ถุงมือยางที่ใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร : ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนัก
Rubber gloves for food industry: Risk from contamination of heavy metals

อรวรรณ ปิ่นประยูร[1]*, กรรณิการ์ บุตรเอก[2]**
Orawan Pinprayoon[1]*,Kannika Butaek[2]**

บทคัดย่อ

การศึกษาความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการใช้ถุงมือยางในอุตสาหกรรมอาหารโดยการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู และสังกะสี ในชิ้นทดสอบถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร จำนวน 21 ตัวอย่างเป็นถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ 14 ตัวอย่างและถุงมือที่ทำจากยางสังเคราะห์ไนไตรล์ 7 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีสกัดด้วยสารละลายกรดอะซีติกความเข้มข้นร้อยละ 4 แล้ววิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินดักทีฟลี่ คัปเปิล พลาสมา ออบติคัล อิมิสชั่นสเปคโตรสโคปี โดยการสกัดสารดังกล่าวใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลจากการวิเคราะห์แสดงว่าไม่พบตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนู แต่พบสังกะสีในปริมาณเฉลี่ย 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ และ 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ในจำนวนนี้ มีถุงมือจำนวน 5 ตัวอย่างที่มีปริมาณสังกะสีเกินกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็นปริมาณที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ อย่างไรก็ตามปริมาณสังกะสีที่พบจัดว่าอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นการใช้งานถุงมือยางทั้งที่ทำมาจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ไนไตรล์ในอุตสาหกรรมอาหารในสภาวะปกติคือที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านี้น้อย

Abstract

The risk of heavy metal contamination from using rubber gloves infood industry was evaluated by determination of five heavy metals, namely lead, cadmium, chromium, arsenic and zinc, using extraction technique and followed by inductively couple plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). Twenty one glove samples, including fourteen natural rubber gloves and seven nitrile rubber gloves, were studied. Gloves specimens were extracted in a 4%acetic acid solution at 40 °C for 10 minutes and the extracted solutions were measured for lead, cadmium, chromium, arsenic and zinc contents. The results showed that there were no lead, cadmium, chromium and arsenic in the acetic acid solutions. However, zinc was detected and the average levels were found to be 4 mg/land 2.7 mg/l for natural rubber gloves and nitrile rubber gloves, respectively. According to the WHO, despite a slightly high level of zinc in 5 samples (above WHO's recommendation level of 5.0 mg/l), these zinc levels were considered post no risk for human health.Therefore, the use of both natural rubber gloves and nitrile rubber gloves in food industry in a normal condition at not more than 40degreesCelsiushas a little risk of the heavy metal contamination.

คำสำคัญ : การปนเปื้อน, ถุงมือยาง, อุตสาหกรรมอาหาร, โลหะหนัก
Keywords : Contamination, Rubber gloves, Food industry, Heavy metals

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ
[2]ศูนย์ประสานงานกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำภูมิภาค ภาคใต้
*E-mail address: porawan@dss.go.th
**Corresponding author E-mail address : kannika.b@most.go.th

1. บทนำ (Introduction)

ถุงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำน้ำยางคอมปาวด์มาขึ้นรูปด้วยขบวนการแบบจุ่ม (dipping process) โดยใช้แม่แบบรูปมือแล้วผ่านกระบวนการทำให้คงรูปด้วยปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เซชั่น (vulcanization) สำหรับถุงมือยางธรรมชาติ น้ำยางคอมปาวด์คือน้ำยางข้นที่ผสมสารเคมีต่าง ๆเพื่อปรับสภาพน้ำยางให้เหมาะสมก่อนการขึ้นรูปสารเคมีเหล่านี้ ได้แก่สารช่วยให้ยางเชื่อมประสานกัน (cross-linking agent) เช่นกำมะถัน(sulfur) สารกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา(activator) เช่น ซิงค์ไดเอทธิลไดไธโอคาร์บาเมท (zinc diethyl dithiocarbamate, ZDC)หรือซิงค์ไดบิวทิลไดไธโอคาร์บาเมท (zinc di-butyldithiocarbamate, ZDBC) สารช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยา(accelerator) เช่น ซิงค์ออกไซด์(zinc oxide) และสารอื่น ๆที่จำเป็นต่อกระบวนการผลิต เช่น สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (antioxidant) (1) สำหรับถุงมือยางสังเคราะห์ น้ำยางที่นิยมใช้คือน้ำยางไนไตรล์สารเคมีที่ผสมเพื่อปรับสภาพน้ำยางใช้ซิงค์ออกไซด์เป็นหลัก ส่วนสารอื่น ๆใช้คล้ายกับการทำถุงมือยางจากน้ำยางธรรมชาติ (2)

