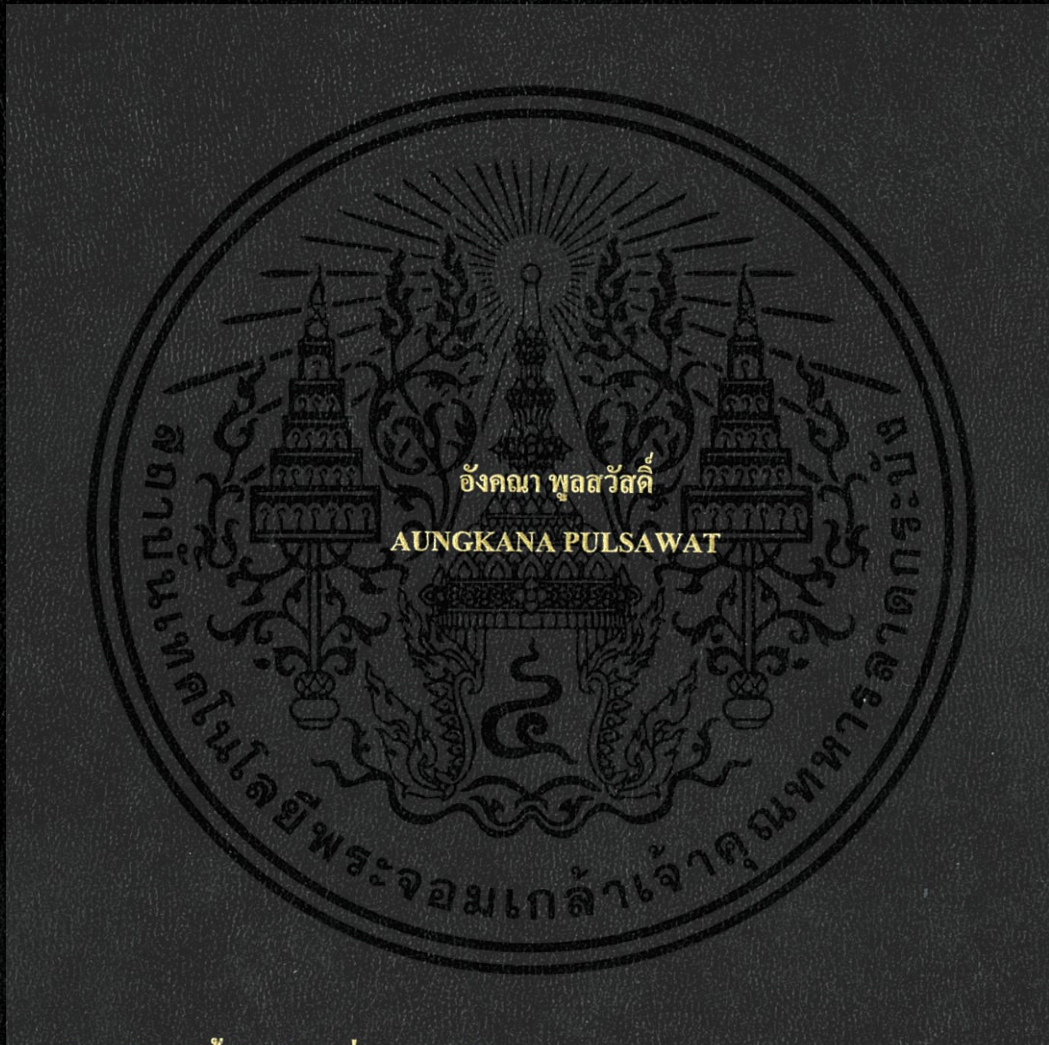


ปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเคมีและสารตกค้างก่อภูมิแพ้บางชนิดจาก  
ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร

OVERALL MIGRATION AND SOME ALLERGEN RESIDUES FROM FOOD  
CONTACT RUBBER GLOVES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2017-AI-M-054-272

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

ปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเคมีและสารตกค้างก่อภูมิแพ้บางชนิดจาก  
ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร

**OVERALL MIGRATION AND SOME ALLERGEN RESIDUES FROM FOOD  
CONTACT RUBBER GLOVES**



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 148023  
วันเดือนปี 9-10-2560

b.....  
l.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานภายในห้องสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**OVERALL MIGRATION AND SOME ALLERGEN RESIDUES FROM FOOD  
CONTACT RUBBER GLOVES**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT  
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2017**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**KMITL-2017-AI-M-054-272**



**COPYRIGHT 2017**

**FACULTY OF AGRO-INDUSTRY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเคมีและสารก่อภูมิแพ้บางชนิดจากผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง  
ที่ใช้สัมผัสอาหาร  
OVERALL MIGRATION AND SOME ALLERGEN RESIDUES FROM FOOD  
CONTACT RUBBER GLOVES

ชื่อนักศึกษา นางสาวอังคณา พูลสวัสดิ์

รหัสประจำตัว 56608020

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ.ศพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบุลย์	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 26 มิถุนายน 2560 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปินศิริโรคม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่... 19 ...เดือน... ๗๑... พ.ศ. ๒๕๖๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเคมีและสารตกค้างก่อภูมิแพ้บางชนิดจากผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร
นักศึกษา	นางสาวอังคณา พูลสวัสดิ์
รหัสประจำตัว	56608020
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. กิตติชัย บรรจง

### บทคัดย่อ

ถุงมือยางที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจัดเป็นวัสดุสัมผัสอาหาร อาจมีการเคลื่อนย้ายออกของสารจากวัสดุไปยังอาหารได้และเป็นสาเหตุให้เกิดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอันตรายต่ออาหารและสุขภาพของผู้บริโภค ถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร ควรมีความปลอดภัยตามกฎระเบียบวัสดุสัมผัสอาหาร Regulation (EC) No. 1935/2004 งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับสถานะที่มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในตัวแทนของอาหาร โดยตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารมีจำนวน 11 ตัวอย่างเป็นถุงมือที่ทำจากยางธรรมชาติ 6 ตัวอย่าง และถุงมือไนไตรล์สังเคราะห์ 5 ตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหาร (น้ำกลั่น, กรดอะซิติก 3% และเอทานอล 10%) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างที่เหลือจากการระเหยอาหารจำลองตามวิธีมาตรฐาน EN 1186-3 ผลจากการวิเคราะห์แสดงว่า ถุงมือยางที่นำมาศึกษามีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหาร (น้ำกลั่น, กรดอะซิติก 3% และเอทานอล 10%) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ((10 mg/dm<sup>2</sup> น้ำกลั่น และ เอทานอล 10%), 50 mg/dm<sup>2</sup> (กรดอะซิติก 3%)) ตามข้อกำหนดของ BfR (Recommendations XXI: Commodities articles based on natural and synthetic rubber) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p<0.05) และศึกษาความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ที่เคลื่อนย้ายออกจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารจำนวน 11 ตัวอย่างในตัวแทนอาหารชนิด 3% กรดอะซิติก ซึ่งทำการวิเคราะห์สารก่อภูมิแพ้ 3 ชนิด คือ Zinc dithiocarbamate (ZDEC), Mercaptobenzothiazole (MBT) และ Diphenyl guanidine (DPG) โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ High Pressure Liquid Chromatography ใช้ตัวตรวจวัด UV-visible spectroscopy พบว่าถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ที่ใช้สัมผัสอาหารจำนวน 1 ตัวอย่าง มีสารตกค้าง ZDEC ชนิดเดียวเท่ากับ 20.8 ppm, พบสารตกค้าง MBT ในถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบหนา 70.3 ppm, ถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบาง 31.9 ppm และถุงมือยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติแบบหนา จำนวน 2 ตัวอย่าง มีสารตกค้าง 2.2 ppm , 50.9 ppm และตรวจไม่พบสารตกค้าง  
ก่อภูมิแพ้ของสาร DPG ในถุงมือยางที่ศึกษา

คำสำคัญ : : การเคลื่อนย้ายออกของสาร, ถุงมือยาง, วัสดุสัมผัสอาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis</b>	Overall migration and some allergen residues from food contact rubber gloves
<b>Student</b>	Miss. Aungkana Pulsawat
<b>Student ID.</b>	56608020
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Food Safety Management
<b>Year</b>	2017
<b>Thesis Advisor</b>	Dr. Kittichai Banjong

## ABSTRACT

Rubber gloves has been used in food industry as food contact materials, which may be cause of migration transferring to food and may effect to the food and consumer' s health. Rubber gloves are regulated by harmonized EU legislation being under the scope of the Regulation (EC) No.1935/2004. This research studied factors which affected the overall migration in the foodstuff. The rubber gloves used in food industry determine overall migration (OM) analysis were according the standard EN 1186-3: materials and articles in contact with foodstuffs, test methods for overall migration into aqueous food simulants by immersion. The eleven glove samples, including six natural rubber gloves and five nitrile rubber gloves were studied overall migration used into the aqueous simulants (distilled water, 3% acetic acid and 10% ethanol) was determined. The result for all rubber gloves showed that tested overall migration into aqueous simulants were significantly lower than the upper limit ((10 mg/dm<sup>2</sup> (distilled water and 10% ethanol), 50 mg/dm<sup>2</sup> (3% acetic acid)) set by the BfR Recommendations XXI: Commodities articles based on natural and Synthetic rubber, which mathematical statistical confidence level is 95% (p<0.05). The risk of allergen residual contamination had been migrate to food simulant (3% acetic) from the eleven rubber glove samples for food contact. This was determination of three allergen residual as: Zinc dithiocarbamate (ZDEC), Mercaptbenzothiazole (MBT) and Diphenyl guanidine (DPG), which using analytical technique High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) and UV-visible spectroscopy detector. The result showed that the residual level of ZDEC in nitrile rubber glove 1 samples were 20.8 ppm , the residual of MBT in thick nitrile rubber glove were 70.3 ppm , thin nitrile rubber glove were 31.9 ppm and thick natural rubber glove were 2.2

ppm และ 50.9 ppm. No residue of DPG was found in both types of natural rubber gloves and nitrile rubber gloves.

