

สารต้านออกซิเดชันชนิดฟีนอลิก (phenolic antioxidant) นิยมเติมลงไปในสูตรการผลิตถุงมือยางเพื่อป้องกันถุงมือยางจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการจัดเก็บ การขนส่ง และตลอดอายุการใช้งาน ถุงมือยางธรรมชาติสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. **ถุงมือหนา (thick gloves)** สำหรับใช้ในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรม ถุงมือชนิดนี้มีอายุการใช้งานนาน (นำมาใช้ซ้ำได้) แม้ว่าจะต้องสัมผัสกับวัสดุต่างๆ ที่อาจมีผลต่อสมบัติหลังการบ่มแรงของถุงมือ

2. **ถุงมือบางชนิดใช้ครั้งเดียว (thin disposable gloves) ทางการแพทย์** (ถุงมือยางผ่าตัดหรือถุงมือยางตรวจโรค) ถุงมือชนิดนี้มีอายุการใช้งานสั้นแต่สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้ หลังจากที่ใช้เป็นระยะเวลาสั้น

ถุงมือยาง (โดยเฉพาะถุงมือทางการแพทย์) ได้รับความกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของตลาดตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษที่ 90 โดยการเกิดอาการแพ้จากน้ำยางธรรมชาติเป็นตัวช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากถุงมือยางชนิดมีแป้ง (powdered gloves) เป็นถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง (powder-free gloves) เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาในสหรัฐอเมริกาและยุโรปมีการใช้ถุงมือยางชนิดมีแป้งร้อยละ 85 และ 95 ตามลำดับ แต่ปัจจุบันนี้ถุงมือยางชนิดไม่มีแป้งสามารถครองตลาดในสหรัฐอเมริกาได้ถึงร้อยละ 60 และในตลาดยุโรปได้ถึงร้อยละ 35 และคาดว่าจะมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

การคลอรีเนตเป็นกระบวนการหลักในการผลิตถุงมือยางชนิดไม่มีแป้ง เพื่อลดการเหนียวติดที่ผิวของถุงมือและทำให้ถุงมือนั้นง่ายต่อการสวมใส่โดยไม่ต้องอาศัยแป้ง

บทความนี้จะนำเสนอความสามารถของสารต้านออกซิเดชัน 2 ชนิดที่รู้จักกันเป็นอย่างดี คือ Wingstay®L และ BHT ที่ใช้ในถุงมือยางตรวจโรค และผลของการคลอรีเนตต่อสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยความร้อนของถุงมือยางตรวจโรคโดยศึกษาผลของปริมาณ Wingstay®L ที่มีต่อการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

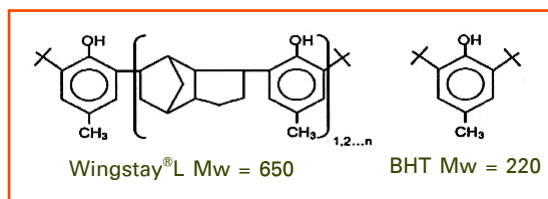
ลักษณะทางเคมีของสารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชันที่นิยมใช้ในการป้องกันถุงมือยางธรรมชาติจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา คือ BHT (butylated hydroxyl toluene) สารต้านออกซิเดชัน 2246 ชนิดบิสฟีนอล (2, 2'-methylene bis-(6-t-butyl-p-cresol)) และสาร Wingstay®L (butylated reaction product of p-cresol and dicyclopentadiene)

สารต้านออกซิเดชัน 2246 ไม่ได้ได้รับความนิยม เพราะว่ามันเมื่อนำสารชนิดนี้มาใช้ในอุตสาหกรรมถุงมือยางมีแนวโน้มที่จะทำให้ยางเปลี่ยนเป็นสีชมพู

ส่วน BHT ก็ไม่ได้ได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้ผลิตถุงมือยางในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ส่วนใหญ่เช่นกัน แต่ยังคงมีการใช้ในประเทศจีนและอินเดียเพราะมีราคาถูก

