียรต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบ

ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.29 พบว่าปริมาณโปรตีนในถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ใช้ Terric 16A29 มีค่าต่ำกว่า ที่ใช้ Terric N30 และ AD33 เล็กน้อย ในขณะที่ถุงมือของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ให้ปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 48-55 $\mu\text{g/g}$ ซึ่งสูงกว่าถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ประมาณ 30-40 $\mu\text{g/g}$ เล็กน้อย แสดงว่าในการเคลือบด้วยวิธีนี้ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 น่าจะให้ประสิทธิภาพการเคลือบที่ดีกว่า และถุงมือที่เคลือบด้วยความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก มีแนวโน้มป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนได้ดีกว่า จึงให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดต่ำกว่าที่ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.45

ตารางที่ 4.29 ผลของความเข้มข้นสารเคลือบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ของถุงมือเคลือบ

| สารรักษาความเสถียร | ความเข้มข้นสารเคลือบ (%) | ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) | |
|--------------------|--------------------------|---|----------------------------------|
| | | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b |
| AD33 | 3 | 36.47 | 52.04 |
| | 4 | 39.58 | 54.42 |
| Terric16A29 | 3 | 30.84 | 48.74 |
| | 4 | 34.41 | 50.87 |
| Terric N30 | 3 | 36.40 | 51.45 |
| | 4 | 38.67 | 55.18 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.45 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบที่ใช้สารรักษาความเสถียรต่างชนิดกัน
เส้นประ คือ ความเข้มข้น 3% โดยน้ำหนัก เส้นทึบ คือ ความเข้มข้น 4% โดยน้ำหนัก

4.3.8 ผลของอุณหภูมิสารเคลือบต่อสมบัติของถุงมือเคลือบ

เตรียมถุงมือเคลือบโดยใช้ Terric 16A29 เป็นสารรักษาความเสถียร ความเข้มข้น 3% และ 4% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ตามลำดับ โดยเคลือบถุงมือด้านในที่ 40°C, 50°C และ 60°C ตามวิธีการในข้อ 3.3.4.2.2.8 ศึกษาสมบัติของถุงมือเคลือบ ได้ผลดังนี้

4.3.8.1 ผลของอุณหภูมิสารเคลือบต่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

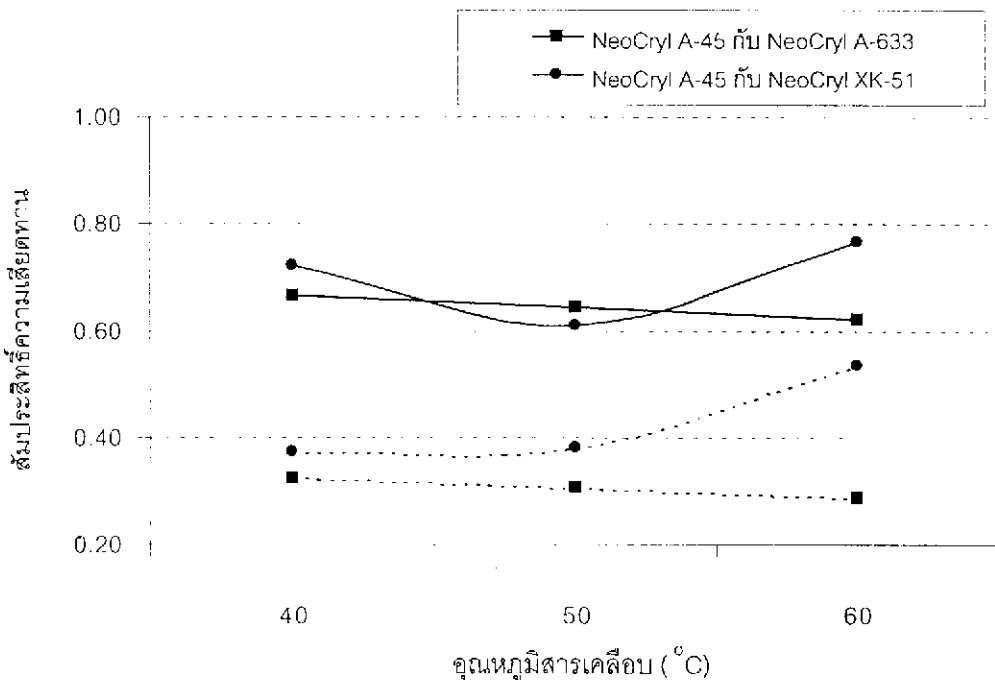
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ลดลง เมื่ออุณหภูมิสารเคลือบเพิ่มขึ้น ในขณะที่ถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงในช่วงอุณหภูมิ 40-50°C แล้วเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 60°C ดังตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.46 ทั้งนี้เนื่องจากการจุ่มสารเคลือบที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผิวถุงมือด้านในแห้ง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจึงลดลง ส่วนการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในถุงมือของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 น่าจะมีเหตุผลมาจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้สารเคลือบมีความหนืดลดลง การกระจายตัวของอนุภาคสารเคลือบจึงเปลี่ยนไปมากกว่าการ

เสื่อมสภาพของสารเคลือบ เนื่องจากเมื่อศึกษาลักษณะผิวถุงมือ (รูปที่ 4.53) พบว่ามีอนุภาคสารเคลือบบนผิวยางสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน และให้ผิวยางเรียบกว่าการเคลือบที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.30 ผลของอุณหภูมิสารเคลือบต่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

| อุณหภูมิสารเคลือบ (°C) | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน |
| อุณหภูมิห้อง | 0.3199 | 0.6624 | 0.4082 | 0.7364 |
| 40 | 0.3233 | 0.6657 | 0.3718 | 0.7239 |
| 50 | 0.3033 | 0.6446 | 0.3792 | 0.6079 |
| 60 | 0.2864 | 0.6205 | 0.5331 | 0.7675 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.46 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบที่แปรอุณหภูมิสารเคลือบ
เส้นทึบ คือ ผิวด้านใน เส้นประ คือ ผิวด้านนอก

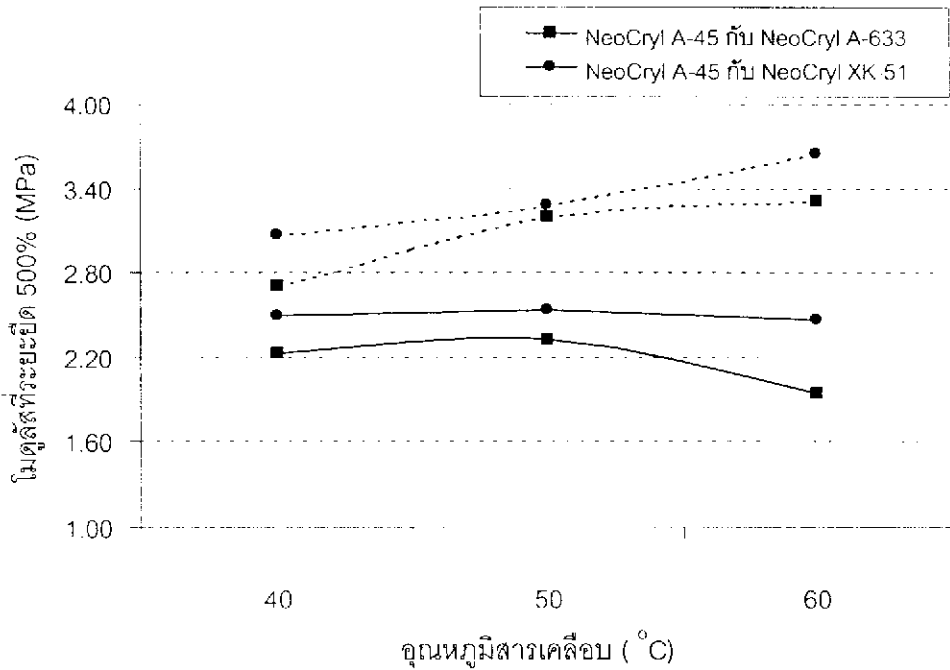
4.3.8.2 ผลของอุณหภูมิสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

การเพิ่มอุณหภูมิสารเคลือบมีผลต่อการกระจายตัวของชั้นพอลิเมอร์เคลือบ ดังได้กล่าวมาแล้ว จึงทำให้โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ความต้านทานต่อแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิสารเคลือบ 50°C ดังแสดงในตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.47-4.49 ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมินี้สารเคลือบน่าจะเกิดการกระจายตัวได้ดีที่สุด