**Key words:** overall migration, rubber gloves, food contact material



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประภาพร ขอไพบุลย์, รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ และตรวจสอบแก้ไขให้สมบูรณ์จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชูติมา ศรีวิบูลย์ คณะวิทยาศาสตร์เคมี แห่งมหาวิทยาลัยรามคำแหง สำหรับการให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ high pressure chromatography ในการทดสอบ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทดสอบ

ขอขอบคุณ คุณรัตนพล ลากชัย ผู้จัดการ โรงงาน สำหรับการให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Super Glove Industry Co.,Ltd

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

อังคณา พูลสวัสดิ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 สถานที่วิจัย.....	3
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร.....	4
2.1 ประเภทของงานและการใช้งาน.....	4
2.2 ประเภทสารเคมีในการขึ้นรูปถุงมือ.....	5
2.3 ถุงมือในอุตสาหกรรมอาหาร.....	7
2.4 กระบวนการขึ้นรูปถุงมือในอุตสาหกรรม.....	9
2.5 การเคลื่อนย้ายของสารเคมีจากวัสดุสัมผัสอาหาร.....	12
2.6 สารตัวเร่งที่ใช้ในถุงมือยาง.....	16
2.7 ข้อกำหนดกฎระเบียบเกี่ยวกับวัสดุสัมผัสอาหาร.....	18
2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	24
3.1 เครื่องมือ/อุปกรณ์.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	25
3.3 ตัวอย่างถุงมือในการทดลอง.....	25
3.4 การดำเนินการวิจัย.....	26
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	56
บรรณานุกรม.....	59
ภาคผนวก.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	75

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลึกภัณฑ์ยางที่นำมาใช้สัมผัสอาหาร.....	15
4.1 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาทีในน้ำ.....	31
4.2 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที ใน 10% เอทานอล.....	34
4.3 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที ใน 3% กรดอะซิติก.....	37
4.4 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที.....	41
4.5 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร(overall migration)จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภท 10% เอทานอลที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที.....	45
4.6 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภท 3% กรดอะซิติกที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที.....	49
4.7 แสดงปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่เคลื่อนย้ายออกจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 40 °C ในตัวแทนอาหารประเภท 3% กรดอะซิติกที่ระยะเวลา 30 นาที.....	54

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ.....	4
2.2 สูตรโครงสร้างยางสังเคราะห์ NBR.....	4
2.3 แสดงการเพิ่มความเสถียรของน้ำยางโดยการเติม stabilizer ไปห่อหุ้มอนุภาคยาง.....	5
2.4 อิทธิพลของสารเร่งต่างๆที่ใช้ในการคงรูปร่าง.....	6
2.5 ถูมืออย่างสำหรับใช้ทางการแพทย์.....	8
2.6 ถูมืออย่างสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม.....	8
2.7 แผนภาพการผลิตถูมือแพทย์อย่างง่าย.....	10
2.8 กระบวนการผลิตถูมือแพทย์.....	11
2.9 ปัจจัยที่ทำให้เกิด Migration.....	13
2.10 การเกิด migration จากวัสดุประเภทต่างๆที่ไม่มีการซึมผ่าน	
2.10a การเกิด migration จากวัสดุที่ไม่มีการซึมผ่าน.....	14
2.10b การเกิด migration จากวัสดุที่ยอมให้มีการซึมผ่าน.....	14
2.10c การเกิด migration จากวัสดุที่มีรูพรุน.....	14
2.11 สัญลักษณ์วัสดุที่ใช้สัมผัสอาหาร.....	19
2.12 Framework 1935/2004 regulation.....	20
3.1 ส่วนของถูมือที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	26
3.2 การ pack column ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
4.1 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นจากถูมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 , 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	32
4.2 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นจากถูมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C.....	32
4.3 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% จากถูมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	35
4.4 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% จากถูมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C.....	35

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซีติก 3% จากถุงมือ ยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	38
4.6 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซีติก 3% จากถุงมือ ยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	38
4.7 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบบางในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	39
4.8 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	40
4.9 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในตัวแทนอาหารประเภทน้ำ กลั่นที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	40
4.10 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในตัวแทนอาหารประเภท น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	40
4.11 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นตามชนิดถุงมือยาง ที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	42
4.12 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นตามชนิดถุงมือยาง ที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C.....	42
4.13 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบบางในตัวแทนอาหารเอทานอล 10% ที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	43
4.14 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาในตัวแทนอาหารเอทานอล 10% ที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	43
4.15 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในตัวแทนอาหารเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	44
4.16 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบหนาในตัวแทนอาหารเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C.....	44

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% ตามชนิด ถุมืออย่างที่ใส่สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 , 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	46
4.18 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% ตามชนิด ถุมืออย่างที่ใส่สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 , 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C.....	46
4.19 ลักษณะ overall migration จากถุมือยางธรรมชาติแบบบางในตัวแทนอาหารกรดอะซีติก 3% ที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55°C.....	47
4.20 ลักษณะ overall migration จากถุมือยางธรรมชาติแบบบางในตัวแทนอาหารกรดอะซีติก 3% ที่ อุณหภูมิ 40 °C และ 55°C.....	47
4.21 ลักษณะ overall migration จากถุมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในตัวแทนอาหารกรด อะซีติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55°C.....	48
4.22 ลักษณะ overall migration จากถุมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในตัวแทนอาหารกรด อะซีติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55°C.....	48
4.23 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซีติก 3% ตามชนิด ถุมืออย่างที่ใส่สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 , 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C.....	49
4.24 กราฟแสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซีติก 3% ตามชนิด ถุมืออย่างที่ใส่สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 , 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C.....	50
4.25 โครมาโตแกรมสารมาตรฐาน ZDEC.....	51
4.26 กราฟมาตรฐานของสาร ZDEC ที่ความเข้มข้น 100 ppm.....	51
4.27 โครมาโตแกรมสารมาตรฐาน MBT.....	52
4.28 กราฟมาตรฐานของสาร MBT ที่ความเข้มข้น 50 ppm.....	52
4.29 โครมาโตแกรมสารมาตรฐาน DPG.....	53
4.30 กราฟมาตรฐานของสาร DPG ที่ความเข้มข้น 50 ppm.....	53

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ยี่ห้อ A.....	64
4.32 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ B.....	65
4.33 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ C.....	66
4.34 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ยี่ห้อ D.....	67
4.35 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ E.....	68
4.36 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ F.....	69
4.37 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ G.....	70
4.38 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางธรรมชาติยี่ห้อ H.....	71
4.39 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ยี่ห้อ I.....	72
4.40 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ยี่ห้อ J.....	73
4.41 โครมาโตแกรมจากในถุงมือยางยี่ห้อ K.....	74

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมอาหารต้องมีการปฏิบัติที่ถูกต้องสุจริตในการผลิตตามระบบ Good manufacturing practice (GMP) เพื่อลดการปนเปื้อนในการผลิต การลดการปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติงานไปสู่อาหาร ควรให้ผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสอาหารสวมใส่ถุงมือเพื่อลดโรคติดเชื้อที่มาจากมือเป็นการรับประกันความสะอาด, ปลอดภัย, สร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคและสามารถนำไปปฏิบัติเพื่อพัฒนาสถานประกอบการให้ได้มาตรฐานดียิ่งขึ้น (กรมอนามัย, 2556)

ถุงมือที่ใช้ในการสัมผัสอาหารนั้นต้องมีคุณภาพดี มีความปลอดภัยในการใช้งานและไม่มีสารเคมีตกค้างที่สามารถปนเปื้อนสู่อาหาร ถุงมืออย่างสามารถผลิตได้ทั้งจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ซึ่งในกระบวนการผลิตถุงมือจะมีการเติมสารเคมีต่างๆไป เพื่อให้เกิดการคงรูปด้วยปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เซชัน โดยสารเคมีบางชนิดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลของน้ำยางแล้วเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่าย (network) และสารเคมีบางชนิดจะอยู่ในโครงข่ายของยางด้วยแรงทางกายภาพ (อรรชร ปิ่นประยูรและกรรณิการ์ บุตรเอก, 2556) ในสภาพที่ถูกใช้งานทำให้โครงข่ายยางเคลื่อนตัวไปมาจะทำให้สารเคมีกลุ่มนี้มีโอกาสถูกดันออกมาอยู่ที่บริเวณผิวหน้าและเมื่อสัมผัสกับอาหารจะถูกชะ (leaching) ให้หลุดออกมาปนเปื้อนในอาหารได้ ทำให้เกิดแนวคิดของงานวิจัยนี้ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเคมี (chemical overall migration) และสารเคมีตกค้างก่อภูมิแพ้กลุ่มตัวเร่งปฏิกิริยาในการวัลคาไนซ์ (accelerator) ที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตถุงมือได้แก่ ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc-diethyldithiocarbamates : ZDEC), เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (2-mercaptobenzothiazole : MBT) และไดฟีนิลกวานิดีน (diphenyl guanidine : DPG) จากถุงมือที่ใช้ในการสัมผัสอาหาร โดยปริมาณสารเคมีที่เคลื่อนย้าย (migration) ไปยังอาหารและอาจมีการสะสมภายในร่างกายอย่างต่อเนื่องซึ่งสามารถทำให้เกิดอันตรายได้ ซึ่งสารซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc-diethyldithiocarbamates : ZDEC) สามารถเกิดปฏิกิริยาให้สารไนโตรซามีนระหว่างการวัลคาไนซ์โดยสารไนโตรซามีนจัดเป็นสารก่อมะเร็ง (โอบเอื้อ อัมวิทยาและณัฐมณฑล ปัญญาวัฒนกิจ, 2557) โดยสารเคมีเหล่านี้จัดเป็นสารก่อภูมิแพ้สามารถเกิดการแพ้ที่ผิวหนังได้ การป้องกันการปนเปื้อนของการเคลื่อนย้ายสารเคมี (chemical migration) และสารเคมีตกค้างก่อภูมิแพ้ (allergen residual) จากวัสดุสัมผัสอาหารไปยังอาหารนั้นเพื่อสร้างความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสร้างความมั่นใจของผลิตภัณฑ์ในตลาดต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเวลาในการสัมผัส อุณหภูมิ ความหนาของถุงมือยางและชนิดของตัวแทนอาหาร (food simulants) ต่อการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเคมี (chemical migration) จากถุงมือยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ใช้สัมผัสอาหาร
- 1.2.2. เพื่อศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารตกค้างกลุ่มก่อภูมิแพ้ zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC), diphenyl guanidine (DPG) และ 2-mercaptobenzothiazole (MBT) ที่มีต่อการเคลื่อนย้ายออกมา (migrate) สู่ตัวแทนของอาหาร (food simulants) จากถุงมือยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ใช้สัมผัสอาหาร