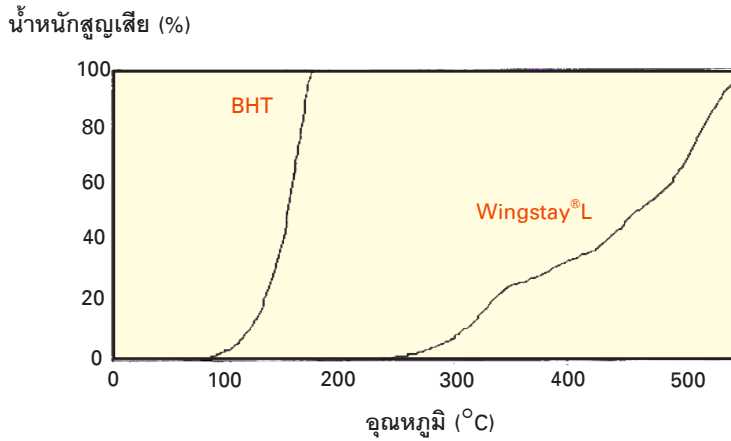
สูตรโครงสร้างเคมีและน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของ Wingstay®L และ BHT แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างเคมีของ Wingstay®L และ BHT

Wingstay®L และ BHT เป็นสารต้านออกซิเดชันที่มีความว่องไวในระดับเดียวกัน แต่มีค่าการระเหยกลายเป็นไอ (volatility) แตกต่างกันอย่างมากระหว่างกัน ซึ่งดูได้จากเส้นกราฟที่แสดงในรูปที่ 2 ที่แสดงน้ำหนักที่สูญเสียต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไป





รูปที่ 2 พลังของอุณหภูมิต่อการระเหยกลายเป็นไอของ Wingstay®L และ BHT ด้วยเทคนิค TGA

ค่าการระเหยกลายเป็นไอของ Wingstay®L ต่ำกว่า BHT ทำให้มั่นใจได้ว่าสารต้านออกซิเดชันชนิดนี้จะยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพได้นานกว่า ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมถุงมือที่เป็นวัสดุที่บางและมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อมวลสูง สารเคมีที่ระเหยกลายเป็นไอดีงายจะระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็ว

ถุงมือยางตรวจโรค

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า ผู้ผลิตถุงมือยางตรวจโรคจะผลิตถุงมือยางชนิดไม่มีแป้งมากกว่าถุงมือยางชนิดมีแป้ง ซึ่งถุงมือยางชนิดไม่มีแป้งส่วนใหญ่จะเป็นถุงมือยางคลอริเนต การคลอริเนตจะลดปริมาณโปรตีนที่สามารถสกัดได้และไม่จำเป็นต้องใช้แป้งช่วยในการถอดแบบและการสวมใส่ แต่ก็จะมีผลทำให้สมบัติหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนของถุงมือยางลดลงไปเช่นกัน ดังนั้นผู้ผลิตจึงมักต้องใช้สารต้านออกซิเดชันในปริมาณที่สูงขึ้น จึงได้มีการศึกษาถึงผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชัน Wingstay®L ต่อสมบัติหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนของถุงมือยางคลอริเนตและถุงมือยางชนิดมีแป้ง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านออกซิเดชัน BHT

ทางสถาบันวิจัยยางของมาเลเซีย (RRIM) ได้ทดสอบถุงมือยางตรวจโรคที่มีการแปรปริมาณ Wingstay®L (ตั้งแต่ 0.5-1.0 phdl¹) และ BHT (ตั้งแต่ 0.75-1.0 phdl) โดยในแต่ละชุดทดสอบจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งเป็นถุงมือชนิดมีแป้ง (ใช้แป้งข้าวโพด) และกลุ่มที่สองเป็นถุงมือยางคลอริเนต

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการเลือกส่วนผสมสำหรับสูตรเคมียางเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารวัลคาไนซ์ (curing agent) จะมีผลต่อสมบัติหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากต้องการถุงมือยางที่ทนต่อความร้อนจึงควรเลือกใช้สารวัลคาไนซ์ผสมระหว่าง ZDEC กับ ZMBT ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรผสมเคมีของถุงมือยางตรวจโรค

| สูตรผสมเคมี | ปริมาณ (phdl) |
|------------------------------------|---------------|
| น้ำยางธรรมชาติชนิด HA | 100 |
| โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ | 0.3 |
| โพแทสเซียมลอรเรต | 0.2 |
| กำมะถัน | 1.0 |
| ซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ZDEC) | 0.2 |
| ซิงก์เมอร์แคปโทเบนโซไทอะโซล (ZMBT) | 1.0 |
| ซิงก์ออกไซด์ | 0.2 |
| สารต้านออกซิเดชัน | แปรปริมาณ |