สารเคมีต่าง ๆที่เติมลงไปในน้ำยางเหล่านี้บางชนิด เช่น กำมะถันจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลน้ำยางแล้วกลายเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่าย (network) ส่วนบางชนิดเช่น ซิงค์ออกไซด์จะอยู่ในโครงข่ายของยางด้วยแรงทางกายภาพ ในสภาพที่ถูกใช้งานโครงข่ายของยางเกิดการเคลื่อนตัวไปมา สารเคมีซึ่งรวมไปถึงโลหะหนักที่เป็นส่วนประกอบของสารเหล่านี้จะมีโอกาสถูกดันออกมาอยู่ที่บริเวณผิวหน้าและเมื่อสัมผัสกับอาหารจะถูกชะ (leaching) ให้หลุดออกมาปนเปื้อนในอาหารได้ (3)

โลหะหนักและความเป็นพิษ

1.1 สารหนู (Arsenic, As)

จากข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) (3) ระบุว่าพิษของสารหนูมีผลโดยตรงกับระบบควบคุมประสาทส่วนกลางของมนุษย์ ปริมาณของสารหนู 70-180 มิลลิกรัมทำให้เกิดอาการขั้นรุนแรงได้ โดยทั่วไปสารหนูมีพิษต่อระบบลำไส้ ระบบประสาทและระบบหายใจ นอกจากนี้ก็ยังส่งผลกระทบรุนแรงต่อผิวหนังอีกด้วย อาการเรื้อรังที่บ่งบอกถึงพิษของสารหนูที่แสดงออกให้เห็นได้คือ อาการกล้ามเนื้ออ่อนล้า เบื่ออาหาร วิงเวียน ซึ่งนำไปสู่อาการการอักเสบของเยื่อบุตา เยื่อบุจมูกและกล่องเสียงตลอดจนโรคที่ผิวหนังได้ นอกจากนี้พิษของสารหนูยังส่งผลรุนแรงต่อระบบประสาทและอวัยวะสำคัญองค์การอนามัยโลกได้ประมาณการว่าผู้บริโภคน้ำดื่มที่มีสารหนูความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ปนเปื้อนตลอดชีวิตมีความเสี่ยงที่จะเป็นมะเร็งผิวหนังถึงร้อยละ 5

1.2 แคดเมียม (Cadmium, Cd)

แคดเมียมมีครึ่งชีวิต (biological half-time) ที่ยาวนานถึง 13-38 ปี เมื่อเข้าสู่ร่างกาย แคดเมียมจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและไปสะสมอยู่ในอวัยวะโดยร้อยละ 50 ของแคดเมียมที่ถูกดูดซึมนี้สะสมอยู่ที่ตับและไต แคดเมียมสามารถจับตัวได้ดีกับโปรตีนที่มีมวลโมเลกุลต่ำเกิดเป็นสารประกอบที่เรียกว่า metallothionein ซึ่งสารประกอบนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลื่อนที่และดูดซึมของแคดเมียมในร่างกายมนุษย์ มีรายงานว่าการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมจะทำให้เกิดอาการปวดท้องรุนแรง ส่วนผลกระทบต่อร่างกายเมื่อได้รับแคดเมียมปริมาณสูง มีรายงานว่า ผู้ที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่สัมผัสกับไอและฝุ่นแคดเมียมออกไซด์โดยตรงมีอาการป่วยเนื่องจากหลอดลมอักเสบ โรคถุงลมโป่งพอง อาการโลหิตจาง รวมไปถึงนิ่วในไตด้วย (4)

1.3 โครเมียม (Chromium, Cr)