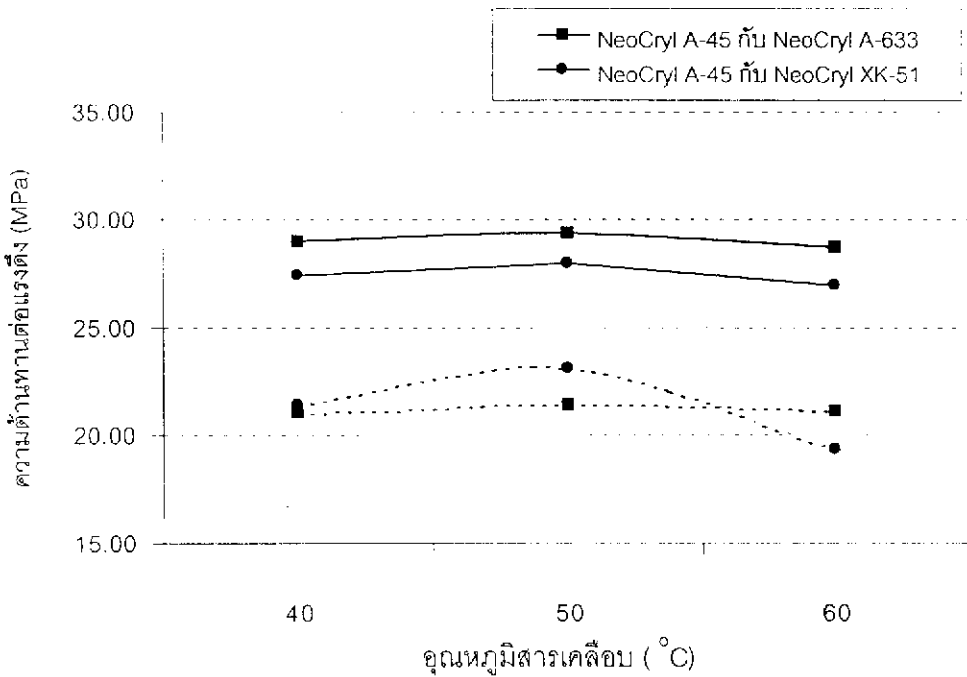
ตารางที่ 4.31 ผลของอุณหภูมิสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการบ่มแรงของถุงมือเคลือบ

| อุณหภูมิสารเคลือบ (°C) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) | |
|--|---------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 1^a | | | | | | |
| อุณหภูมิห้อง | 2.341 | 2.711 | 29.304 | 20.658 | 1033 | 816 |
| 40 | 2.224 | 2.700 | 28.918 | 21.071 | 995 | 780 |
| 50 | 2.327 | 3.196 | 29.306 | 21.455 | 1021 | 773 |
| 60 | 1.939 | 3.305 | 28.707 | 21.153 | 998 | 770 |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 2^b | | | | | | |
| อุณหภูมิห้อง | 2.354 | 2.657 | 28.849 | 20.063 | 969 | 834 |
| 40 | 2.499 | 3.065 | 27.398 | 21.434 | 939 | 809 |
| 50 | 2.533 | 3.276 | 27.974 | 23.131 | 964 | 790 |
| 60 | 2.470 | 3.644 | 26.913 | 19.404 | 917 | 740 |

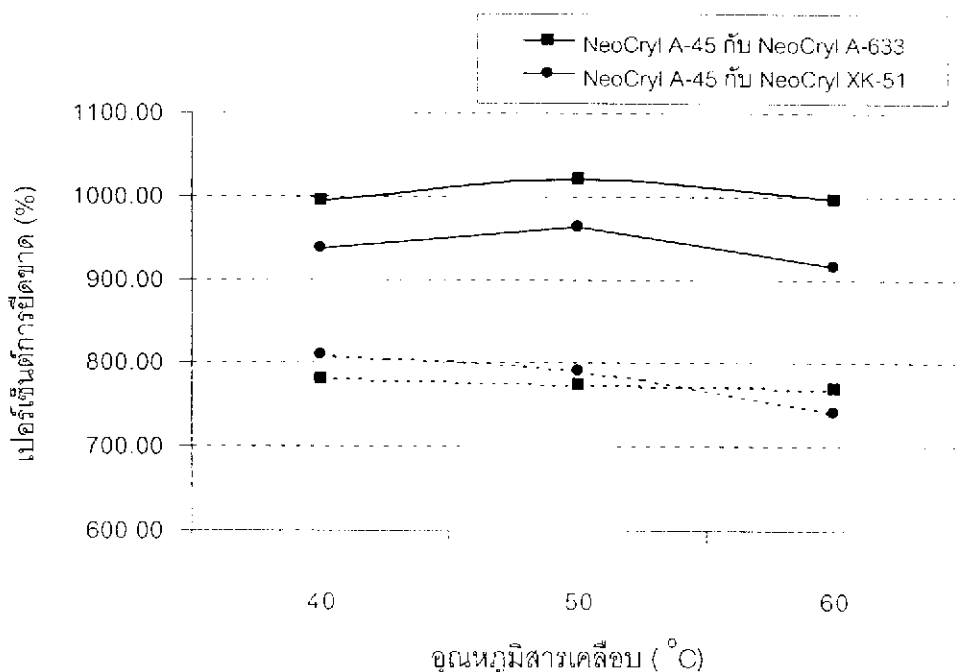
หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.47 โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบที่แปรอุณหภูมิสารเคลือบ
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง



รูปที่ 4.48 ความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบที่แปรอุณหภูมิสารเคลือบ
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง



รูปที่ 4.49 เปอร์เซ็นต์การยืดหดของถุงมือเคลือบที่แปรอุณหภูมิสารเคลือบ
เส้นทึบ คือ ก่อนการปั๊มแรง เส้นประ คือ หลังการปั๊มแรง

4.3.9 ผลของการปั๊มสารเคลือบต่อสมบัติของถุงมือเคลือบ

เตรียมถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ความเข้มข้นสารเคลือบ 3% และ 4% โดยน้ำหนัก โดยใช้ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 เป็นสารรักษาความเสถียร ปั๊มสารเคลือบก่อนการเคลือบ ดังรายละเอียดในข้อ 3.3.4.2.2.9 ศึกษาสมบัติของถุงมือเคลือบ ได้ผลดังนี้

4.3.9.1 ผลของการปั๊มสารเคลือบ ต่อสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบ

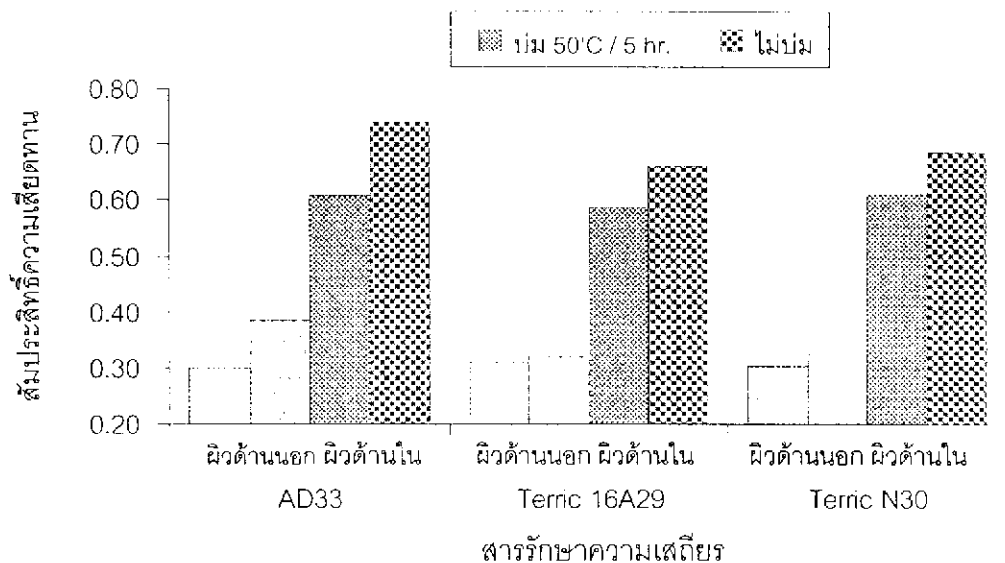
การปั๊มสารเคลือบผิวด้านในก่อนการเคลือบทำให้สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ลดลง ดังตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.50 โดย AD33 ให้สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือน้อยลงมากที่สุด ในขณะที่ Terric 16A29 และ Terric N30 สัมประสิทธิ์ความเสียหายลดลงเล็กน้อย แสดงว่า AD33 น่าจะเหมาะสมกับการใช้งานที่อุณหภูมินี้ ซึ่งการศึกษาลักษณะผิวในรูปที่ 4.52 พบว่า AD33 ให้ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบดีขึ้นมากเมื่อเทียบกับการเคลือบที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ถุงมือของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีสัมประสิทธิ์ความเสียหายผิวด้านในเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผิวด้านนอกที่ใช้

AD33 และ Terric N30 มีสัมประสิทธิ์ความเสียหายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.51 ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากการบ่มสารเคลือบทำให้การกระจายของอนุภาคสารเคลือบเปลี่ยนไป เหมือนกรณีการเพิ่มอุณหภูมิสารเคลือบ จากการศึกษาลักษณะผิวในรูปที่ 4.53 จะเห็นว่า การบ่มสารเคลือบให้ผิวถุงมือเคลือบเรียบกว่าที่อุณหภูมิห้อง แสดงว่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายที่เพิ่มขึ้นน่าจะเนื่องมาจากอนุภาคพอลิเมอร์กระจายตัวละเอียดกว่าทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น สัมประสิทธิ์ความเสียหายจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดมีค่าไม่เกิน 0.4