¹ phdl ย่อมาจาก part per hundred dry latex หมายถึง สัดส่วนของปริมาณสารเคมีเทียบกับปริมาณยางแห้ง 100 ส่วนโดยน้ำหนักในน้ำยาง

ลำดับการใส่สารเคมีเริ่มจากการเติมสารสเตบิไลเซอร์ลงไปใต้น้ำอย่างธรรมชาติ ตามด้วยสารตัวเร่งปฏิกิริยา สารวัลคาไนซ์ และสารต้านออกซิเดชัน โดยถุงมือยางที่ใช้ในการทดสอบจะแปรชนิดและปริมาณของสารต้านออกซิเดชัน ดังนี้

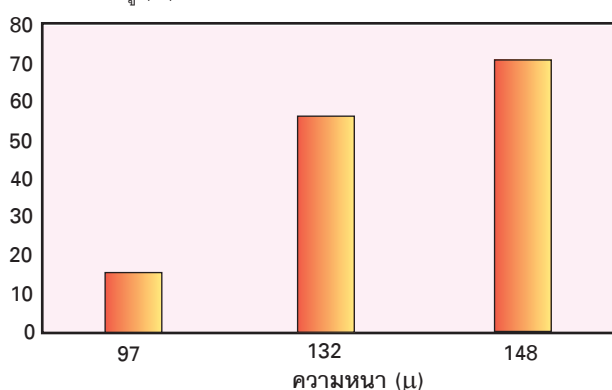
- Wingstay[®]L ที่ปริมาณ 0.5, 0.625, 0.75, 0.825 และ 1.0 phdl
- BHT ที่ปริมาณ 0.75 และ 1.0 phdl

บ่มน้ำยางคอมพาวด์ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 ชั่วโมง จุ่มแม่พิมพ์ลงในสารจับตัว ทำให้แห้ง และจุ่มลงในน้ำยางคอมพาวด์เป็นเวลา 30 วินาที ล้างถุงมือยางที่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2 นาที ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 20 นาที และวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นจึงถอดถุงมือยางออกจากแม่พิมพ์โดยใช้แปรงข้าวโพด หลังจากผ่านการล้างน้ำแล้ว ถุงมือยางจำนวนครึ่งหนึ่งจะถูกนำไปทำคลอรีเนตด้วยสารละลายคลอรีนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงกลับถุงมือด้านในออกมาด้านนอก ล้างน้ำ แล้วนำไปทำคลอรีเนตอีกครั้งหนึ่ง และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C

การทดสอบ

วัดความหนาของตัวอย่างถุงมือยาง และให้เลือกลงมือยางที่มีความหนาใกล้เคียงกันมาใช้ในการทดสอบแต่ละชุด เนื่องจากสมบัติที่ได้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3

ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ (%)



รูปที่ 3 ผลของความหนาต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางคลอรีเนตที่ใช้ Wingstay[®]L 0.625 phdl และบ่มเร่งด้วยความร้อนเป็นเวลา 15 วัน

ในตัวอย่าง 1 ชุดการทดสอบประกอบด้วยชิ้นทดสอบจำนวน 8 ชิ้น (ตัดด้วย Die C) นำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน และ 15 วัน หรือที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ทดสอบค่าความทนต่อแรงดึงก่อนและหลังการบ่มเร่งตามมาตรฐาน ASTM D412 โดยใช้เครื่อง INSTRON รุ่น 1185 และใช้ความเร็ว 500 มิลลิเมตร/วินาทีในการดึงชิ้นทดสอบ

ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหาได้จากการนำชิ้นตัวอย่างที่ไม่บ่มเร่งมาทดสอบในเครื่อง DSC² รุ่น TA8000 Mettler ภายใต้สภาวะที่ใช้อากาศและให้มีอัตราการเพิ่มความร้อนเท่ากับ 2°C/นาที