โครเมียมในสถานะออกซิเดชันที่ปรากฏมากที่สุดคือโครเมียมที่มีวาเลนซี (valency) +2 +3 และ +6 โดยโครเมียมที่มีวาเลนซี +3 จะอยู่ในสภาวะเสถียรที่สุดและโครเมียมที่มีวาเลนซี+6เป็นตัวออกซิไดส์อานุภาพสูง โครเมียมที่มีวาเลนซี +3 หรือเรียกว่าไตรวาเลนท์โครเมียม (trivalent chromium)เป็นสารจำเป็นในกระบวนต่าง ๆ

ในร่างกายมนุษย์ เช่นการใช้กรดอะมิโนการเผาผลาญกลูโคส และ การเผาผลาญไขมัน ส่วนโครเมียมที่มีวาเลนซี +6 หรือเฮกซะวาเลนท์โครเมียม(hexavalent chromium) นั้นจัดว่าเป็นสารพิษต่อร่างกาย เมื่อร่างกายได้รับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในปริมาณน้อยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินอาหารและลำไส้ ถ้าได้รับเฮกซะวาเลนท์โครเมียม มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักร่างกายจะทำให้เกิดพิษในตับ ไตวายและเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานระบุด้วยว่าการได้รับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในปริมาณมากเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งในระบบทางเดินอาหารและมะเร็งปอดได้ (4)

1.4 ตะกั่ว (Lead, Pb)

ตะกั่วมีความเป็นพิษต่อร่างกายสูง อาการผิดปกติของร่างกายเมื่อได้รับตะกั่วในปริมาณมาก เช่น อาการเหนื่อยล้า ไม่สบายท้อง การระคายเคือง และภาวะเลือดจาง ในกรณีของเด็กอาจพบพฤติกรรมผิดปกติและอาการผิดปกติทางสมอง ตะกั่วในปริมาณน้อยมีผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ porphobilinogen synthase ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนรูปของกรดอะมิโนในร่างกาย นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถจับตัวได้ดีกับ mitochondria ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากกับการขนส่งออกซิเจนในกระบวนการสร้างพลังงานในร่างกาย (4)

1.5 สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสีเป็นสารจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากมีความสำคัญต่อระบบการทำงานของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่น alkaline phosphatase, carbonic anhydrase และ alcohol dehydrogenase ปริมาณสังกะสีที่ร่างกายควรได้รับอยู่ระหว่าง 4-15 มิลลิกรัมต่อวัน หญิงตั้งครรภ์หรือหลังคลอดบุตรควรได้รับสังกะสีในปริมาณที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการได้รับสังกะสี 150 มิลลิกรัมต่อวันอาจส่งผลกระทบต่อการดูดซึมทองแดงและเหล็กในร่างกาย แต่ถ้าร่างกายได้รับทองแดง และเหล็กในปริมาณที่เพียงพอแล้ว สังกะสีก็จะมีผลกระทบน้อยมากแม้สังกะสีจะไม่เป็นพิษต่อร่างกายแต่การปนเปื้อนในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อรสชาดอาหารและน้ำดื่มได้ สังกะสีปนเปื้อนในน้ำเกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีสีขุ่นและเกิดฟิล์มมันลอยบนผิวน้ำ ขณะต้ม เพื่อหลีกเหลี่ยงปัญหานี้ องค์การอนามัยโลกจึงแนะนำให้มีปริมาณของสังกะสีไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำดื่ม (4)

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาโลหะหนักทั้ง 5 ชนิดนี้ เนื่องจาก สารหนู แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว และสังกะสี อาจปะปนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือยาง โดยเฉพาะสังกะสี ที่ใช้ในระบบวัลคาไนซ์เซชั่น เพื่อเป็นสารช่วยให้ยางเชื่อมประสานกันทั้งในกระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติ และถุงมือยางสังเคราะห์

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 ตัวอย่างถุงมือ

ถุงมือยางที่ใช้ในการวิเคราะห์มีจำนวน 21 ตัวอย่าง เป็นถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ 14 ตัวอย่างและถุงมือที่ทำจากยางสังเคราะห์ไนไตรล์ 7 ตัวอย่าง

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.1 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่างโดยการสกัดถุงมือยางด้วยสารละลายกรดอะซีติกร้อยละ 4