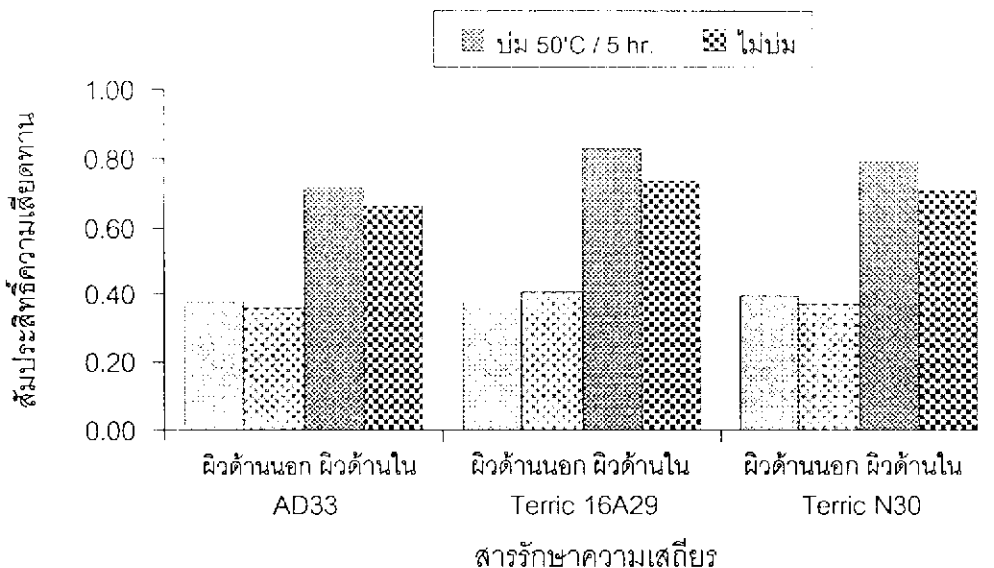
ตารางที่ 4.32 ผลของการบ่มสารเคลือบต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบ

| สารรักษา ความเสถียร | ไม่บ่มสารเคลือบ | | บ่มสารเคลือบที่ 50°C | |
|--|-----------------|-----------|----------------------|-----------|
| | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน |
| <u>สารเคลือบกลุ่มที่ 1^a</u> | | | | |
| AD33 | 0.3848 | 0.7410 | 0.2983 | 0.6067 |
| Terric16A29 | 0.3199 | 0.6624 | 0.3107 | 0.5855 |
| Terric N30 | 0.3242 | 0.6848 | 0.3029 | 0.6118 |
| <u>สารเคลือบกลุ่มที่ 2^b</u> | | | | |
| AD33 | 0.3622 | 0.6652 | 0.3809 | 0.7180 |
| Terric16A29 | 0.4082 | 0.7364 | 0.3866 | 0.8269 |
| Terric N30 | 0.3740 | 0.7128 | 0.3951 | 0.7900 |

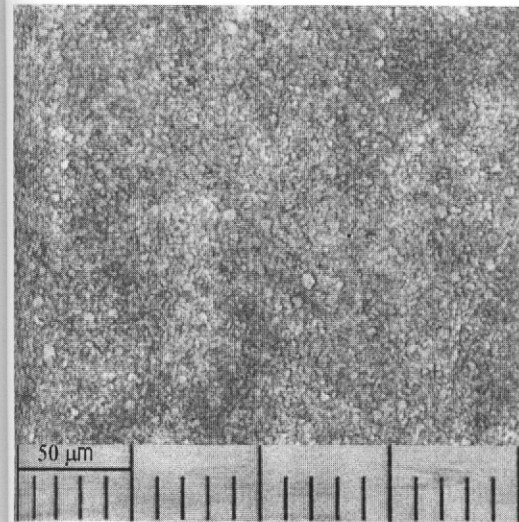
หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



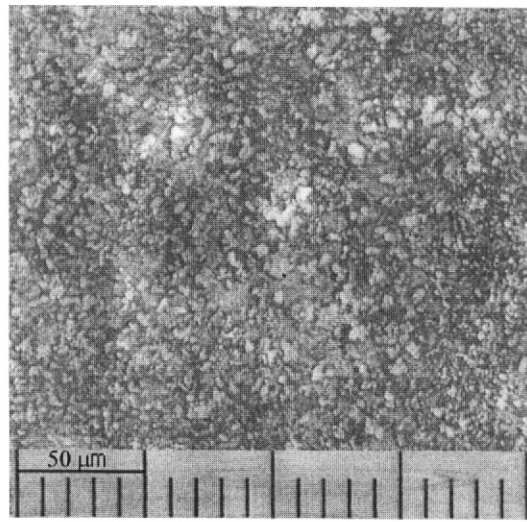
รูปที่ 4.50 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 โดยต้มและไม่ต้มสารเคลือบก่อนการเคลือบ



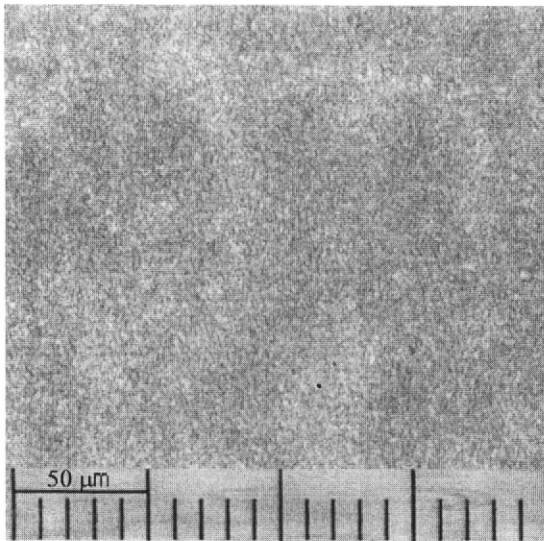
รูปที่ 4.51 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยต้มและไม่ต้มสารเคลือบก่อนการเคลือบ



Terric 16A29 TSC=4% at 50°C

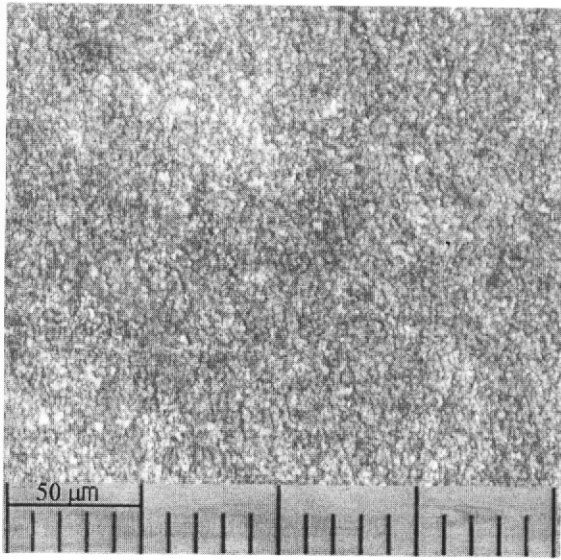


Terric N30 TSC=4% at 50°C

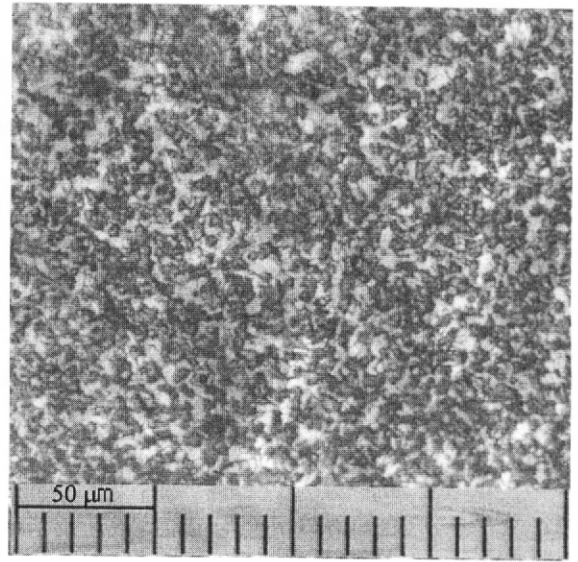


AD33 TSC=4% at 50°C

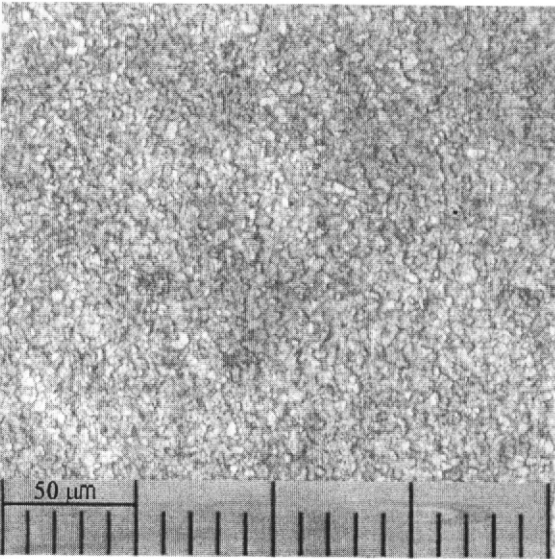
รูปที่ 4.52 ลักษณะผิวถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่เคลือบที่ 50°C จากกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า



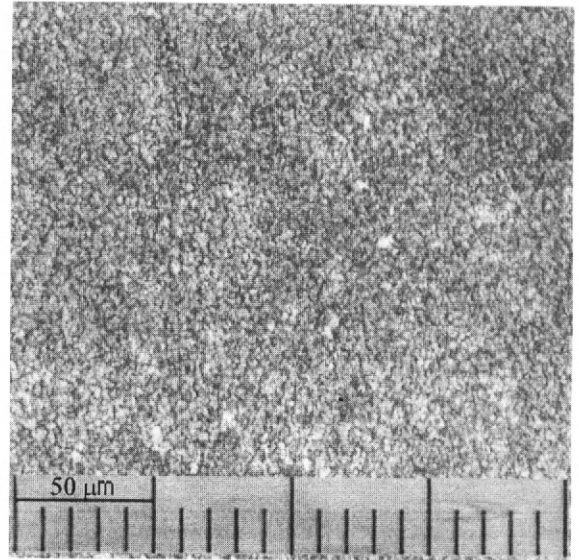
Terric 16A29 TSC=4% at 50°C



Terric N30 TSC=4% at 50°C



AD33 TSC=4% at 50°C



Terric 16A29 TSC=4% at 60°C

รูปที่ 4.53 ลักษณะผิวถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ที่ 50°C และ 60°C จากกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