เพื่อที่จะประเมินว่ามีการใช้ Wingstay[®]L ไปบางส่วนหรือไม่ระหว่างกระบวนการคลอรีเนต จึงต้องทดสอบหาปริมาณของ Wingstay[®]L ทั้งในถุงมือยางชนิดมีแป้งและถุงมือยางคลอรีเนต โดยการสกัดชิ้นตัวอย่างด้วยสารละลาย HITM (isopropanol/toluene/water mixture) ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี³ (GC-FID) การวิเคราะห์นี้ไม่ได้ทำทุกชุดการทดสอบเนื่องจากบางตัวอย่างจำเป็นต้องนำไปใช้ทดสอบการบ่มเร่งทั้งหมด

² differential scanning calorimeter; DSC เป็นเครื่องมือวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (thermal transition) ของสารตัวอย่าง (เช่น โพลีเมอร์) โดยวัดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (การดูดหรือคายพลังงาน) เมื่อสารตัวอย่างนั้นถูกเพิ่ม (หรือลด) อุณหภูมิ ในบรรยากาศที่ถูกควบคุม

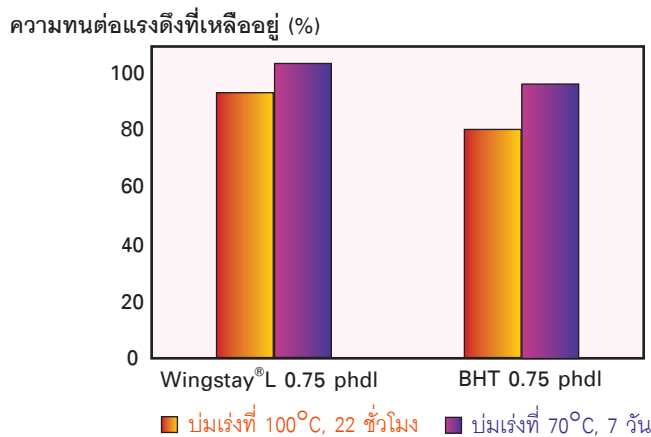
³ gas chromatography ชนิด flame ionization detector; GC-FID เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารผสมที่มีคุณสมบัติที่สามารถเป็นก๊าซได้ นิยมใช้ในการตรวจวัดสารที่มีพันธะ C-H ในโมเลกุลหรือที่เรียกว่าเป็นสารอินทรีย์

มาตรฐาน ASTM D3578 (Standard Specification for Rubber Examination Gloves)⁴ เป็นมาตรฐานสำหรับทดสอบถุงมือยางตรวจโรคได้เสนอสถานะที่ใช้ในการบ่มเร่งด้วยความร้อนไว้ 2 สถานะ คือ

- บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน
- บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

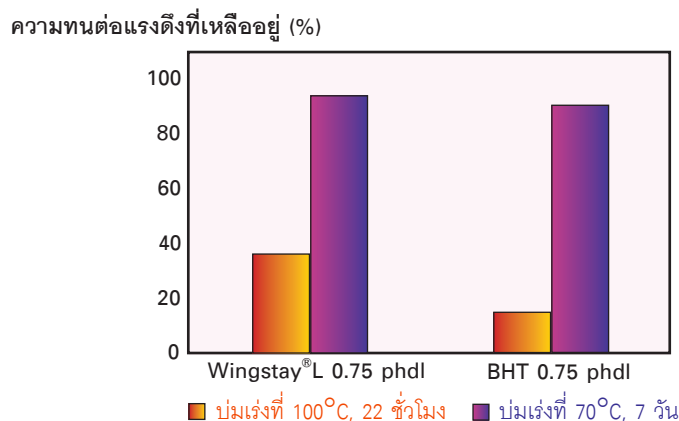
นำถุงมือยางชนิดมีแป้งและถุงมือยางคลอริเนตที่ใช้ Wingstay® L 0.75 phdl หรือ BHT 0.75 phdl มาทดสอบการบ่มเร่งทั้ง 2 สถานะ

หลังการบ่มเร่งถุงมือยางชนิดมีแป้งทั้ง 2 สถานะ ผลที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก (รูปที่ 4) แม้ว่าชิ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง จะเสื่อมสภาพมากกว่าชิ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน อย่างไรก็ตามความแตกต่างของชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชุดก็ไม่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 ผลของสถานะการบ่มเร่งต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางชนิดมีแป้ง