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นๆ ขนาด 5 x 5 ซม. จำนวน 4 ชิ้น ต่อตัวอย่างนำตัวอย่างใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรจำนวน 2 ขวด ขวดละ 2 ชิ้น แล้วเติมสารละลายกรดอะซีติก ร้อยละ 4 โดยปริมาตร จำนวนขวดละ 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปสกัดโลหะหนักในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่ 40 + 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 + 1 นาที

2.2.2 วิธีเตรียมสารละลายตัวอย่างเนื้อถุงมือยางด้วยเครื่องย่อยสลายสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ตัดตัวอย่างถุงมือยางเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 2 กรัม ชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัมนำใส่เวสเซล ๆ ละ 200 มิลลิกรัมจำนวน 2 เวสเซล เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ปิดฝาเวสเซล แล้วนำ

เข้าเครื่องไมโครเวฟ ตั้งสภาวะในการย่อยตามความเหมาะสมของตัวอย่าง เมื่อย่อยเสร็จแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น กรองสารละลายตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ถึงขีดด้วยน้ำปราศจากไอออน

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในถุงมือยางด้วยเทคนิค ICP-OES

นำสารละลายที่ได้จาก ข้อ 2.2.1 และ ข้อ 2.2.2 มาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู และสังกะสี โดยใช้เครื่อง ICP-OES ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Optima 7300DV โดยเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐาน สารหนู สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม และ โครเมียม ที่ความยาวคลื่น188.979, 206.200, 220.353, 228.802 และ267.716 นาโนเมตรตามลำดับ

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

อันตรายจากโลหะหนักในถุงมือยางมีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดจากการสัมผัสกับอาหารที่มีความเป็นกรด โดยทั่วไปกรดที่ใช้ในครัวเรือน ได้แก่ น้ำส้มสายชู หรือ กรดอะซีติก จะมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3-4 งานวิจัยนี้จึงเลือกกรดอะซีติกความเข้มข้นร้อยละ 4 มาเป็นตัวแทนของอาหาร และเนื่องจากการใช้ถุงมือยางในอุตสาหกรรมอาหารเป็นลักษณะเคลื่อนที่ตลอดเวลา (จับแล้วปล่อย) จึงใช้สภาวะในการสกัดถุงมือยางที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (3)

3.1 ปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนูในถุงมือยาง

จากการทดสอบปริมาณโลหะหนักโดยวิธีการสกัดในสารละลายกรดอะซีติกของถุงมือทั้ง 21 ตัวอย่าง ทั้งชนิดที่ทำจากยางธรรมชาติ และทำจากยางสังเคราะห์ไนไตรล์ พบว่ามี ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนู ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจหา(Limit of Detection, LOD) โดยที่ขีดจำกัดการตรวจหาของตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนู คือ 0.0046, 0.0004, 0.0002, และ 0.0129 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อใช้วิธีการย่อยถุงมือทั้ง 21 ตัวอย่าง ตรวจพบตะกั่วในเนื้อถุงมือยางธรรมชาติจำนวน 4 ตัวอย่าง (จาก 14 ตัวอย่าง) มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ระหว่าง 1.67-4.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในเนื้อถุงมือยางไนไตรล์ ตรวจพบตะกั่วจำนวน 4 ตัวอย่าง (จาก 7 ตัวอย่าง) มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ระหว่าง 2.00 -5.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตรวจพบแคดเมียมในเนื้อถุงมือยางธรรมชาติจำนวน 14 ตัวอย่าง มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.11-0.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนถุงมือยางไนไตรล์ ตรวจพบแคดเมียมจำนวน 4 ตัวอย่าง มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.10-0.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโครเมียมและสารหนู พบว่ามีโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดในเนื้อถุงมือยางทั้ง 21 ตัวอย่าง ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจหาของโครเมียมและสารหนู คือ 0.019 และ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในถุงมือยางมากที่สุดคือตะกั่ว รองลงมาคือแคดเมียม การปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งสองชนิดอาจมาจากวัตถุดิบและสารเติมในกระบวนการผลิตถุงมือ อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ถุงมือยางในงานด้านอาหารในสภาวะปกติ (สัมผัสอาหารประเภทน้ำหรือกรดที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส)ความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากโลหะทั้งสองชนิดนั้นมีน้อยมากสังเกตได้จากการที่ไม่พบโลหะหนักทั้ง ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนู ในสารละลายกรดอะซีติกที่ใช้ในการสกัดถุงมือทั้ง 21 ตัวอย่างทั้งๆที่มีสารเหล่านี้อยู่ในเนื้อถุงมือ สาเหตุก็เนื่องมาจาก โดยทั่วไปแล้ว การใช้งานถุงมือเพื่อหยิบจับอาหาร เวลาที่ถุงมือสัมผัสโดนอาหารนั้นสั้นมากซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วน้อยกว่า 10 นาที อีกทั้งอุณหภูมิของอาหารก็ไม่สูงมากนัก (ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส) โอกาสที่โลหะหนักในถุงมือจะถูกชะออกมาปนเปื้อนอาหารได้จึงมีน้อย