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1. เวลาในการสัมผัส อุณหภูมิ ความหนาของถุงมือยาง และชนิดของตัวแทนอาหารมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเคมี (chemical migration)
- 1.3.2. ถุงมือยางสัมผัสอาหารแต่ละชนิดมีการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเคมี ซิงค์-ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc-diethyldithiocarbamates: ZDEC), ไดฟีนิลกวานิดีน (diphenyl guanidine: DPG) และเมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (2-mercaptobenzothiazole: MBT) แตกต่างกัน

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้จะมุ่งศึกษาในผลิตภัณฑ์ถุงมือยางธรรมชาติและยางไนไตรสังเคราะห์ที่นำมาใช้สัมผัสอาหารที่จำหน่ายทั่วไป ย่านกรุงเทพฯ ชลบุรี ระยอง โดยศึกษาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนย้ายของสารเคมี overall migration ในตัวแทนของอาหาร (simulant) ดังนี้ น้ำกลั่น, กรดอะซิติก 3% (3% acetic acid) และเอทานอล 10% (10% ethanol) ตามข้อกำหนด German (BfR) regulations ของประเทศเยอรมันและ EC 1935/2004 ของสหภาพยุโรป และศึกษาระดับการเคลื่อนย้ายสารก่อภูมิแพ้ตกค้างบางกลุ่ม (allergen residual) ได้แก่ ซิงค์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (zinc-diethyldithiocarbamates :ZDEC), 2-เมอร์แคปโทเบนโซไทอาโซล (2-mercaptobenzothiazole :MBT) และ ไดฟีนิลกวานิดีน (diphenyl guanidine :DPG) ในตัวแทนของอาหารกรดอะซิติก 3% (3% acetic acid)

## 1.5 สถานที่วิจัย

- 1.5.1 ห้องปฏิบัติการชีววัสดุคณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 1.5.2 ห้องปฏิบัติการบริษัท Super Glove Industry Co., Ltd
- 1.5.3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยรามคำแหง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

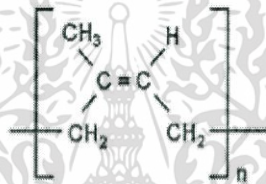
### บทตรวจเอกสาร

#### 2.1 ประเภทของยางและการใช้งาน (พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2548)

ยางแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

##### 2.1.1. ยางธรรมชาติ (Natural rubber, NR)

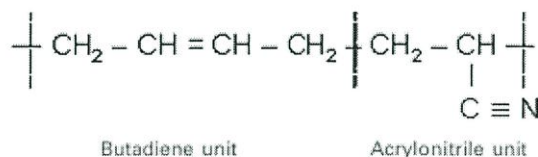
ยางธรรมชาติดังรูปที่ 2.1 มีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene ( $C_5H_8$ )<sub>n</sub> โดยมี n ตั้งแต่ 15-20,000 โมเลกุล ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของโมเลกุลแบบ อสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะ โมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด จึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

##### 2.1.2 ยางไนไตรล์สังเคราะห์ (Acrylonitrile rubber, NBR)

ยางไนไตรล์ (Nitrile or acrylonitrile-butadiene rubber, NBR) ดังรูปที่ 2.2 เป็นโคพอลิเมอร์ของอะคริโลไนไตรล์และบิวตาไดอีนชนิดนี้ มีความเป็นขั้วสูง ยางชนิดนี้จึงมีคุณสมบัติเด่นคือทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมและตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วต่างๆ ได้ดี เนื่องจากยางชนิดนี้ประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่เป็น บิวตาไดอีน ซึ่งจะให้ความยืดหยุ่นและส่วนที่เรียกว่าอะคริโลไนไตรล์ซึ่งเป็นส่วนที่จะทำให้คุณสมบัติของยาง NBR เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.2 สูตรโครงสร้างยางสังเคราะห์ NBR

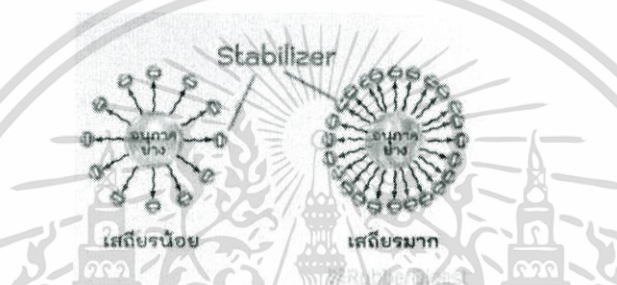
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ประเภทสารเคมีในการขึ้นรูปถွ่งมือ

สารเคมีสำหรับยาง หมายถึง สารเคมีต่างๆที่ผสมลงไปนยาง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับยางตามความจำเป็นและจะได้ผลิตภัณฑ์ยางที่มีคุณสมบัติตามต้องการ สารต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับยางเพื่อขึ้นรูปสามารถแบ่งได้ดังนี้

### 2.2.1 สารประเภทรักษาสภาพ (stabilizer) (สมคิด ชูนาร่ม, 2557)

สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) เป็นสารเคมีที่ใช้รักษาน้ำยางให้คงสภาพของอนุภาคเดี่ยวๆที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้ สารเพิ่มความเสถียรของน้ำยางดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการเพิ่มความเสถียรของน้ำยาง โดยการเติม stabilizer ไปห่อหุ้มอนุภาคยาง  
ที่มา: สมคิด ชูนาร่ม (2557)

### 2.2.2 สารประเภทวัลคาไนซิงส์ (vulcanizing agent) (พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528 และพงษ์ธร แซ่ฮุย, 2548)

สารทำให้อย่างคงรูป หรือสารวัลคาไนซิงส์ (vulcanizing agent) เป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของยาง (crosslink) ตรงตำแหน่งที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเกิดเป็น โครงสร้างร่างแหและเป็นผลให้ยางมีรูปร่างคงที่ เมื่อมีแรงกระทำและต้องเปลี่ยนรูปร่างไปก็สามารถคืนรูปร่างเดิมได้อีกเมื่อแรงกระทำนั้นสลายไป ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า “การคงรูป” หรือ การวัลคาไนซ์ (vulcanization หรือ cure) สารทำให้อย่างคงรูป ได้แก่ กำมะถัน สารที่มีส่วนประกอบของกำมะถัน สารเพอร์ออกไซด์

### 2.2.3 สารประเภทสารกระตุ้น (activator) (พรพรรณ นิธิอุทัย, 2528 และ พงษ์ธร แซ่ฮุย, 2548)

สารกระตุ้น (activator) ทำหน้าที่เร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นและช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ได้แก่ กรดสเตียริก และซิงค์ออกไซด์ โดยสารกระตุ้นที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ถွ่งมือยางธรรมชาติ คือ ซิงค์ออกไซด์

## 2.2.4 สารประเภทตัวเร่ง (accelerator) (ณพรัตน์ วิจิตรชัย, 2554)

สารเร่ง (accelerator) ได้แก่ สารเร่งการเกิดปฏิกิริยา ให้เกิดช้า ปานกลาง หรือเร็ว โดยสารเร่งปฏิกิริยาให้ยางคงรูปจะช่วยลดเวลาและอุณหภูมิในการวัลคาไนซ์ดีกว่าการใช้กัมมันต์เพียงอย่างเดียว และยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม

ตามความต้องการได้ด้วย ซึ่งสารเร่งปฏิกิริยา แบ่งตามโครงสร้างได้ 7 กลุ่มดังนี้คือ

### 2.2.4.1 กัวนิติน (Guanidines)

### 2.2.4.2 อัลดีไฮด์-อะมีน (Aldehyde-Amine)

### 2.2.4.3 ซัลฟิ นามิด (Sulphenamide)

### 2.2.4.4 แซนเทต (Xanthates)

### 2.2.4.5 ไทยูเรม (Thiurams)

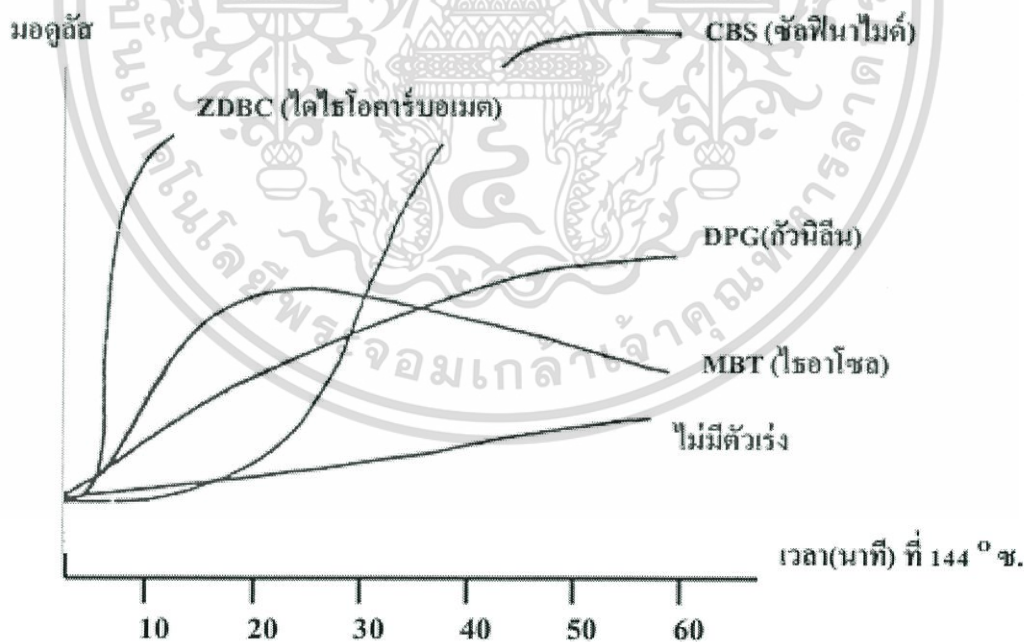
### 2.2.4.6 ไดไทโอคาร์บอเมต (Dithiocarbamates)