แต่ในกรณีของถุงมือยางคลอริเนต ค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่หลังการบ่มเร่งทั้ง 2 สถานะให้ผลแตกต่างกันอย่างชัดเจน (รูปที่ 5) ชิ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง จะเกิดการเสื่อมสภาพอย่างมากเมื่อเทียบกับชิ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน โดยในชิ้นทดสอบที่ใช้ BHT (0.75 phdl) จะมีค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่หลังการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C เท่ากับร้อยละ 16 ในขณะที่ชิ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C จะมีค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่เท่ากับร้อยละ 91 สำหรับการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C ค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชุดแทบจะไม่มี ความแตกต่างกัน แต่ในกรณีที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C ค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชุดแตกต่างกันอย่างชัดเจน จากผลการทดสอบที่ได้จะเห็นว่า สมบัติของถุงมือยางคลอริเนตที่บ่มเร่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C และ 100°C ตาม ASTM แตกต่างกันอย่าง มาก ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มจำนวนวันในการบ่มเร่งถุงมือยางทั้ง 2 ชนิด ที่อุณหภูมิ 70°C จาก 7 วัน เป็นเวลา 15 วัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 5 ผลของสถานะการบ่มเร่งต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางคลอริเนต

⁴มาตรฐาน ASTM ฉบับนี้ได้รับการแนะนำจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาในการช่วยกำหนดวันหมดอายุของถุงมือยาง

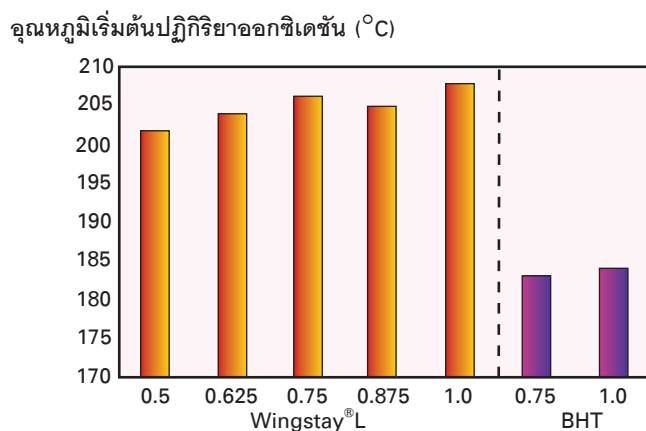
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบถุงมือยางตรวจโรค

| สารต้านออกซิเดชัน | ปริมาณ (phdl) | | | | | | |
|---|---------------|-------|------|-------|------|------|------|
| Wingstay®L | 0.5 | 0.625 | 0.75 | 0.875 | 1.0 | - | - |
| BHT | - | - | - | - | - | 0.75 | 1.0 |
| ถุงมือยางชนิดมีแป้ง/ สมบัติ | | | | | | | |
| อุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (°C) | 202 | 204 | 206 | 205 | 208 | 183 | 184 |
| ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน (%) | | | | | | | |
| - ที่อุณหภูมิ 70°C, 7 วัน | 95 | 101 | 104 | 104 | 105 | 97 | 109 |
| - ที่อุณหภูมิ 70°C, 15 วัน | 97 | 97 | 102 | 97 | 103 | 99 | 104 |
| - ที่อุณหภูมิ 100°C, 22 ชั่วโมง | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่วัดด้วยเครื่อง GC-FID (phdl) | 0.26 | 0.36 | 0.50 | N.D. | 0.70 | N.D. | N.D. |
| ถุงมือยางคลอริเนต/ สมบัติ | | | | | | | |
| ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่หลังการบ่มเร่งด้วยความร้อน (%) | | | | | | | |
| - ที่อุณหภูมิ 70°C, 7 วัน | 93 | 94 | 95 | 85 | 93 | 91 | 91 |
| - ที่อุณหภูมิ 70°C, 15 วัน | 27 | 58 | 62 | 80 | 82 | 53 | 52 |
| - ที่อุณหภูมิ 100°C, 22 ชั่วโมง | 7 | 12 | 37 | 41 | 40 | 16 | 8 |
| ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่วัดด้วยเครื่อง GC-FID (phdl) | N.D. | 0.30 | 0.37 | 0.43 | 0.63 | N.D. | N.D. |

หมายเหตุ: N.D. ไม่สามารถวัดค่าได้ (not determined)