3.2 ปริมาณสังกะสีในถุงมือยาง

จากการวัดปริมาณสังกะสีโดยวิธีการสกัดในสารละลายกรดอะซีติกของถุงมือยางทั้ง 21 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณสังกะสีในสารละลายที่สกัดได้จากถุงมือยางธรรมชาติ มีค่าอยู่ในช่วง 199-1706 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักสังกะสีต่อน้ำหนักถุงมือ) ส่วนปริมาณสังกะสีในสารละลายที่สกัดได้จากถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์มีค่าอยู่ในช่วง 141-2626 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสังกะสีในสารละลายกรดอะซีติกที่ใช้ในการสกัดถุงมือจากยางธรรมชาติกับปริมาณสังกะสีในสารละลายที่สกัดได้จากถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ แสดงดัง Figure1

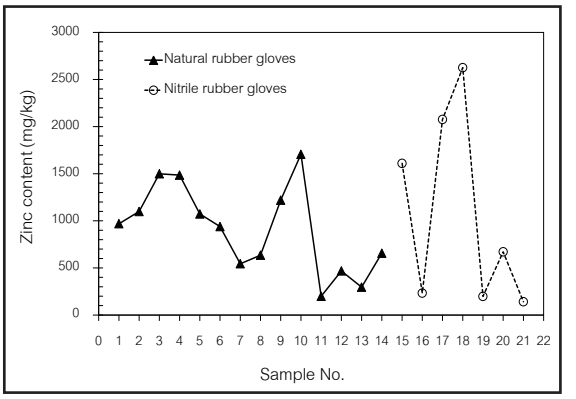

Figure 1 Zinc contents in acetic acid solutions extracted from natural rubber gloves and nitrile rubber gloves.

จากการวัดปริมาณสังกะสีในเนื้อถุงมือทั้ง 21 ตัวอย่าง พบสังกะสีในเนื้อถุงมือทั้ง 21 ตัวอย่างเช่นกัน ปริมาณสังกะสีในเนื้อถุงมือยางธรรมชาติ มีค่าอยู่ 2840 - 8342 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณสังกะสีในเนื้อถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ มีค่าอยู่ระหว่าง 7556 - 14036 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสังกะสีในเนื้อถุงมือจากยางธรรมชาติเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีในเนื้อถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ แสดงดัง Figure2

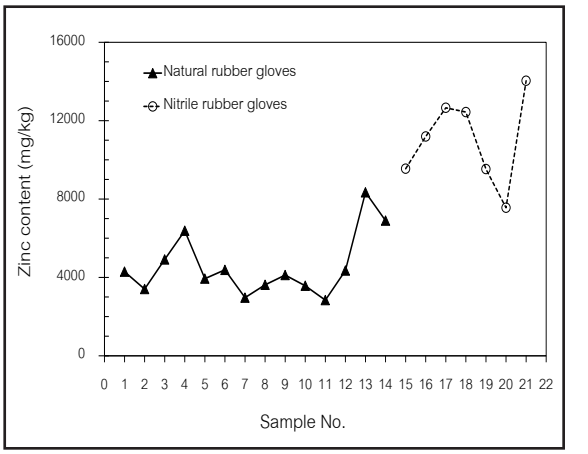

Figure 2 Zinc contents in textures of natural rubber gloves and nitrile rubber gloves.