### 2.2.4.7 ไธอาโซล (Thiazole)

สามารถเรียงลำดับตามความไวจากเร็วไปช้าได้ดังนี้

Guanidines > Aldehyde-Amine > Sulphenamide > Thiazole > Thiurams > Dithiocarbamates

>Xanthates



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของสารเร่งต่างๆที่ใช้ในการคงรูปยาง

ที่มา: <http://www.dric.nrct.go.th> (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า กลุ่มไดไฮโอคาร์บามาต เป็นสารเร่งที่เกิดการคงรูปก่อนกำหนดและเกิดการคงรูปได้เร็วที่สุดเมื่อถึงเวลาคงรูปมอดุลัสจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว, กลุ่มกัวนิตินเกิดการคงรูปก่อนกำหนดเร็วมากแต่เกิดการคงรูปช้า, กลุ่มไทอาโซลเกิดการคงรูปก่อนกำหนดช้ากว่ากลุ่มกัวนิตินแต่เกิดการคงรูปได้เร็วกว่า และกลุ่มซัลฟิโนไมด์เกิดการคงรูปก่อนกำหนดช้าที่สุดเมื่อถึงเวลาคงรูปมอดุลัสจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมยางรถยนต์

#### 2.2.5 สารประเภทกันเสื่อม (anti-oxidation) (ฉพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554)

สารต้านทานปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) สารต้านทานปฏิกิริยาโอโซน (anti-ozonant) เป็นสารที่เติมลงไปเพื่อป้องกันออกซิเจนในอากาศทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพ ซึ่งแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มอนุพันธ์เอมีน กลุ่มอนุพันธ์ฟีนอล กลุ่มอิมิดาซิด

#### 2.2.6 สารประเภทตัวเติม (filler) (ฉพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554)

สารที่เติมลงไปเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรงขึ้นหรือช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ), ดินขาว (clay)

#### 2.2.7 สารประเภท softeners หรือ plasticizer (ฉพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554)

สารช่วยในการแปรรูปยาง หรือสารพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ได้แก่ สารทำให้ยางนิ่มโดยทางเคมี สารทำให้ยางนิ่มโดยทางกายภาพ เพิ่มความยืดหยุ่น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากถ่านหิน ผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียม เช่น น้ำมันพาราฟินิก น้ำมันอโรมาติก เป็นต้น

#### 2.2.8 สารให้สี (ฉพรัตน์ วิชิตชลชัย, 2554)

สีที่นิยมใช้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ สีอินทรีย์ และสีอนินทรีย์ สีอินทรีย์ให้สีที่มีความสว่างสดใสน้อยกว่าสีอนินทรีย์แต่มีความทนทานต่อสภาพอากาศและสารเคมีสูงกว่าสีอนินทรีย์มากและยังมีราคาถูกกว่า

### 2.3 ถุงมือในอุตสาหกรรมอาหาร

ถุงมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทำจากน้ำยางธรรมชาติ น้ำยางสังเคราะห์ หรือน้ำยางธรรมชาติผสมน้ำยางสังเคราะห์ โดยวิธีจุ่มแม่พิมพ์ในน้ำยางคอมปาวด์ (น้ำยางที่ผสมสารเคมีต่างๆ) แล้วทำให้เกิดการคงรูปด้วยความความร้อน เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้ป้องกันการปนเปื้อนสารเคมี สิ่งสกปรกและเชื้อโรค

ประเภทของถุงมือยาง แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ประเภท (จินตนา ลีกิจวัฒน์, 2551) ได้แก่

#### 2.3.1. ถุงมือยางสำหรับใช้ทางการแพทย์ (medical glove)

ถุงมือที่ถูกกำหนดให้ต้องผ่านการตรวจสอบมาตรฐานจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) สามารถแบ่งย่อยได้ 2 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ถุงมือประเภท surgical glove เป็นถุงมือเนื้อบางมีความหนาของถุงมือไม่เกิน 0.10 มิลลิเมตร (วัดบริเวณตรงกลางของฝ่ามือ) มีความแข็งแรงใช้ในทางศัลยกรรมผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ 100% ด้วยรังสีแกมมา ใช้ครั้งเดียวทิ้งดังรูปที่ 2.5

-ถุงมือประเภท examination glove เป็นถุงมือเนื้อบางมีความหนาของถุงมือไม่เกิน 0.10 มิลลิเมตร (วัดบริเวณตรงกลางของฝ่ามือ) มีความแข็งแรง ไม่มีขี้ผึ้งช่วยขวใช้ในการตรวจโรคทั่วไป ใช้ครั้งเดียวทิ้ง ดังรูปที่ 2.5 นิยมใช้ในงานทั่วไป เช่นการเตรียมอาหาร ป้องกันเชื้อโรค



รูปที่ 2.5 ถุงมือสำหรับทางการแพทย์

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และ ศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงชะ (2554)

### 2.3.2. ถุงมือสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial glove)

ลักษณะถุงมือมีเนื้อหนามีความหนาของถุงมือตั้งแต่ 1.0 - 2.0 มิลลิเมตร (วัดบริเวณตรงกลางของฝ่ามือ) มีความแข็งแรงและทนทานสามารถใส่ซ้ำได้ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมไฟฟ้า เช่นโรงงานผลไม้กระป๋อง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ถุงมือสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และ ศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงชะ (2554)

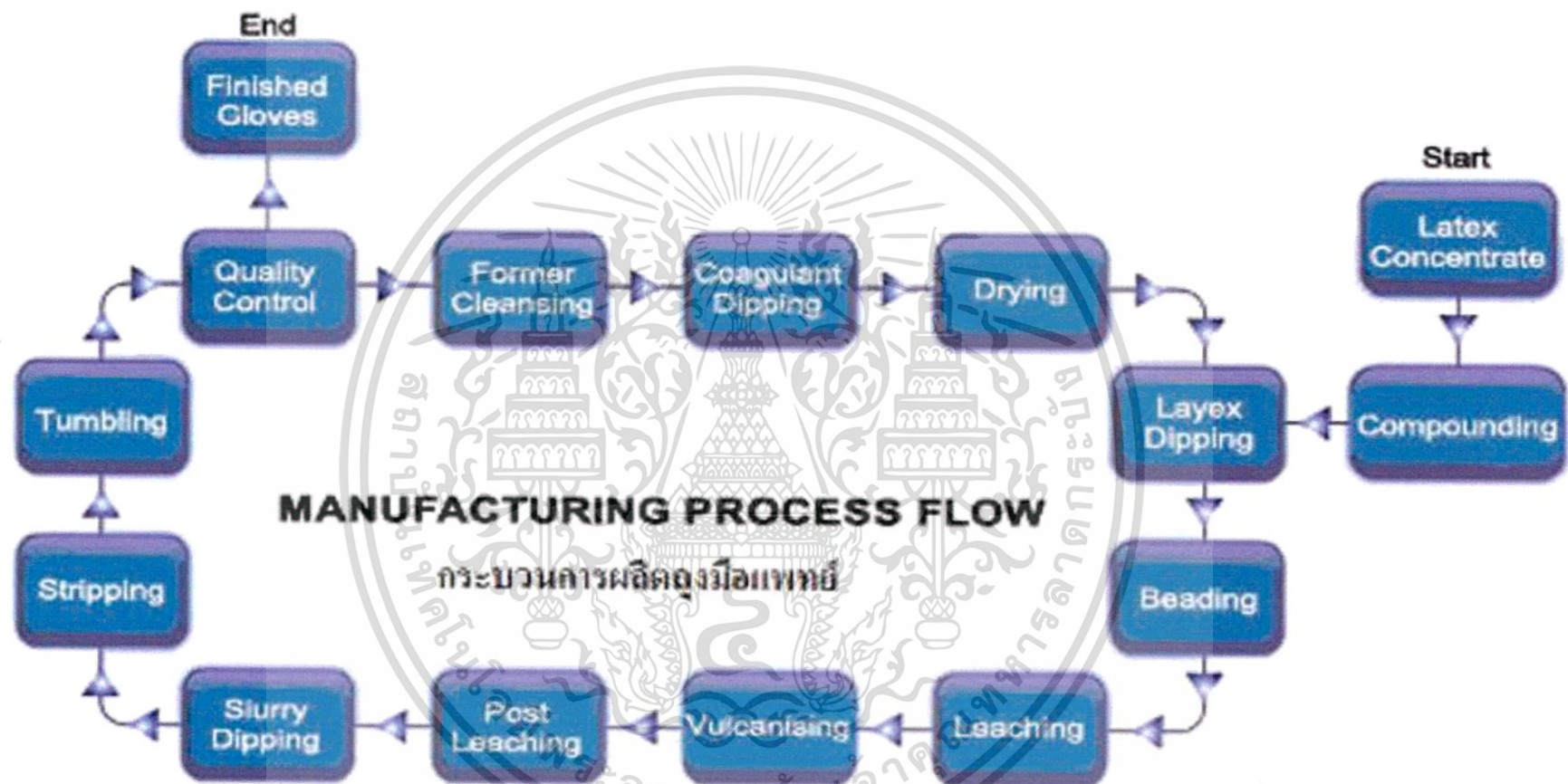
### 2.3.3. ถุงมือสำหรับใช้ในครัวเรือน (Household glove)