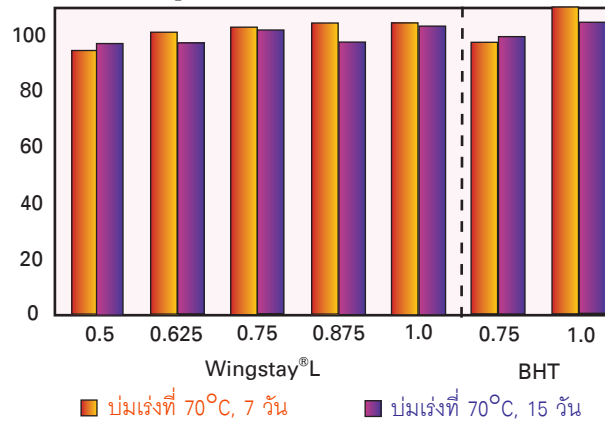
ถุงมือยางชนิดมีแป้ง

ผลของอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ Wingstay®L เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 1.0 phdl ในขณะที่ถุงมือยางที่ใช้ BHT ทั้ง 2 ชุดทดสอบ มีอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำกว่า จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่หลังการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน หรือ 15 วัน ของถุงมือยางทุกชุดทดสอบมีค่าไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 6 ผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชันต่ออุณหภูมิเริ่มต้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของถุงมือยางชนิดมีแป้ง

ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ (%)



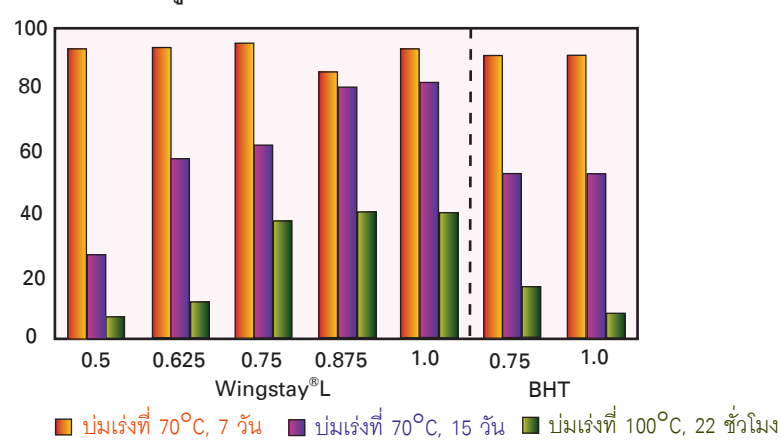
รูปที่ 7 ผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชันต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางชนิดมีแป้ง

ถุงมือยางคลอรีน

การวิเคราะห์ถุงมือยางคลอรีนด้วยเทคนิค DSC ไม่สามารถหาค่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ เนื่องจากกราฟที่ได้แสดงช่วงการคายความร้อนที่กว้างมากและไม่มีจุดสูงสุด

ค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางคลอรีนหลังการบ่มเร่งลดลงอย่างมากเมื่อเพิ่มเวลาจาก 7 วัน เป็น 15 วัน ที่อุณหภูมิ 70°C (ซึ่งแตกต่างจากถุงมือยางชนิดมีแป้ง) และยิ่งลดลงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100°C ดังแสดงในรูปที่ 8

ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ (%)



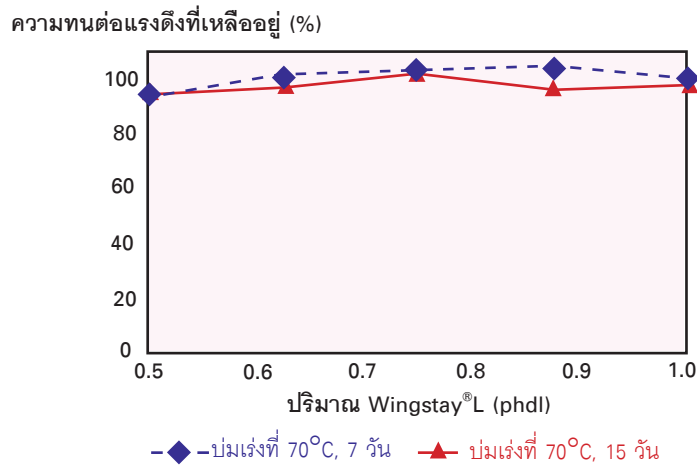
รูปที่ 8 ผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชันต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางคลอรีน

จากตัวอย่างชุดทดสอบทั้ง 2 ชุดที่ใส่สารต้านออกซิเดชันในปริมาณ 0.75 phdl ขึ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง มีการเสื่อมสภาพมากกว่าขึ้นทดสอบที่บ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน หรือ 15 วัน ผลลัพธ์ที่ได้นี้ เป็นการยืนยันว่าการคลอรีนมีผลต่อความต้านทานต่อการบ่มเร่งด้วยความร้อนของถุงมือยางอย่างมาก (รูปที่ 5)

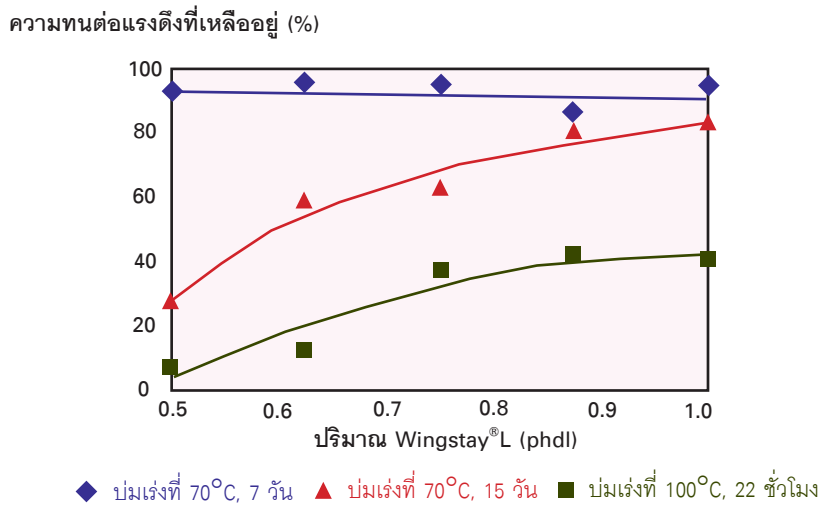
ขึ้นทดสอบของถุงมือยางที่ใช้สาร BHT ทั้ง 2 ชุด มีสมบัติหลังการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 15 วัน หรือที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับขึ้นทดสอบที่ใช้สาร Wingstay® L ในปริมาณที่เท่ากันหรือน้อยกว่า

ผลการทดสอบหลังการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 15 วัน หรือที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง นั้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงของผลกระทบของชนิดและปริมาณของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งจะไม่พบความแตกต่างในกรณีทดสอบการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน

สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นการยืนยันว่าการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วันนั้นเป็นระยะเวลาสั้นที่เกินไปในการประเมินผล
 กระทบของสารต้านออกซิเดชัน (ผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชันต่อสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยความร้อน)
 ผลของปริมาณสารต้านออกซิเดชันต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่แสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10
 รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชุดมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าความทน
 ต่อแรงดึงที่เหลืออยู่สูงสุดเมื่อใช้ปริมาณ Wingstay®L เท่ากับ 0.7 phdl ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรม



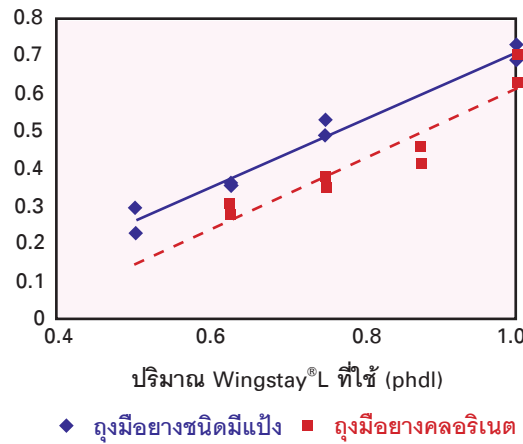
รูปที่ 9 ผลของปริมาณ Wingstay®L ต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางชนิดมีแบง



รูปที่ 10 ผลของปริมาณ Wingstay®L ต่อค่าความทนต่อแรงดึงที่เหลืออยู่ของถุงมือยางคลอริเนต