จาก Figure 2 จะเห็นว่าสังกะสีในเนื้อถุงมือยางธรรมชาติมีปริมาณน้อยกว่าสังกะสีในเนื้อถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ ผลการทดสอบนี้สอดคล้องกับข้อมูลจากการผลิตถุงมือ กล่าวคือในการผลิตถุงมือยางธรรมชาติมีการใช้ซิงค์ออกไซด์ เป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาการเชื่อมประสานร่วมกับกำมะถัน ปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณ 0.5-0.8 phr (ส่วนต่อร้อยส่วนโดยน้ำหนักยางแห้ง) ซึ่งก็เท่ากับประมาณสังกะสี ประมาณ 5000-8000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในการผลิตถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์มีการใช้ซิงค์ออกไซด์เป็นสารเชื่อมโดยตรง โดยปริมาณซิงค์ออกไซด์ที่ใช้อยู่ในช่วงประมาณ 1.0-1.5 phr ซึ่งก็เท่ากับประมาณสังกะสี 10000-15000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีที่มีในเนื้อถุงมือยางกับปริมาณสังกะสีที่มีในสารละลายกรดอะซีติกที่ใช้สกัดถุงมือยางธรรมชาติ (Figure 3) พบว่า ปริมาณสังกะสีที่สารละลายสามารถสกัดออกมาได้เฉลี่ยร้อยละ 22 โดยน้ำหนัก ปริมาณที่สกัดได้สูงสุดถึงร้อยละ 48 สำหรับถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ (Figure 3) ปริมาณสังกะสีที่สารละลายสามารถสกัดออกมาได้เฉลี่ยร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ปริมาณที่สกัดได้เพียงร้อยละ 21 สาเหตุที่ปริมาณสังกะสีในถุงมือยางธรรมชาติสามารถถูกชะออกมาได้มากกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์นั้น

เป็นเพราะสังกะสีที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือยางธรรมชาติแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของยางแบบหลวม ๆ ไม่ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในโครงข่าย เนื่องจากเป็นเพียงตัวช่วยกระตุ้นการเกิดวัลคาไนซ์เซชั่นที่ทำให้โมเลกุลยางเชื่อมประสานกันเท่านั้น ต่างกับสังกะสีที่ใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ ซึ่งกลายเป็นส่วนหนึ่งในโครงข่าย อย่างไรก็ตาม สังกะสีในโครงข่ายของถุงมือยางทั้ง 2 ประเภทเกาะอยู่ในโครงข่ายด้วยพันธะทางกายภาพเท่านั้น จึงถูกสารเคมีที่มีสภาพเป็นกรดชะออกมาจากโครงข่ายยางได้ง่าย

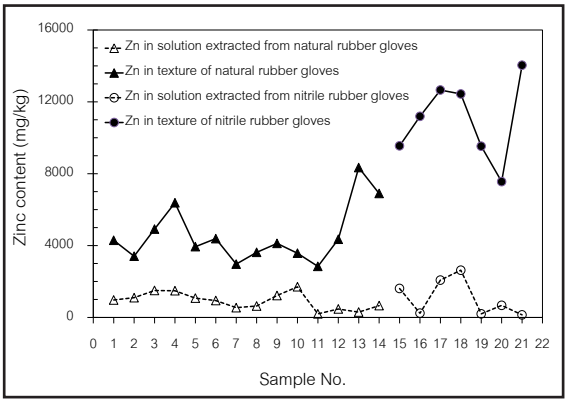

Figure 3 Zinc contents in acetic acid solutions extracted from gloves and zinc contents in glove textures of natural rubber gloves comparing with those of nitrile rubber gloves.