ลักษณะถุงมือเนื้อหนากว่าถุงมือแพทย์แต่บางกว่าถุงมืออุตสาหกรรม โดยความหนาของถุงมือตั้งแต่ 0.15 - 0.50 มิลลิเมตร (วัดบริเวณตรงกลางของฝ่ามือ) ไม่เทอะทะ มีความแข็งแรง สามารถใส่ซ้ำได้นิยมใช้ในการซักล้าง เตรียมอาหาร

## 2.4 กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ถุงมือในอุตสาหกรรม

กระบวนการผลิตถุงมือยางในประเทศไทยเป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการจุ่ม (dipping) แม่พิมพ์ (former) รูปมือตามที่ต้องการ โดยทั่วไปนิยมใช้แม่พิมพ์รูปมือที่ทำจาก เซรามิก อะลูมิเนียม จุ่มลงในน้ำยางคอมปาวด์ (compound latex) น้ำยางคอมปาวด์ในอุตสาหกรรมจะประกอบด้วยน้ำยางข้น และสารเคมี ซึ่งสูตรเคมีจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละผลิตภัณฑ์ (ทงศักดิ์ วัฒนาและศุภัสกรณ์ หลิมเฮงชะ, 2011) โดยกระบวนการผลิตถุงมือยางทางการแพทย์มีขั้นตอนดังรูปที่ 2.7

จากรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 แสดงกระบวนการผลิตถุงมือยางโดยขั้นตอนแรกคือการผสมน้ำยางด้วยสารวัลคาไนซ์ได้แก่ กำมะถันหรือสารประกอบของกำมะถัน และสารปรุงแต่งอื่นๆ เช่น activators, accelerators, antioxidants เป็นต้น จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการจุ่มแบบพิมพ์ลงไปในน้ำยางผสมสารเคมี ค่อยๆยกแบบพิมพ์ขึ้นโดยพยายามให้น้ำยางจับตัวที่ผิวของแบบพิมพ์ถุงมือให้สม่ำเสมอ (dipping latex) และเข้าอบให้ฟิล์มยางจับตัวหมาดๆ (oven) แล้วล้างสารเคมีที่อาจตกค้างในยางออก (pre-leaching) แล้วจึงนำไปอบคงรูป (vulcanization) และทำการล้างสารเคมีที่อาจตกค้างในยางออก (post-leaching) ถอดออกจากแบบพิมพ์ (stripping) สำหรับถุงมือแบ้งจะมีการจุ่มในน้ำแบ้งก่อนนำโอบให้แห้งแล้วจึงถอดออกจากแบบพิมพ์

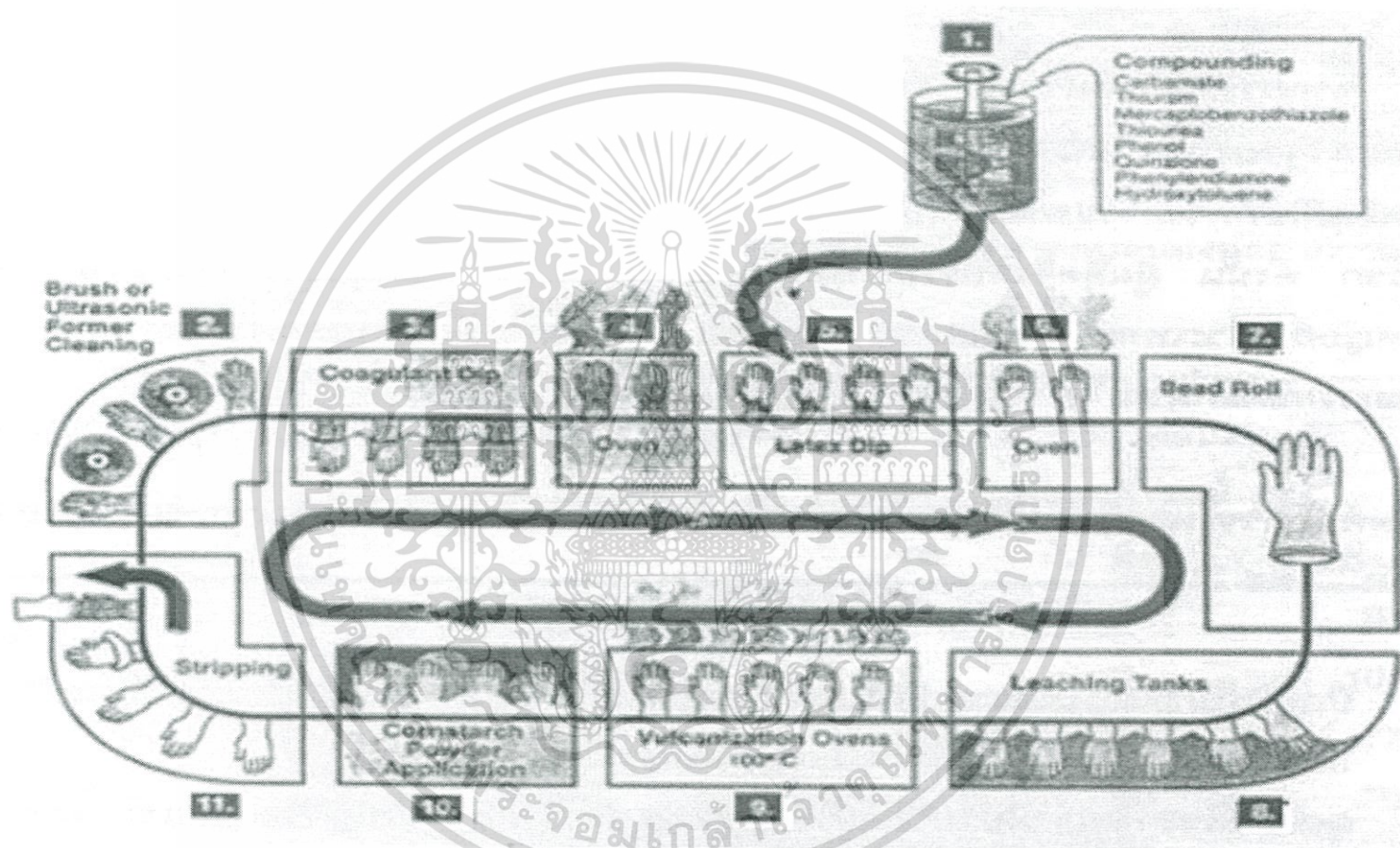


**MANUFACTURING PROCESS FLOW**

กระบวนการผลิตถุงมือแพทย์

รูปที่ 2.7 แผนภาพการผลิตถุงมือแพทย์อย่างง่าย

ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และ สุภัทษกรณ์ หลิมเฮงชะ (2554)



รูปที่ 2.8 กระบวนการผลิตถุงมือแพทย์  
 ที่มา: ทนงศักดิ์ วัฒนา และ ศุภัสชกรณ์ หลิมเฮงชะ (2554)

## 2.5 การเคลื่อนย้ายของสารเคมีจากวัสดุที่สัมผัสอาหาร (Chemical migration for food contact)

วัสดุสัมผัสอาหาร (Food Contact Materials : FCM) คือ วัสดุดิบและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิตหรือสัมผัสกับอาหาร ตั้งแต่อุปกรณ์บนโต๊ะอาหาร งาน กระบวนการผลิต ตลอดจนบรรจุภัณฑ์ โดยจะครอบคลุมวัสดุต่างๆ ได้แก่ พลาสติก กระจก ยาง ซิลิโคน จุกคอร์ก หมึกพิมพ์ โลหะและโลหะผสม สารเคลือบผิว สารเคลือบเงา ฯลฯ เนื่องจากวัสดุดิบดังกล่าวจะต้องสัมผัสกับอาหาร จึงเป็นแหล่งที่อาจมีการเคลื่อนย้ายของสารเข้าไปในอาหาร วัสดุสัมผัสอาหารจึงกลายเป็นแหล่งปนเปื้อนที่สำคัญของอาหาร ทุกชนิดและเป็นสาเหตุให้เกิดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอันตรายกับอาหารและสุขภาพของผู้บริโภคได้ (Nordic Council of Ministers, 2008)