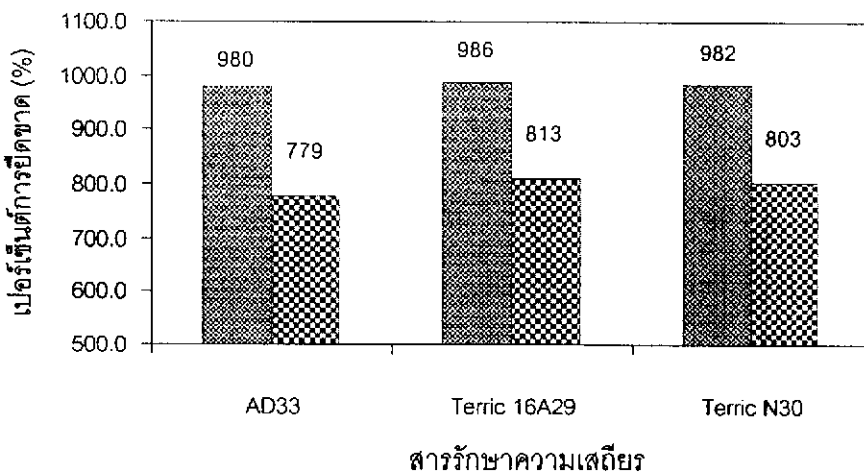
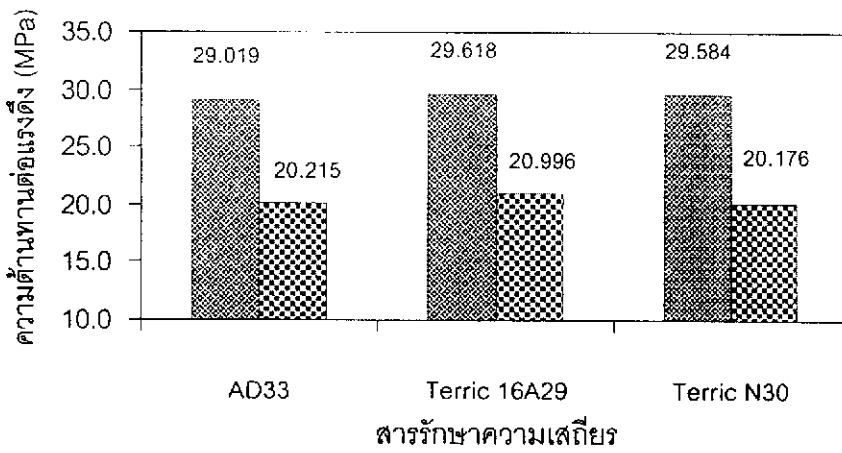
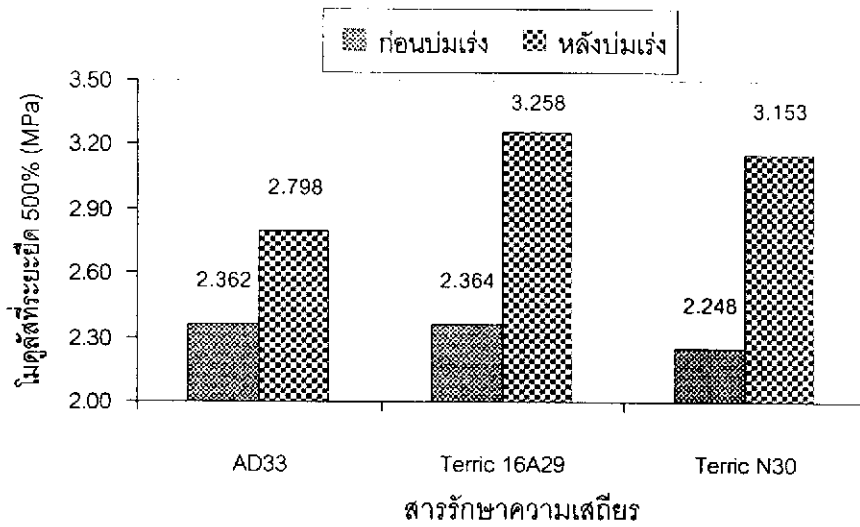
4.3.9.2 ผลของการบ่มสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถงมือเคลือบ

การบ่มสารก่อนการเคลือบทำให้โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถงมือเคลือบทั้งสองชนิดก่อนและหลังการบ่มเร่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความต้านทานต่อแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลง และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดลดลงเล็กน้อย ดังตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.54 และ 4.55 ตามลำดับ และถงมือที่บ่มสารก่อนการเคลือบทั้งสองชนิดให้สมบัติเชิงฟิสิกส์สูงสุด เมื่อใช้ Terric 16A29 เป็นสารรักษาความเสถียร

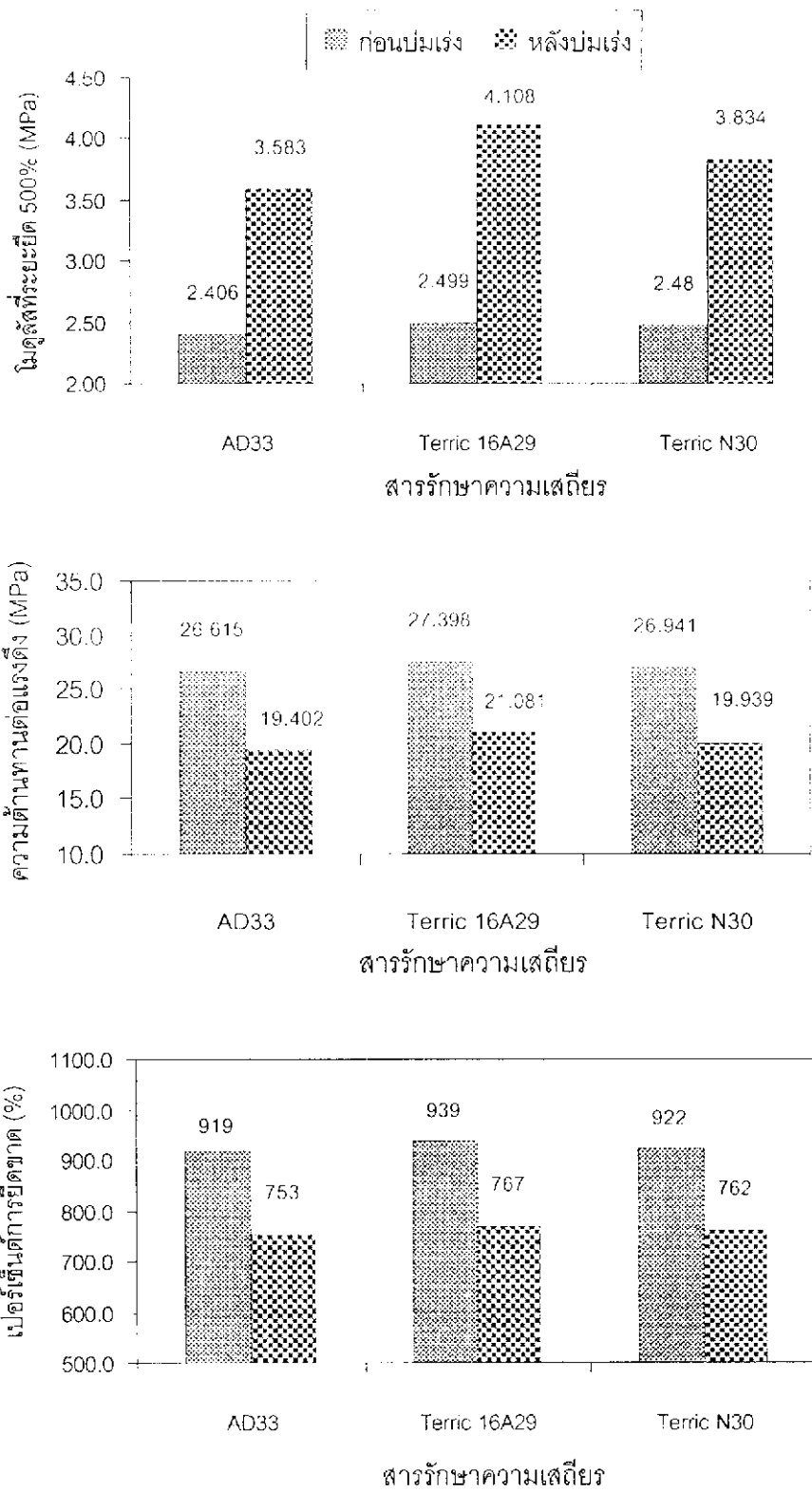
ตารางที่ 4.33 ผลของการบ่มสารเคลือบต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถงมือเคลือบก่อนและหลังบ่มเร่ง

| สารรักษาความเสถียร | 500% Modulus (MPa) | | Tensile Strength (MPa) | | Elongation at break (%) | |
|----------------------------------|--------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | ก่อนบ่มเร่ง | หลังบ่มเร่ง | ก่อนบ่มเร่ง | หลังบ่มเร่ง | ก่อนบ่มเร่ง | หลังบ่มเร่ง |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | | | | | |
| AD33 | 2.362 | 2.798 | 29.019 | 20.215 | 980 | 779 |
| Terric16A29 | 2.364 | 3.258 | 29.618 | 20.996 | 986 | 813 |
| Terric N30 | 2.248 | 3.153 | 29.584 | 20.176 | 982 | 803 |
| สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | | | | | | |
| AD33 | 2.406 | 3.583 | 26.615 | 19.402 | 919 | 753 |
| Terric16A29 | 2.499 | 4.108 | 27.398 | 21.081 | 939 | 767 |
| Terric N30 | 2.480 | 3.834 | 26.941 | 19.939 | 922 | 762 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.54 สมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการบ่มแรงของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 โดยบ่มสารเคลือบก่อนการเคลือบ