เนื่องจากสังกะสีไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย แต่สังกะสีปนเปื้อนในปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อรสชาดอาหารและน้ำดื่มได้ และสังกะสีในปริมาณที่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้น้ำมีสีขุ่นและเกิดฟิล์มมันลอยบนผิวน้ำขณะต้ม องค์การอนามัยโลกกำหนดปริมาณสังกะสีที่ชะออกมาจากถุงมือจึงไม่ควรมีค่าเกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกมาในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดัง Figure4

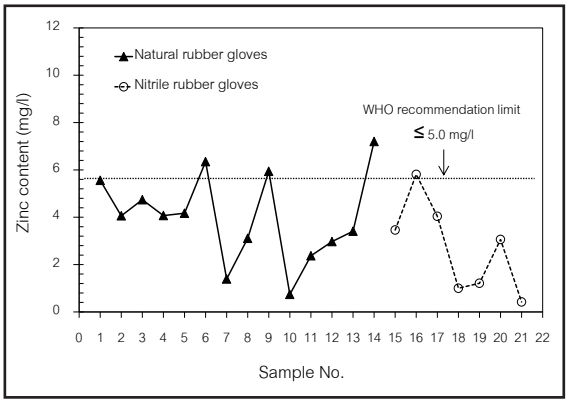

Figure 4 Zinc contents in acetic acid solutions extracted from natural rubber gloves and nitrile rubber gloves expressed in mg/l.

จาก Figure 4 จะเห็นว่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 21 ตัวอย่าง ปริมาณสังกะสีในสารละลายกรดอะซีติกที่ใช้ในการสกัดถุงมือมีค่าเกินปริมาณที่องค์การอนามัยโลกแนะนำจำนวน 5 ตัวอย่าง ในจำนวนนี้เป็นถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ 4 ตัวอย่าง (จาก 14 ตัวอย่าง) และถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ 1 ตัวอย่าง (จาก 7 ตัวอย่าง) ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะออกมาโดยเฉลี่ยคือ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ และ 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์

4. สรุป (Conclusion)

จากการศึกษาความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการใช้ถุงมือยางในอุตสาหกรรมอาหาร โดยการวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม สารหนู และสังกะสี ในสารละลายกรดอะซีติกที่ใช้สกัดถุงมือยางและในเนื้อถุงมือยางจำนวน 21 ตัวอย่าง เป็นถุงมือที่ทำมาจากยางธรรมชาติ 14 ตัวอย่างและถุงมือจากยางสังเคราะห์ไนไตรล์ 7 ตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ในเนื้อถุงมือยางพบโลหะหนัก 3 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสีโดยเฉพาะสังกะสีถูกตรวจพบในปริมาณสูงคือ 2,840 - 8,342 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับถุงมือยางธรรมชาติ และ 7,556 - 14,036 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับถุงมือยาง

สังเคราะห์ไนไตรล์ ส่วนในสารละลายที่ใช้สกัดจากถุงมือยางทั้ง 21 ตัวอย่างตรวจ ไม่พบตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนูและพบสังกะสีในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำคือ น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีถุงมือ 5 ตัวอย่างที่พบปริมาณสังกะสีมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (5.5 - 7 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปริมาณสังกะสีที่พบในเนื้อถุงมือสัมพันธ์กับปริมาณที่พบในสารละลายกระอะซีติกที่ใช้สกัดถุงมือ

สรุปได้ว่าการใช้งานถุงมือยางทั้งที่ทำมาจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ไนไตรล์ในอุตสาหกรรมอาหารในสภาวะปกติคือที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส มีความเสี่ยงน้อยจากการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง "เกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบด้านความปลอดภัยของถุงมือยางและถุงมือพลาสติกที่ใช้ในงานด้านอาหาร" สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

6. เอกสารอ้างอิง (References)

(1) Wong, N.P. Formulating latex compounds. Yoon, F.K. and Chuah, P.G. In Notes on NR examination glove manufacture.Malaysia :Rubber Research Institute of Malaysia, 1988, p.17-23.

(2) Pinprayoon, O. A study of elastomeric particle structure and its influence on the mechanical properties of deposited films. PhD thesis. Manchester UK: The University of Manchester, 2010.

(3) Forrest, M.J.Food Contact Rubber. In Forrest, M.J. Food Contact Rubber2. Vol.16. No.2. Shrewsbury UK :Rapra Technology, 2006, p. 2-10.

(4) WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality : Health Criteria and Other Supporting Information. Vol.2. Belgium : World Health Organization, 1984, p. 63-67, 84-96, 111-117, 313-315.