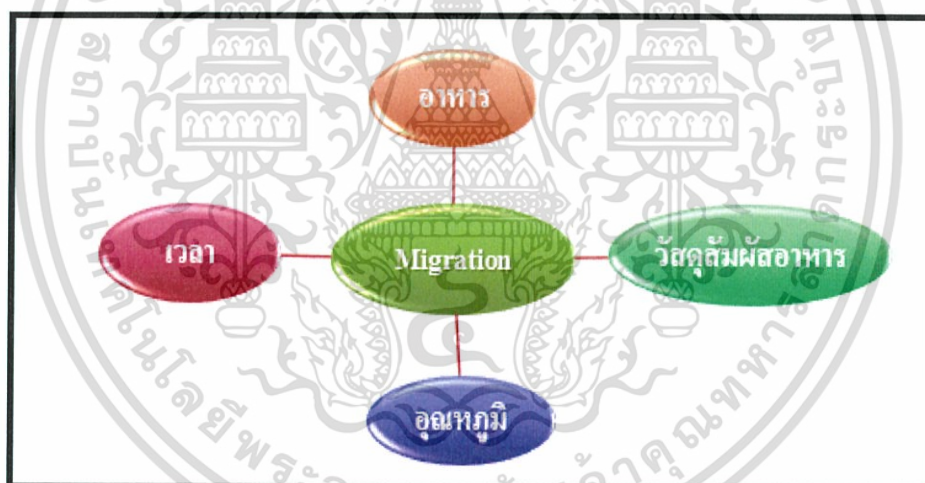
ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหาร มีหน้าที่ช่วยปกป้องอาหารจากการเน่าเสียจากสภาวะภายนอก เช่น สัตว์พาหะ, กลิ่น, จุลินทรีย์, แสง และออกซิเจน เป็นต้น วัสดุสัมผัสอาหารและภาชนะบรรจุอาหารผลิตจากวัสดุได้หลากหลายมากขึ้น เช่น พลาสติก โลหะ กระจก ยาง ซิลิโคน ไม้ เซรามิกส์ ซึ่งมีคุณสมบัติและการนำไปใช้แตกต่างกันตามความเหมาะสมของชนิดอาหาร นอกจากนี้ยังมีการตกแต่งสี สัน ลวดลายให้สวยงามเพื่อดึงดูดผู้บริโภค โดยอาหารและเครื่องดื่มที่สัมผัสกับผิวของภาชนะหรือวัสดุสัมผัสอาหารสามารถเกิดปฏิกิริยากับผิวสัมผัสของภาชนะหรือวัสดุสัมผัสอาหารได้ เช่น ผิวโลหะสามารถถูกกัดกร่อนจากอาหารประเภทกรด, ผิวพลาสติกสามารถถูกชะออกและเกิดการบวมจากอาหารประเภทไขมันหรือน้ำมัน ซึ่งในปัจจุบันไม่มีวัสดุสัมผัสอาหารที่มีคุณสมบัติเฉื่อยอย่างสมบูรณ์ (completely inert) จึงมีโอกาที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีไปสู่อาหารได้ การปล่อยสารเคมีไปสู่อาหารโดยหลักทฤษฎีเรียกว่า การเคลื่อนย้าย (Migration) ของสาร ซึ่งคำจำกัดความตามหลักวิทยาศาสตร์คือ “the mass transfer from an external source into food by sub-microscopic processes”. More colloquial terms used are ‘leaching’, ‘bleeding’ or ‘leaking’ of substances from the packaging into the food. โดยสารเคมีนี้จะเคลื่อนย้าย (migration) ไปยังอาหารแล้วปนเปื้อนกับอาหารซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร (Castle, 2007) นอกจากบรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสอาหารยังมีกระบวนการในการผลิตอาหาร เช่น การเตรียมอาหาร การปรุงอาหาร การล้าเลียงอาหารที่ทำให้มีวัสดุที่สามารถสัมผัสอาหารได้หลากหลาย เช่น งาน ช้อน ส้อม มีด ถ้วยมือยาง สายพานลำเลียง เป็นต้น หากผู้บริโภคได้รับการสะสมของสารนี้ ภายในร่างกายอย่างต่อเนื่องจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากสารพิษเหล่านี้จะค่อยๆ สะสมในร่างกายและใช้เวลานานในการแสดงอาการ ส่วนใหญ่มักไม่มีพิษรุนแรงเฉียบพลัน จึงทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ละเลยหรือไม่ค่อยให้ความสำคัญ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาในการส่งออกสินค้าต่างๆ ไปยังต่างประเทศ หากมีการตรวจพบการปนเปื้อนของสารเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดก็จะถูกส่งกลับทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการส่งออกสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจะต้องตระหนักถึงการเคลื่อนย้ายออกของสารเคมี (chemical migration) เพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุสัมผัสอาหารมีความเหมาะสมกับการใช้งานและเพื่อป้องกันให้ไม่มีการเคลื่อนย้ายออกของสารเคมี (chemical migration) มากเกินไป

2.5.1 การเคลื่อนย้ายของสารเคมีและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนย้าย (chemical migration and factors) (Castle, 2007)

2.5.1.1 กลไกการเคลื่อนย้ายของสารเคมี (chemical migration) เกิดจากกระบวนการแพร่ด้วยหลักการทางจลนศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ ซึ่งกระบวนการแพร่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์จากกฎของ Fick (Fick's law) ที่กล่าวไว้ว่า “ฟลักซ์เชิงมวลต่อหน่วยพื้นที่ขององค์ประกอบหนึ่งเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของความเข้มข้น” โดยกระบวนการแพร่จะขึ้นกับเวลาในการสัมผัส (a function of time) อุณหภูมิ (temperature) ความหนาของวัสดุ (thickness of the material) ปริมาณของสารเคมีในวัสดุ (amount of chemical in the material) ค่าสัมประสิทธิ์พาร์ทิชัน (partition coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (distribution coefficient) หลักการทางจลนศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ (Castle, 2007)



รูปที่ 2.9 ปัจจัยที่ทำให้เกิด Migration

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุมาลี ทั้งพิทยกุล (2554)

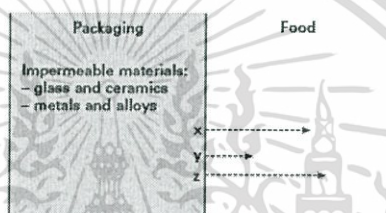
2.5.1.2 การเคลื่อนที่ของสารเคมีในบรรจุภัณฑ์/วัสดุสัมผัสอาหาร (mobility of the chemicals in the packaging) โดยการเคลื่อนย้ายของสารเคมีจากวัสดุสัมผัสอาหารขึ้นกับปัจจัยของ ขนาดและลักษณะของโมเลกุลของสาร อันตรกิริยาของวัสดุ แรงต้านทานในผิววัสดุของการเคลื่อนย้ายมวลในแต่ละชนิดของวัสดุ สารเคมีที่บลูมมายังผิววัสดุสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีได้ โดยกลไกการเกิดการเคลื่อนย้ายของวัสดุสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทคือ วัสดุที่ไม่มีการซึมผ่าน วัสดุที่ยอมให้มีการซึมผ่านและวัสดุที่มีรูพรุน โดยกลไกการเคลื่อนย้ายของแต่ละชนิดวัสดุมีลักษณะดังรูป 2.10a - รูปที่ 2.10c (Forrest, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

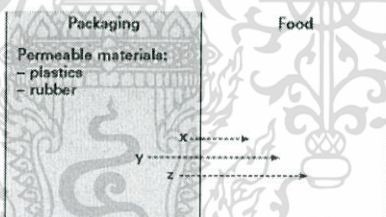
-วัสดุที่ไม่มีการซึมผ่าน เป็นวัสดุที่มีความแข็งเช่นพวก โลหะ แก้ว เซรามิกส์ โดยวัสดุประเภทนี้เนื้อวัสดุอยู่เรียงตัวกันแน่นทำให้ไม่สามารถเกิดการเคลื่อนย้ายสารจากภายในชั้นผิววัสดุ การเคลื่อนย้ายสารจะเกิดเฉพาะที่ผิววัสดุเท่านั้น โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.10a

-วัสดุที่มีการซึมผ่าน เป็นวัสดุพวก พลาสติก ยาง โดยวัสดุประเภทนี้สามารถเกิดการเคลื่อนย้ายจากภายในชั้นผิววัสดุซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างหรือความหนาแน่นของผลึกและสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายที่ชั้นผิววัสดุ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.10b

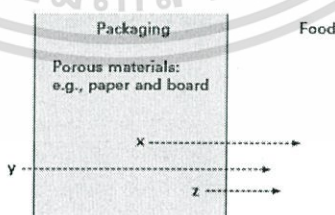
-วัสดุที่มีรูพรุน เช่นวัสดุกระดาษและบอร์ดที่มีโครงข่ายแบบเปิดกว้างของเส้นใยมีช่องว่างหรือช่องอากาศขนาดใหญ่ สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถเคลื่อนย้ายได้ค่อนข้างรวดเร็ว โดยมีลักษณะดังรูป 2.10c



รูปที่ 2.10a การเกิด migration จากวัสดุที่ไม่มีการซึมผ่าน



รูปที่ 2.10b การเกิด migration จากวัสดุที่ยอมให้มีการซึมผ่าน



รูปที่ 2.10c การเกิด migration จากวัสดุที่มีรูพรุน

2.5.2 กระบวนการเคลื่อนย้ายของสารเคมี (migration process) เป็นปรากฏการณ์ที่สารเคมีการเคลื่อนย้ายมวลจากในเนื้อบรรจุภัณฑ์/วัสดุสัมผัสอาหารไปยังอาหาร สามารถอธิบายได้ด้วยกฎการ

แพร่ของ Fick (Otto Piringer, 2006) ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1 กฎของฟิคข้อที่ 1 (Fick's first Law) เป็นการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันระหว่างสองเฟส ดังสมการ

$$J = -D \frac{dC}{dx}$$

โดยที่ D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่

$$J = \frac{1}{A} \frac{dM}{dt} \Rightarrow \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}} \right] \text{ or } \left[ \frac{\text{atoms}}{\text{m}^2\text{s}} \right]$$

โดย การแพร่ของอะตอมที่ : J คือ quantify how fast diffusion ,ฟลักซ์ เป็นจำนวนอะตอมที่มีการแพร่ในพื้นที่ต่อเวลา

2.5.2.2 กฎของฟิคข้อที่ 2 (Fick's second Law) เป็นการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่อยู่ในเฟสเดียวกันหรือมีการเคลื่อนย้ายภายในเนื้อวัสดุสัมผัสอาหารดังสมการ

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial C}{\partial x} \right) = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

โดยที่ C คือ ความเข้มข้น , t คือ เวลา , x คือ ระยะทางการแพร่ และ D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่

2.5.3 ผลกระทบข้างและการเคลื่อนย้ายของสารเคมีสู่อาหาร ขางความยืดหยุ่นสูงเมื่อมีแรงภายนอกที่มากระทำหมดไป ขางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว โดยคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของขาง สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้หลากหลาย (ดังตารางที่ 1) ทำให้มีการสัมผัสของขางในอาหารได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีจากขางลงไปในอาหาร (Forrest, 2007)