รูปที่ 4.55 สมบัติเชิงฟิสิกส์ก่อนและหลังการปรมแรงของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 โดยปรมสารเคลือบก่อนการเคลือบ

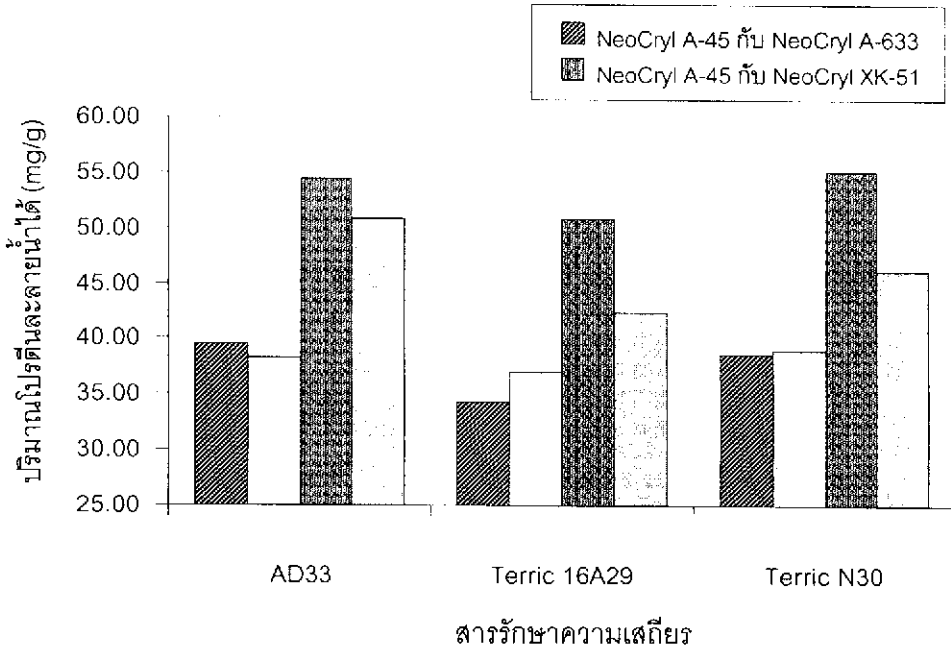
4.3.9.3 ผลของการบ่มสารเคลือบต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบ

การบ่มสารเคลือบที่ 50°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนการเคลือบไม่มีผลต่อสมบัติของสารเคลือบในถังเคลือบ ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่บ่มและไม่บ่มสารเคลือบก่อนการเคลือบ ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าการบ่มสารก่อนการเคลือบทำให้สารเคลือบที่ใช้ AD33 มีการกระจายตัวได้ดีขึ้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมื่อยังอยู่ในระดับเดียวกัน คือ ประมาณ 40 $\mu\text{g/g}$ ดังตารางที่ 4.34 การบ่มสารเคลือบมีผลต่อการกระจายตัวของสารเคลือบ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มากกว่าของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ทำให้การกระจายตัวเกิดได้ดีขึ้นมาก ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 จึงลดลงเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.56

ตารางที่ 4.34 ผลของการบ่มสารเคลือบต่อโปรตีนละลายน้ำได้ในของถุงมือเคลือบ

| สารรักษาความเสถียร | ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) | | | |
|--------------------|---|--------------|----------------------------------|--------------|
| | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | |
| | ไม่บ่ม | บ่มสารเคลือบ | ไม่บ่ม | บ่มสารเคลือบ |
| AD33 | 39.58 | 38.22 | 52.04 | 50.79 |
| Terric16A29 | 34.41 | 37.02 | 48.74 | 42.50 |
| Terric N30 | 38.67 | 39.02 | 51.45 | 46.22 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.56 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบที่บ่มและไม่บ่มสารเคลือบก่อนการเคลือบ
เส้นประ คือ บ่มสารก่อนการเคลือบ เส้นทึบ คือ ไม่บ่มสารก่อนการเคลือบ

จากการทดลองในข้อที่ 4.3.8 และ 4.3.9 แสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวด้านในของถุงมือ ควรจะควบคุมอุณหภูมิสารเคลือบ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการกระจายตัวของสารเคลือบบนแบบพิมพ์และการยึดติดกับผิวยาง และให้ลักษณะผิวของถุงมือแห้งขึ้น ทำให้ถุงมือลื่นขึ้น และการควบคุมอุณหภูมิยังช่วยให้ถุงมือที่ได้มีสมบัติสม่ำเสมอขึ้นด้วย และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและการบ่มสารเคลือบไม่มีผลให้สารเคลือบของ Terric 16A29, Terric N30 และ AD33 เสียสภาพ ดังนั้น การจุ่มสารเคลือบหลายๆ ครั้ง ในกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งอาจทำให้อุณหภูมิถึงจุ่มเพิ่มขึ้น ไม่น่าจะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของสารเคลือบ สารเคลือบดังกล่าวสามารถทนความร้อนที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ และสามารถใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 60 °C สำหรับ Terric 16A29 นอกจากนี้ การกระจายตัวได้ดีขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบสูงขึ้น พอลิเมอร์ที่เคลือบบนผิวยางสามารถป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนได้ดีขึ้น โดยสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบอยู่ในช่วงไม่เกิน 0.4 และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ASTM D3577)

4.3.10 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบ

ศึกษาผลของการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตต่อความเสถียรของสารเคลือบ ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบ และสมบัติของสารเคลือบและถุงมือเคลือบที่เปลี่ยนไป โดยแปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 1-5% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ 1-3% โดยน้ำหนัก ในสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามวิธีการในข้อ 3.3.4.2.2.10 ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.10.1 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวยาง

การเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบทั้งสองกลุ่มไม่มีผลต่อความเสถียรของสารเคลือบ ดังตารางที่ 4.35 แต่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของสารช่วยจับตัวและกระบวนการผลิตถุงมือ กล่าวคือ เมื่อแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบมีปริมาณมากถุงมือจะมีรอยบวมและเกิดรอยตาปลา ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้อนุภาคของสารในสารเคลือบมีมากเกินไป สารช่วยจับตัวจึงติดแบบพิมพ์ได้น้อยและไม่สม่ำเสมอ น้ำยางคอมปาวด์จึงเกาะบนแบบพิมพ์ได้ไม่ทั่วถึง นอกจากนี้การถอดจากแบบพิมพ์ทำได้ยากมาก เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตจะเป็นคราบแข็งติดกับแบบพิมพ์ และผิวถุงมือมีคราบติดคล้ายกับถุงมือแข็ง แต่การใช้ในปริมาณน้อย (ไม่เกิน 2% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ 1% โดยน้ำหนัก สำหรับสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ช่วยให้ถุงมือเคลือบมีผิวแห้งถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ง่าย แต่ขณะจุ่มแบบพิมพ์ควรมีการกวาดตลอดเวลาเพื่อป้องกันการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต

ตารางที่ 4.35 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความเสถียรและลักษณะผิวของถุงมือ

| ปริมาณ CaCO ₃ (% by wt.) | ความเสถียรของสารเคลือบและลักษณะผิวของถุงมือ |
|--|--|
| 1 | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มมีความเสถียร จุ่มแล้วให้ผิวถุงมือสม่ำเสมอดีสามารถถอดจากแบบพิมพ์ได้ง่าย ผิวด้านนอกแห้งมีแป้งติดเล็กน้อย โดยผิวของสารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^o ถอดจากแบบพิมพ์ได้ง่ายกว่า และมีแป้งติดน้อยกว่า อาจมีการตกตะกอนของ CaCO ₃ บ้างเล็กน้อย หลังจากตั้งสารเคลือบทิ้งไว้แต่สังเกตได้ไม่ชัดเจน |
| 2 | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มมีความเสถียร จุ่มแล้วให้ผิวถุงมือสม่ำเสมอดี แต่ถอดจากแบบพิมพ์ได้ยากขึ้น และผิวด้านนอกแห้งมาก มีคราบของแป้งมองเห็นได้ชัดเจน และเมื่อตั้งสารเคลือบไว้จะเห็นการตกตะกอนของ CaCO ₃ อย่างชัดเจน |
| 3 | สารเคลือบทั้งสองกลุ่มมีความเสถียร ของกลุ่มที่ 1 ^o จุ่มแล้วให้ผิวถุงมือสม่ำเสมอดี แต่ถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ยาก ในขณะที่กลุ่มที่ 2 ^o จุ่มแล้วผิวถุงมือไม่ค่อยสม่ำเสมอเท่าที่ควร และถอดออกจากแบบพิมพ์ยากมาก แคลเซียมคาร์บอเนตจะทำให้ผิวของถุงมือแห้งแข็งติดกับแบบพิมพ์ถอดแล้วมีคราบของแป้งมองเห็นได้ชัดเจนเหมือนกับถุงมือแป้ง เมื่อตั้งไว้ CaCO ₃ จะตกตะกอนทันที มองเห็นแนวตะกอนอย่างชัดเจน และสารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^o จะเกิดการตกตะกอนทันทีที่หยดกวน |
| 4 | ทดลองเฉพาะสารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^o สารเคลือบยังคงมีความเสถียร แต่จุ่มแล้วให้ผิวถุงมือไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีรอยบวมและตาปลา ถอดออกจากแบบพิมพ์ยากมาก ผิวถุงมือแห้งแข็งติดกับแบบพิมพ์ ถอดแล้วมีคราบของแป้งมองเห็นได้ชัดเจนเหมือนกับถุงมือแป้ง |
| 5 | เมื่อตั้งทิ้งไว้ CaCO ₃ จะตกตะกอนอย่างชัดเจนในทันที และเมื่อกวนใหม่จะเห็นเป็นสีขาวขุ่นของ CaCO ₃ ในสารเคลือบ |