จากรูปที่ 10 การคลอริเนตทำให้ถุงมือยางมีสมบัติหลังการบ่มแรงด้วยความร้อนแย่งลง แต่สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่ม
 ปริมาณสารต้านออกซิเดชันให้สูงขึ้น ปริมาณสาร Wingstay®L ที่เหมาะสมสำหรับถุงมือยางคลอริเนตอยู่ที่ 0.9-1.0 phdl
 ผลของปริมาณ Wingstay®L ในถุงมือยางชนิดมีแบงและถุงมือยางคลอริเนตแสดงในรูปที่ 11 ในทางทฤษฎีถุงมือยางชนิดมี
 แบงสามารถใช้ปริมาณสารต้านออกซิเดชันได้สูงถึงร้อยละ 70 ซึ่งการใช้สารต้านออกซิเดชันในปริมาณที่สูงนี้อาจเป็นผลมาจากการ
 สูญเสียสารต้านออกซิเดชันระหว่างกระบวนการผลิตถุงมือยางหรืออาจเกิดจากการสกัดสารที่ไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามได้มีการคาดว่า
 ผลการสกัดสารในถุงมือยางชนิดมีแบงและถุงมือยางคลอริเนตเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยจุดที่น่าสนใจคือปริมาณสาร
 Wingstay®L ที่วิเคราะห์ได้ในถุงมือยางคลอริเนตอยู่ในระดับต่ำกว่าปริมาณสาร Wingstay®L ที่วิเคราะห์ได้ในถุงมือยางชนิดมีแบง
 ประมาณร้อยละ 20 อย่างเป็นระบบ

ปริมาณ Wingstay®L ที่วิเคราะห์ได้ (phdl)



รูปที่ 11 พloyปริมาณ Wingstay®L ที่ใช้และวิเคราะห์ได้ในถุงมือยางชนิดมิแป็งและถุงมือยางคลอรีเนต

ถึงแม้ว่าจะมีการใช้สาร Wingstay®L ในปริมาณที่ต่ำกว่านี้ ก็ไม่สามารถอธิบายถึงค่าความต้านทานต่อการบ่มเร่งด้วยความร้อนของถุงมือยางคลอรีเนตที่ต่ำลงได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากตัวกระบวนการคลอรีเนตเอง ซึ่งระดับการคลอรีเนตที่ลดลงนี้อาจจะอธิบายถึงการลดลงของปริมาณสาร Wingstay®L ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในถุงมือยางชนิดมิแป็งและถุงมือยางคลอรีเนตได้

สรุป

สารต้านออกซิเดชัน Wingstay®L สามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของถุงมือยางที่ใช้ในครัวเรือนและถุงมือยางคลอรีเนตได้ดีกว่าสาร BHT (ซึ่งจะแยกกลายเป็นไอได้ง่ายกว่า) การคลอรีเนตมีผลต่อสมบัติหลังการบ่มเร่งด้วยความร้อนในถุงมือยางตรวจโรคอย่างมาก

ผลกระทบนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนในสภาวะการบ่มเร่งที่มีความรุนแรงต่ำตามมาตรฐาน ASTM (ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 7 วัน) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเพิ่มระยะเวลาการบ่มเร่งที่อุณหภูมิ 70°C ให้ยาวนานขึ้นหรือใช้สภาวะการบ่มเร่งที่มีความรุนแรงมากขึ้น (ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง) สมบัติต่างๆ จะลดลงอย่างรวดเร็วในตัวอย่างที่มีปริมาณ Wingstay®L ต่ำที่สุดและจะก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพในภายหลังได้ กรณีที่ใช้สาร Wingstay®L ในปริมาณ 0.7 phdl (ซึ่งเป็นปริมาณที่ใช้กันส่วนใหญ่ในถุงมือยางชนิดมิแป็ง) อาจจะไม่มากพอที่จะทำให้แน่ใจว่าจะสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของถุงมือยางคลอรีเนตได้

ดังนั้นการใช้สารต้านออกซิเดชันในปริมาณ 0.85-1.0 phdl จึงจะมากเพียงพอที่จะป้องกันการเสื่อมสภาพของถุงมือยางอันเนื่องมาจากผลของการคลอรีเนตได้

เอกสารอ้างอิง

1. "Protection of non-chlorinated and chlorinated gloves with phenolic antioxidant", Global Handbook and Directory on NR&SR Lattices, Rubber Asia Publication, 2006.
2. <http://las.perkinelmer.com>
3. <http://www.tint.or.th>