ตารางที่ 2.1 แสดงผลกระทบข้างที่นำมาใช้สัมผัสอาหาร

Location	Component
Food transportation	Conveyor belts, rubber skirting and rubber paddle lips
Pipe work components	Seals, gaskets, flexible connectors and butterfly valves
Pumps	Progressive cavity pump stators, diaphragm pumps
Plate heat exchangers	Gaskets
Machinery/storage vessels	General seals and gaskets
Cans/bottles	Can sealants and bottle seals
Food handling/preparation	Gloves and feather pluckers
Food manufacturing	Silicone sweet moulds
Food wrapping	Meat and poultry nets

ที่มา: (Forrest, 2007)

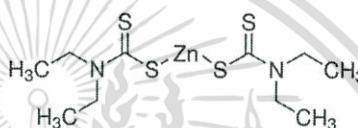
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 สารตัวเร่งที่ใช้ในถุงมือยาง

### 2.6.1 ซิงค์ไดเอทิลไดไทโकार์บาเมต (zinc diethyldithiocarbamate, ZDEC)

สมบัติทางกายภาพและเคมีและความเป็นอันตรายของสาร ZDEC จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS) ของหน่วยข้อเสนอเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ECHA มีดังนี้

- ชื่อทางเคมี IUPAC (Chemical Name): Zinc diethyldithiocarbamate, ZDEC
- สูตรโมเลกุล (Molecular Formula):  $C_{10}H_{20}N_2S_4Zn$
- น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight): 361.91 : CAS NO: 14324-55-1



- โครงสร้างโมเลกุล (Molecular Structure):

- ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี:

1. ลักษณะทางกายภาพ ของแข็งผงสีขาว
2. จุดหลอมเหลว 174°C
3. % Zn content 17.0-19.0%
4. % Residues on 100 mesh sieve (Max) 0.40%
5. ความสามารถในการละลาย Acetone,  $CHCl_3$ ,  $CCl_4$ , Toluene

- ข้อมูลความเป็นพิษ: พิษเฉียบพลัน: LD 50 (rat) 3530 mg/kg (oral)

LD50 (rabbit) >3160 mg/kg (dermal)

LC 50 ไม่ระบุ mg/l/1 hr. (inhalation)

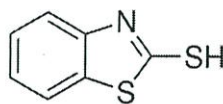
- การสัมผัสผิวหนังและดวงตา: ทำให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนัง ดวงตาระคายเคืองบ้าง
- การเกิดมะเร็ง: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดมะเร็งที่องค์ประกอบ 0.1% ตาม NTP จัดอยู่ในกลุ่ม 3, มีปฏิกิริยาไนโตรซามีนในระหว่างกระบวนการวัลคาไนซ์ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งได้
- การกลายพันธุ์: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดการกลายพันธุ์

### 2.6.2 เมอร์แคปโตเบนโซไทอาโซล (2-mercaptobenzothiazole, MBT)

สมบัติทางกายภาพและเคมีและความเป็นอันตรายของสาร MBT จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS) ของของหน่วยข้อเสนอเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความ

เป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ECHA มีดังนี้เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อทางเคมี IUPAC Chemical Name: 2-mercaptobenzothiazole (MBT)
- สูตรโมเลกุล Molecular Formula:  $C_7H_5S_2N$
- น้ำหนักโมเลกุล Molecular Weight: 167.25 : CAS NO: 149-30-4



- โครงสร้างโมเลกุล Molecular Structure:

- ลักษณะทางกายภาพและเคมี:

1. ลักษณะทางกายภาพ ของแข็งผงสีเหลืองอ่อน
2. จุดหลอมเหลว  $176^{\circ}C$
3. ความถ่วงจำเพาะ 1.51 (ที่  $25^{\circ}C$ )
4. ความสามารถในการละลาย Acetone,  $CHCl_3$ , dilute alkali

- ข้อมูลความเป็นพิษ: พิษเฉียบพลัน: LD 50 (rat)  $>100$  mg/kg (oral)

LD50 (rabbit)  $>79400$  mg/kg (dermal)

- การสัมผัสผิวหนังและดวงตา: ทำให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนัง ดวงตาระคายเคืองบ้าง

- การเกิดมะเร็ง: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดมะเร็ง

- การกลายพันธุ์: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดการกลายพันธุ์

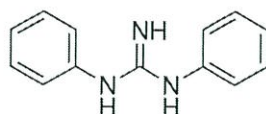
### 2.6.3 ไดฟีนิลกวานิดีน (1, 3 Diphenyl guanidine, DPG)

สมบัติทางกายภาพและเคมีและความเป็นอันตรายของสาร DPG จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัย เคมีภัณฑ์ (MSDS) ของของหน่วยซื้อสารสนเทศอุตสาหกรรมและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ECHA) มีดังนี้

- ชื่อทางเคมี IUPAC Chemical Name: 1, 3 Diphenyl guanidine

- สูตรโมเลกุล Molecular Formula:  $C_{13}H_{13}N_3$

- น้ำหนักโมเลกุล Molecular Weight: 211.27 : CAS NO: 102-06-7



- โครงสร้างโมเลกุล Molecular Structure:

- ลักษณะทางกายภาพและเคมี:

1. ลักษณะทางกายภาพ ของแข็งเป็นผงสีขาว
2. จุดหลอมเหลว  $146^{\circ}C$
3. ความถ่วงจำเพาะ 1.13 (ที่  $25^{\circ}C$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ความสามารถในการละลาย Acetone, CHCl<sub>3</sub>, alcohol

- ข้อมูลความเป็นพิษ: พิษเฉียบพลัน: LD 50 (rat) > 323 mg/kg (oral)

LD 50 (mouse) > 150 mg/kg (oral)

LD50 (rabbit) >794 mg/kg (dermal)

- การสัมผัสผิวหนังและดวงตา: ทำให้เกิดการระคายเคืองกับผิวหนัง ดวงตา ระคายเคืองบ้าง

- การเกิดมะเร็ง: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดมะเร็ง

- การกลายพันธุ์: ไม่มีรายงานในการทำให้เกิดการกลายพันธุ์

### 2.7 ข้อกำหนดของกฎระเบียบที่สำคัญเกี่ยวกับวัสดุสัมผัสอาหาร

ประเทศในแถบสหภาพยุโรปและหลายๆประเทศทั่วโลกได้ กำหนดข้อกำหนดและกฎระเบียบต่างๆ เกี่ยวกับวัสดุสัมผัสอาหารเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้บริโภคให้มากที่สุดข้อกำหนดที่สำคัญ ได้แก่ ข้อกำหนดของกฎระเบียบ (EC) No. 1935/2004 และข้อกำหนด GMP No. 2023/2006 โดยครอบคลุมวัสดุและการผลิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ (สุมาลี ทังพิทยกุล, 2554) นอกจากนี้ยังมีกฎระเบียบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาชนะบรรจุและวัสดุสัมผัสอาหารของกลุ่มประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา ได้แก่ LFGB § 30,31, CoE Resolution ResAP 2004, Directive 10/2011/EC, USA: FDA CFR Volume 21, part 170-199 เป็นต้น ในประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับภาชนะบรรจุอาหารอยู่ 2 ฉบับ ได้แก่ 1) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 92 (พ.ศ.2552) เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุอาหารประเภทเซรามิกและภาชนะโลหะเคลือบ 2) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 295 (พ.ศ.2554) กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานเกี่ยวกับภาชนะบรรจุที่ทำจากพลาสติก (FOSTAT, 2011) โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกฎหมายหลักที่ใช้เป็นกรอบดำเนินการและกำกับดูแลด้านวัสดุสัมผัสอาหารทั้งหมด ได้แก่ Regulation (EC) No. 1935/2004 และกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับวัสดุสัมผัสอาหารประเภทยางหรือผลิตภัณฑ์ยางที่ศึกษา ได้แก่ BFR XXI และ มอก.2505-2553

2.7.1 Regulation (EC) No. 1935/2004 เป็นกฎหมายหลักที่ใช้เป็นกรอบดำเนินการและกำกับดูแลด้านวัสดุสัมผัสอาหารทั้งหมด มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 ธันวาคม 2547 วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีจากบรรจุภัณฑ์สู่อาหารในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ หรือมีผลทำให้ส่วนประกอบอาหารเปลี่ยนแปลงหรือทำลายรสชาติและกลิ่นของอาหาร (กลุ่มมาตรการ TBT สำนักมาตรการทางการค้า, 2555) สำคัญดังนี้

2.7.1.1 วัสดุสัมผัสอาหารที่ผ่านการประเมินความปลอดภัยและได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค จะได้รับอนุญาตให้ติดฉลากที่ผลิตภัณฑ์ พร้อมระบุคำว่า “for food contact”

และมีตราสัญลักษณ์แก้วและล้อมคู่กัน ดังรูปที่ 2.11 หรือใช้สัญลักษณ์อื่นๆ ที่บ่งชี้ได้ชัดเจนว่าเป็น วัสดุและบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้สัมผัสอาหาร เช่น เครื่องทำกาแฟ ขวดไวน์ หรือ ซ้อนซูป เป็นต้น