4.3.10.2 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิวของสารเคลือบและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถุงมือเคลือบ

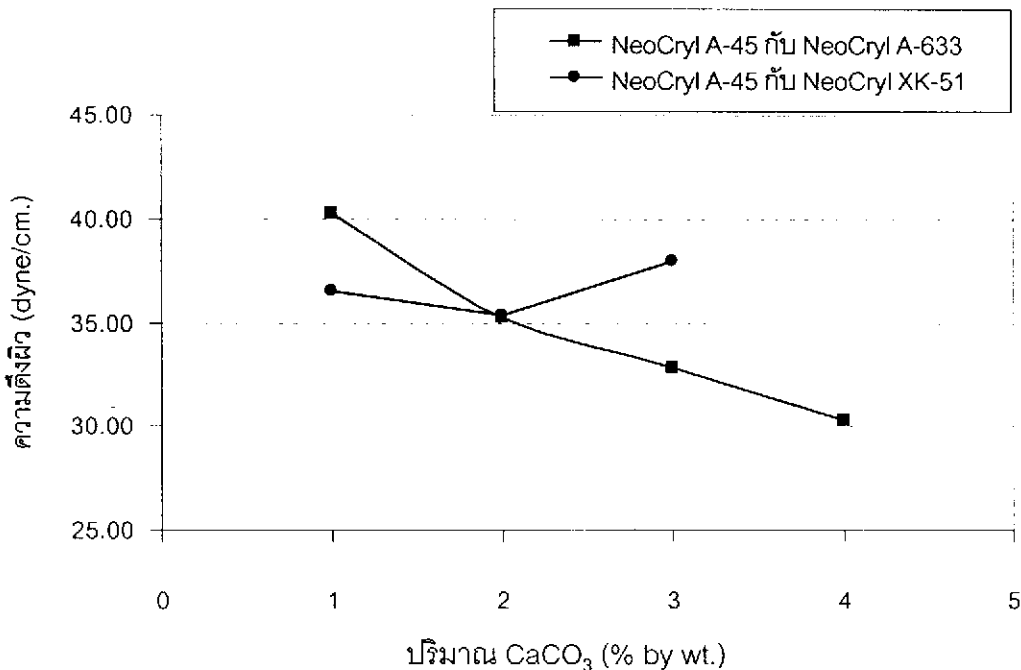
ความตึงผิวของสารเคลือบทั้งสองกลุ่มลดลง ตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.36 เนื่องจากอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบทำให้ความเข้มข้นของอนุภาคในระบบเพิ่มมากขึ้น อนุภาคเข้าไปแทรกระหว่างโมเลกุลของน้ำ และลดพื้นที่ของน้ำที่สัมผัสกับอากาศ ทำให้ความตึงผิวของระบบลดลง ดังกล่าวมาแล้ว (Kaoru, 1998) โดยสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ความตึงผิวจะลดลงในช่วงปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 1-2% โดย น้ำหนัก และเพิ่มขึ้นที่ 3% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ น่าจะ

เนื่องมาจากความเสถียรของระบบสารเคลือบแตกต่างกัน สารเคลือบของ NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 อาจมีความเสถียรน้อยกว่า จึงไม่สามารถรักษาสภาพการแขวนลอยของอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งมีปริมาณมากถึง 100% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ ไว้ได้ จึงเกิดการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตอย่างรวดเร็วในขณะทดสอบความตึงผิว ทำให้ความเข้มข้นของอนุภาคในระบบบริเวณผิวมีค่าน้อยกว่าภายในสารเคลือบ ความตึงผิวของสารเคลือบจึงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.57

ตารางที่ 4.36 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อความตึงผิวของสารเคลือบ

| ปริมาณ CaCO_3 (% by wt.) | ความตึงผิว (dyne/cm.) | |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b |
| 1 | 40.23 | 36.47 |
| 2 | 35.23 | 35.33 |
| 3 | 32.80 | 37.90 |
| 4 | 30.27 | -- |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.57 ความตึงผิวของสารเคลือบที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

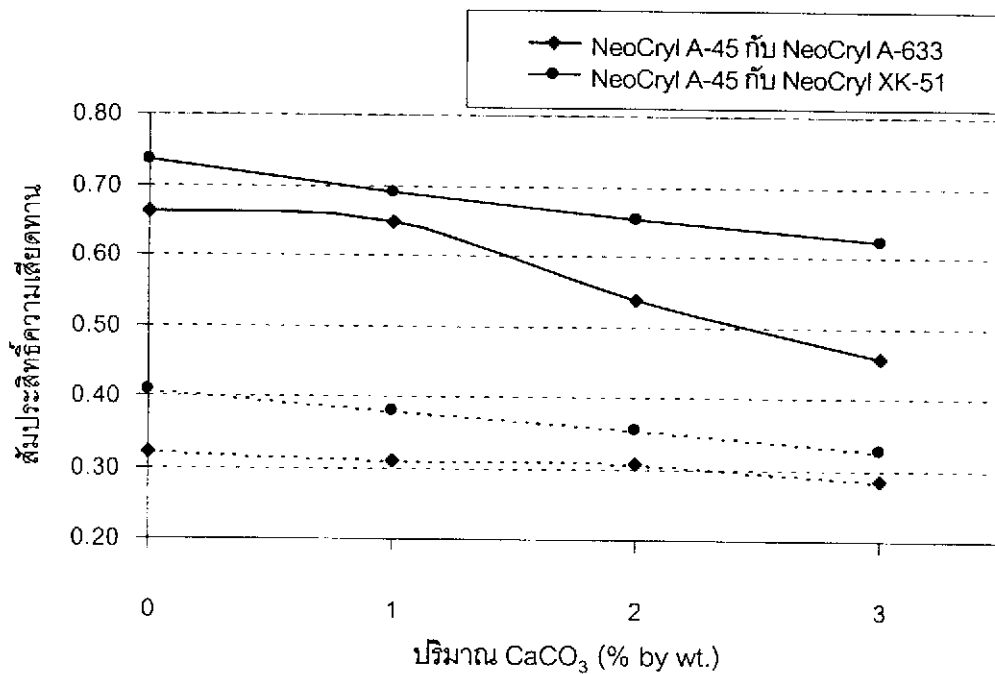
4.3.10.3 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสัมประสิทธิ์ความเสียหายของ ถุงมือเคลือบ

สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือทั้งสองชนิดลดลง ตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้พื้นที่สัมผัสของพอลิเมอร์เคลือบลดลง สัมประสิทธิ์ความเสียหายจึงต่ำลง ดังแสดงในตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.58 การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตลงในปริมาณน้อยช่วยให้ผิวของถุงมือแห้งและถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ง่าย ให้สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ลดลง ใกล้เคียงกับถุงมือแป้ง ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ความเสียหายผิวด้านนอกและด้านใน เท่ากับ 0.2440 และ 0.4359 ตามลำดับ ลักษณะผิวของถุงมือเคลือบที่มีส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนตแสดงในรูปที่ 4.59 ซึ่งพบว่าผิวของถุงมือเคลือบจะเรียบกว่าถุงมือแป้งธรรมดา และอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตจะแทรกอยู่ในเนื้อของฟิล์มเคลือบทำให้หลุดออกจากผิวยางได้ยากขึ้น

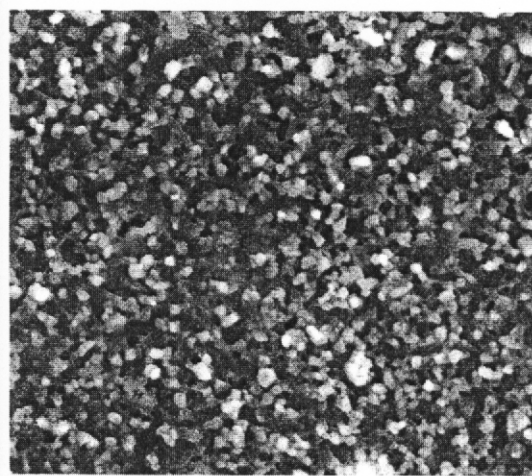
ตารางที่ 4.37 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสัมประสิทธิ์ความเสียหายของถุงมือเคลือบ

| ปริมาณ CaCO ₃ (% by wt.) | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b | |
|--|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน | ผิวด้านนอก | ผิวด้านใน |
| 0 | 0.3199 | 0.6624 | 0.4082 | 0.7364 |
| 1 | 0.3089 | 0.6485 | 0.3799 | 0.6908 |
| 2 | 0.3066 | 0.5375 | 0.3547 | 0.6530 |
| 3 | 0.2848 | 0.4571 | 0.3279 | 0.6214 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ

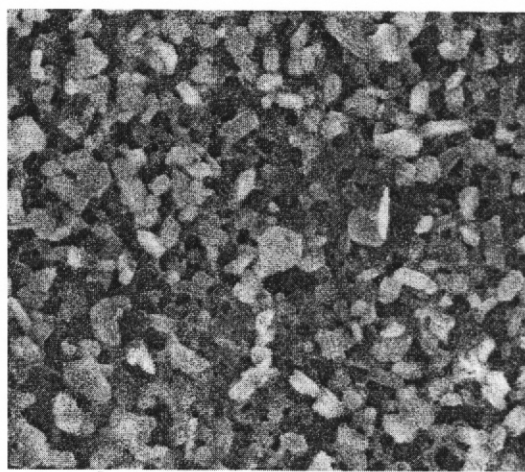


รูปที่ 4.58 สัมประสิทธิ์ความเสียหายของถงมือที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต



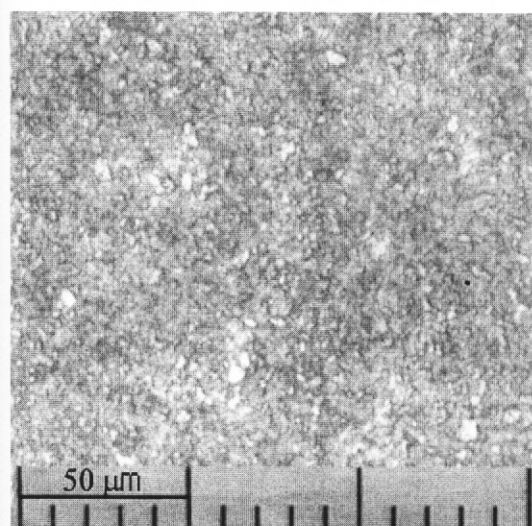
Signal A = VPSE jutatip A45/A633 16A29 Ca1 4%
EHT = 25.00 kV WD = 33 mm Mag = 704 X

A : CaCO_3 = 1% by wt. BY SEM at 704 X

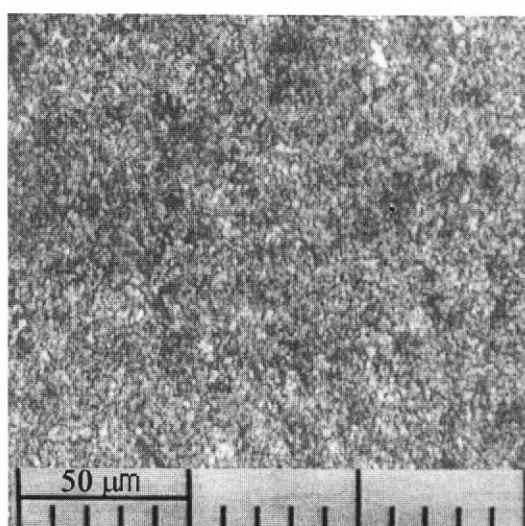


Signal A = VPSE jutatip A45/A633 16A29 Ca1 4%
EHT = 25.00 kV WD = 33 mm Mag = 1.05 K X

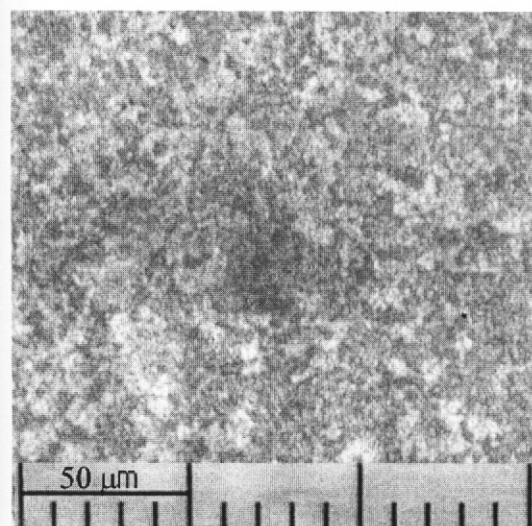
B : CaCO_3 = 1% by wt. BY SEM at 1.05 KX



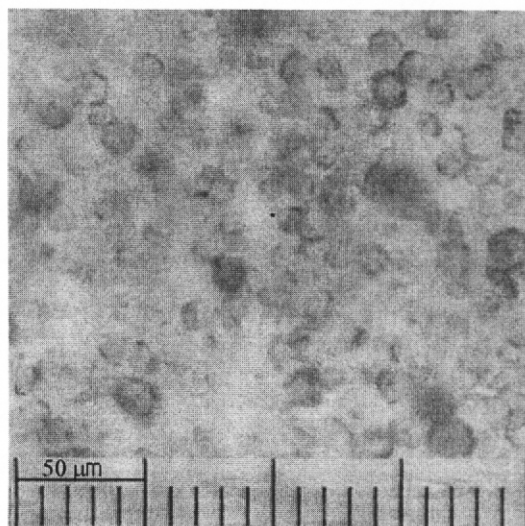
C : CaCO_3 = 1% by wt. BY Optical microscope



D : CaCO_3 = 2% by wt. BY Optical microscope



E : CaCO_3 = 3% by wt. BY Optical microscope



F : Commercial powder glove BY Optical
Microscope

รูปที่ 4.59 ลักษณะผิวยางจากกัล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า และเครื่อง SEM ของถุงมือเคลือบ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ที่ระดับ CaCO_3 ต่างกัน และถุงมือแป้ง

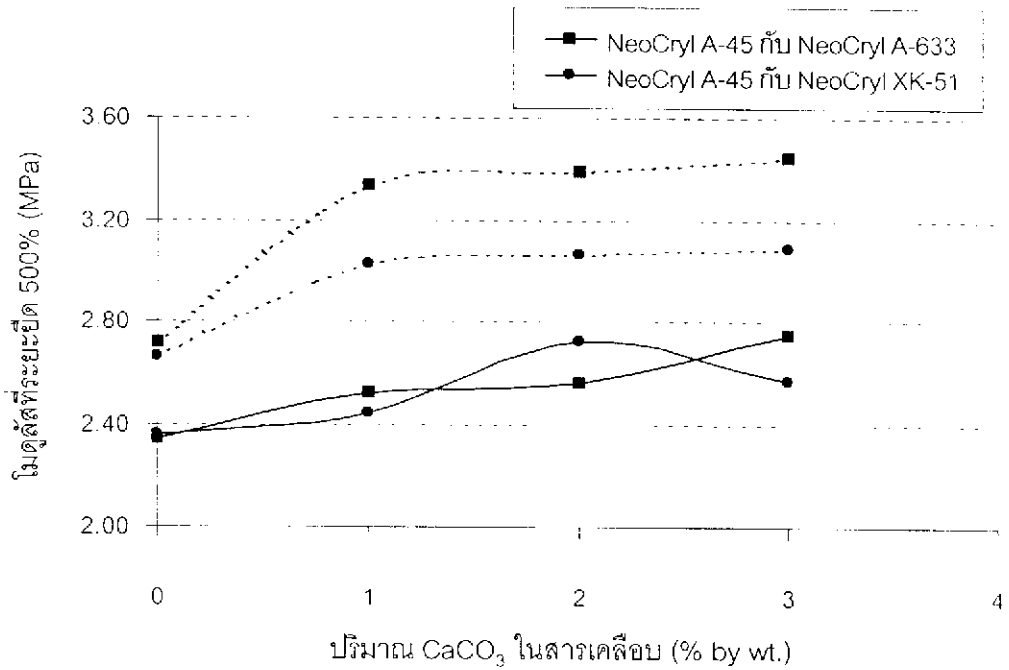
4.3.10.4 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบ

ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตมีผลต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.38 กล่าวคือ โมดูลัสที่ระยะยืด 500% เพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์การยืดขาดลดลง ดังรูปที่ 4.60 และ 4.61 ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้ฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบแข็งขึ้น จึงยืดได้น้อยลง และเนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้มีขนาดอนุภาคเล็กมาก ประมาณ 1-3 μm (รูปที่ 4.59) และฟิล์มสารเคลือบค่อนข้างบาง จึงไม่มีผลต่อความแข็งแรงของถุงมือที่เคลือบด้วย NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 แต่มีผลให้ความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ลดลงเล็กน้อย เนื่องจากถุงมือของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 มีความต้านทานต่อแรงดึงต่ำกว่า แคลเซียมคาร์บอเนตจึงมีผลต่อถุงมือมากกว่ากรณี NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 ดังรูปที่ 4.62 ความต้านทานต่อแรงดึงหลังการบ่มแรงของถุงมือเคลือบทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D3577 ที่ทุกระดับของการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต

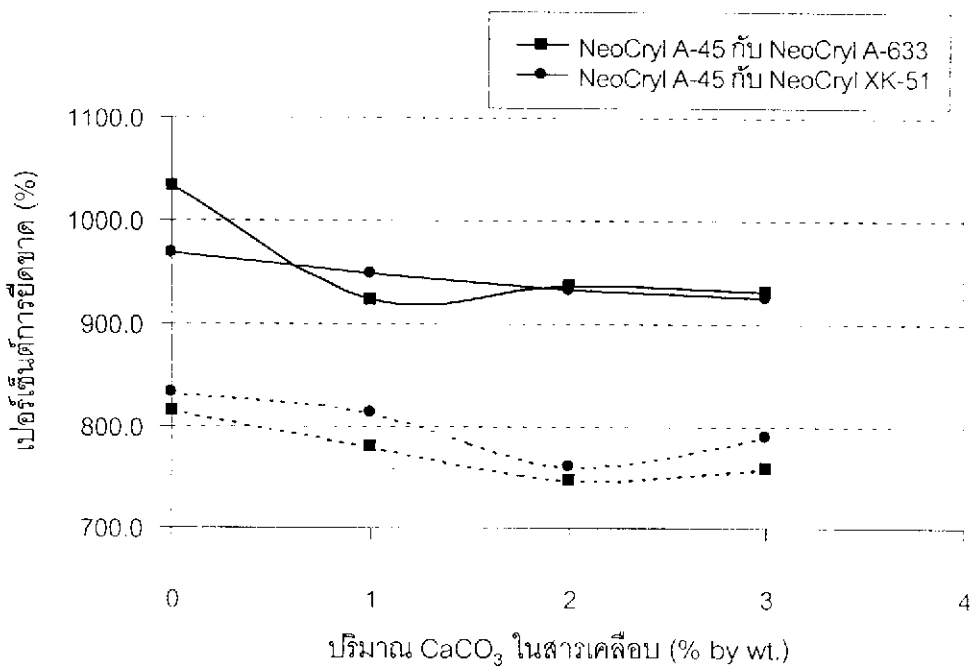
ตารางที่ 4.38 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อสมบัติเชิงฟิสิกส์ของถุงมือเคลือบก่อนและหลังการบ่มแรง

| ปริมาณ CaCO_3 (% by wt.) | โมดูลัสที่ระยะยืด 500% (MPa) | | ความต้านทานต่อแรงดึง (MPa) | | เปอร์เซ็นต์การยืดขาด (%) | |
|--|---------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง | ก่อนบ่มแรง | หลังบ่มแรง |
| <u>สารเคลือบกลุ่มที่ 1^a</u> | | | | | | |
| 0 | 2.341 | 2.711 | 29.304 | 20.658 | 1033 | 816 |
| 1 | 2.523 | 3.333 | 28.631 | 21.513 | 923 | 780 |
| 2 | 2.557 | 3.387 | 29.687 | 20.692 | 937 | 747 |
| 3 | 2.748 | 3.445 | 28.975 | 21.279 | 932 | 758 |
| <u>สารเคลือบกลุ่มที่ 2^b</u> | | | | | | |
| 0 | 2.354 | 2.657 | 28.849 | 20.063 | 969 | 834 |
| 1 | 2.440 | 3.028 | 26.614 | 21.477 | 950 | 813 |
| 2 | 2.725 | 3.064 | 27.955 | 20.136 | 933 | 760 |
| 3 | 2.568 | 3.088 | 26.213 | 19.671 | 925 | 791 |

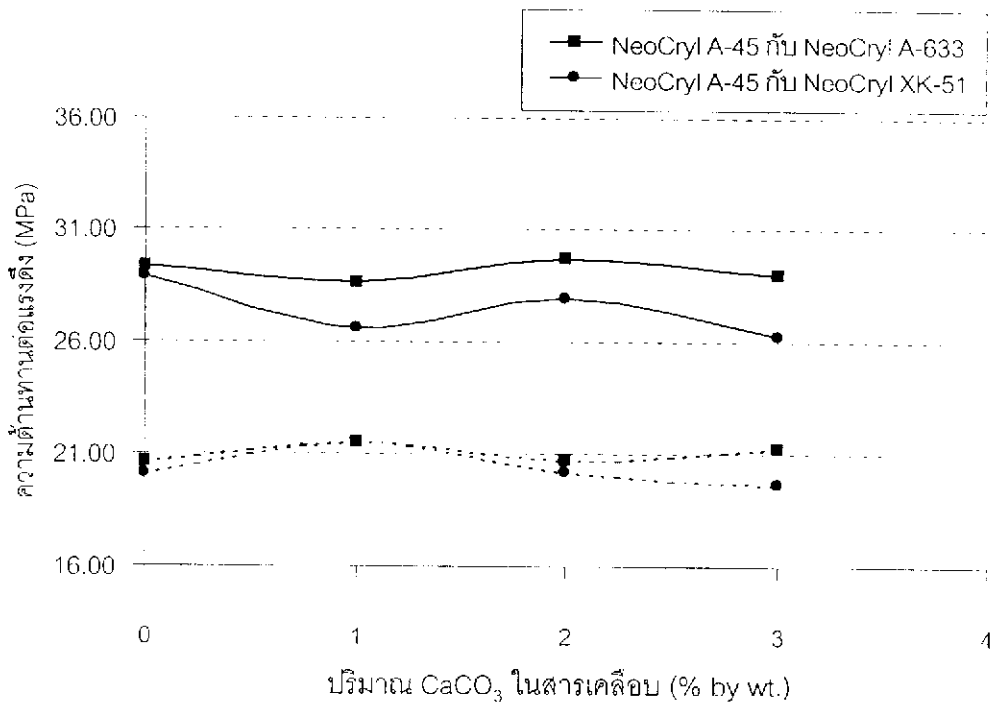
หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.60 โมดูลัสที่ระยะยืด 500% ของถุงมือเคลือบที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง



รูปที่ 4.61 เปอร์เซ็นต์การยัดของถุงมือเคลือบที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต
เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง



รูปที่ 4.62 ความต้านทานต่อแรงดึงของถุงมือเคลือบที่แปรปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต เส้นทึบ คือ ก่อนการบ่มแรง เส้นประ คือ หลังการบ่มแรง

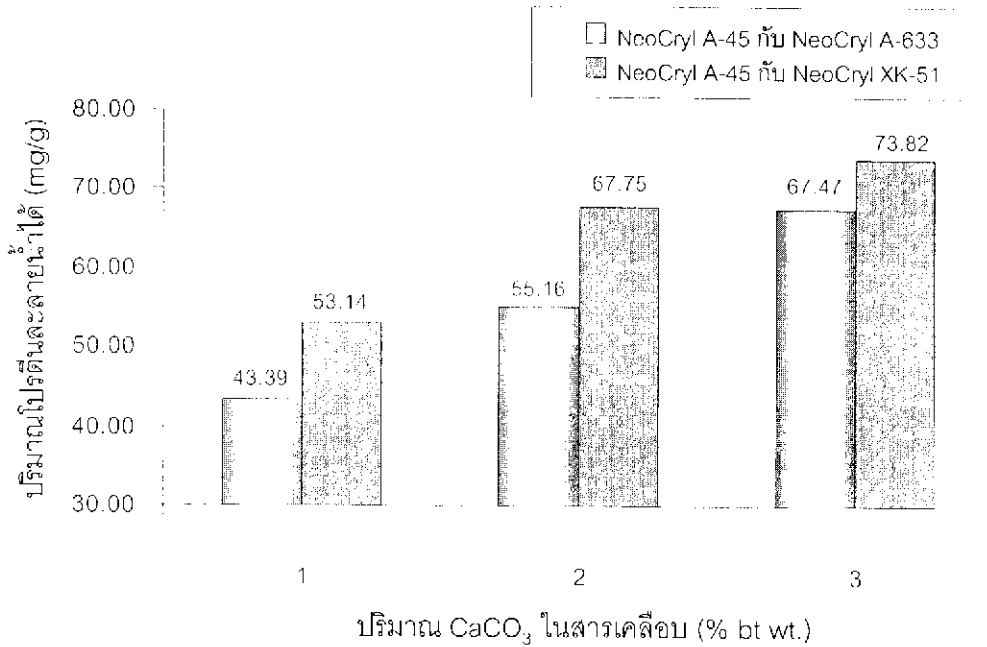
4.3.10.5 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่อปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบ

การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถุงมือเคลือบทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.63 ทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากการมีแคลเซียมคาร์บอเนตทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตกับพอลิเมอร์เคลือบ ทำให้ปริมาณโปรตีนที่ซึมออกมาสูงขึ้น โดยการเคลือบด้วย NeoCryl A-45 และ NeoCryl XK-51 ให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสมบัติพื้นฐานของพอลิเมอร์ที่ใช้เคลือบ ลักษณะการติด และ/หรือ ช่องว่างระหว่างอนุภาคของพอลิเมอร์ และอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตกับฟิล์มพอลิเมอร์เคลือบต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนในถุงมือที่ได้ยังต่ำมากเมื่อเทียบกับถุงมือแบ่ง

ตารางที่ 4.39 ผลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบต่อโปรตีนละลายน้ำได้ในของถูงมือเคลือบ

| ปริมาณ CaCO_3 (% by wt.) | ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ ($\mu\text{g/g}$) | |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|
| | สารเคลือบกลุ่มที่ 1 ^a | สารเคลือบกลุ่มที่ 2 ^b |
| 1 | 43.39 | 53.14 |
| 2 | 55.16 | 67.75 |
| 3 | 67.47 | 73.82 |

หมายเหตุ a, b เป็นสารเคลือบของ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl A-633 และ NeoCryl A-45 กับ NeoCryl XK-51 ตามลำดับ



รูปที่ 4.63 ปริมาณโปรตีนละลายน้ำได้ในถูงมือเคลือบที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในสารเคลือบแตกต่างกัน