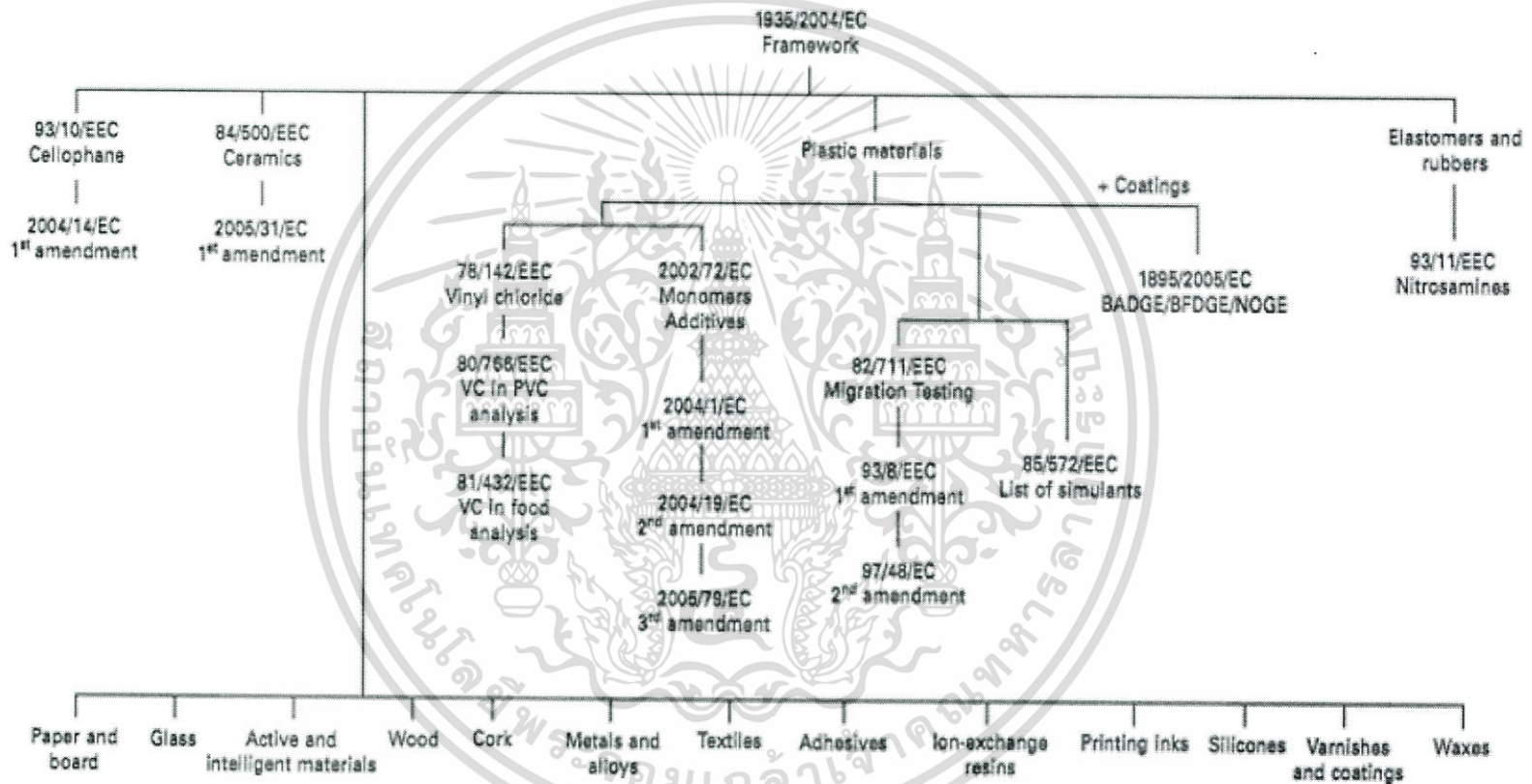
2.7.1.2 ควบคุมปริมาณสารที่ใช้ในวัสดุสัมผัสอาหาร โดยครอบคลุมวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ ภาชนะบรรจุอาหาร, เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ซ้อน มีด เขียง ฯลฯ และเครื่องจักรและวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร

2.7.1.3 กำหนดกระบวนการขออนุญาตใช้สารเคมีในวัสดุที่สัมผัสอาหาร โดยมี European Food Safety Authority (EFSA) เป็นผู้ประเมินภายใต้คณะกรรมการ Standing Committee on the Food Chain and Animal Health (SCFCAH) และนับตั้งแต่วันที่ 27 ตุลาคม 2549 วัสดุที่สัมผัสอาหารและผลิตภัณฑ์จะต้องตรวจสอบย้อนกลับได้ ตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยใช้หลักการ One-Step-up , One-Step-down ของการสอบย้อนกลับได้ โดยวัสดุที่สัมผัสอาหารมีโครงสร้างของกฎหมายตาม Regulation (EC) No. 1935/2004 วัสดุสัมผัสอาหารดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์วัสดุที่ใช้สัมผัสอาหาร

ที่มา: Regulation (EC) No. 1935/2004

โครงสร้างของ Regulation (EC) No. 1935/2004 วัสดุสัมผัสอาหาร



รูปที่ 2.12 โครงสร้าง 1935/2004 regulation (Rhodri Evans, Food Safety Authority of Ireland)

ที่มา: กลุ่มมาตรการ TBT สำนักมาตรการทางการค้า (2555)

2.7.2 German (BfR) regulations เป็นกฎหมายวัสดุสัมผัสอาหารระดับประเทศของประเทศเยอรมนี โดยวัสดุประเภทยางระบุให้ใช้ BfR XXI (As of 01.10.2024) ซึ่งว่าด้วยเรื่องของยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ได้กำหนดกลุ่มผลิตภัณฑ์ยางไว้อย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มดังนี้

-Category 1 คือวัสดุจากยางที่สัมผัสกับอาหารเป็นระยะเวลา นานมากกว่า 24 ชั่วโมงจนถึงระยะเวลาหลายเดือน เช่น ภาชนะที่จัดเก็บชั้นในของภาชนะซีลที่ปิดผนึกสำหรับปกป้อง โดยใช้สภาวะในการทดสอบในตัวแทนอาหาร นาน 10 วัน ที่อุณหภูมิ 40 °C

-Category 2 คือวัสดุจากยางที่สัมผัสกับอาหารเป็นระยะเวลา น้อยกว่า 24 ชั่วโมง เช่น สายพานลำเลียงอาหาร ซีลปิดผนึกสำหรับหม้อ, ซีลล็อกสำหรับฝาปิดกระป๋องนม โดยใช้สภาวะในการทดสอบในตัวแทนอาหาร นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 °C

-Category 3 คือวัสดุจากยางที่สัมผัสกับอาหารเป็นระยะเวลาสั้นๆ ไม่เกิน 10 นาที. เช่น ท่อลำเลียงนมและท่อเครื่องรีดนม, ลูกกลิ้งและสายพานลำเลียง ถูมือและผ้ากันเปื้อนสำหรับการเตรียมอาหาร โดยใช้สภาวะในการทดสอบในตัวแทนอาหาร นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 40 °C

-Category 4 คือวัสดุจากยางซึ่งจะใช้สัมผัสกับอาหารเป็นเวลาสั้นๆ หรือเฉพาะบนพื้นที่ขนาดเล็กมาก ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ยางในหมวดหมู่นี้ ได้แก่ สายพานสำหรับการย้ายและการโหลดขนถ่าย ไม่จำเป็นต้องทดสอบการ migration ไปสู่อาหาร

โดยตัวแทนของอาหารที่ใช้ในการทดสอบตามข้อกำหนดเรื่อง migration ตาม กฎหมาย BfR XXI (As of 01.10.2024) ประกอบด้วย น้ำกลั่น, 10% ethanol และ 3% acetic acid. และในกฎหมายยังมีการกำหนด specific migration เช่น N-nitrosamines, N-nitrosatable substances, amines and formaldehyde สำหรับวัสดุจากยางบางประเภทด้วย

2.7.3 มอก.2505-2553 เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ครอบคลุมถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเท่านั้น เช่น อาหารพร้อมปรุง อาหารสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีคุณภาพดี ปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งครอบคลุมเฉพาะคุณสมบัติทั่วไปของถุงมือยาง เช่น การรั่วซึม, การรั่วซึมน้ำ (water leak test), ความต้านทานแรงดึง (tensile strength), ความยืดเมื่อขาด (elongation at break), ความเปราะต่าง โดยมาตรฐาน มอก.2505-2553 นี้ไม่กล่าวถึง migration แต่มีข้อกำหนดวัสดุที่ใช้ในการผลิตต้องผ่านข้อกำหนด USA: FDA CFR Volume 21, part 170 -199 ชนิดของสารเคมีและปริมาณสูงสุดที่สามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา

## 2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากรายงานผลการศึกษการเกิด overall migration ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภท PS (polystyrene), PP (polypropylene) และ PET (polyethylene terephthalate) ที่บรรจุเครื่องดื่ม โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบแบบ total immersion พบว่าสถานะที่ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงให้ค่า overall migration สูงสุดและที่สถานะ 40 °C เป็นเวลา 10 วัน ให้ค่า overall migration ตามเกณฑ์ที่กำหนดโดย EU Directive 2002/72/EC และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 พ.ศ. 2531 ซึ่งกำหนดค่าไว้ให้ overall migration ไม่เกิน 10 mg/dm<sup>2</sup> ซึ่งผลการศึกษาค่า overall migration ของบรรจุภัณฑ์พลาสติก PS (polystyrene), PP (polypropylene) และที่สถานะ 40 °C เป็นเวลา 10 วัน ให้ค่าที่ 4.44 -5.28 mg/kg ที่ใกล้เคียงกับ PET (polyethylene terephthalate) อย่างมีนัยสำคัญ (โอภาส ตั้งวัธนวิบูลย์, 2548) ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับรายงานผลการศึกษา overall migration จากบรรจุภัณฑ์พลาสติก LDPE (low density polyethylene) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในตัวแทนของอาหาร (น้ำกลั่น, 3% อะซีติก และ 95% เอทานอล) โดยใช้วิธีทดสอบ article filling พบว่าผลค่า overall migration ในสถานะ อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 40 °C เป็นเวลา 10 วัน ให้ค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่ง Commission Regulation (EU) No 10/2011 กำหนดค่าไว้ให้ overall migration ไม่เกิน 10 mg/dm<sup>2</sup> (Traistaru et al., 2013)

รายงานการศึกษานิวคลีโอไซด์ตัวเร่งกลุ่ม Dialkylthiocarbamates ในกระบวนการผลิตถุงมือ แพทย์ในประเทศสวีเดน จำนวน 19 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ใช้ตัวตรวจวัด Diode-array detector พบสาร Zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC) 0.07-3.50 mg/g จำนวน 10 ตัวอย่าง , Zinc pentamethylenedithiocarbamate (ZPD) 1.0 -4.3 mg/g จำนวน 3 ตัวอย่าง, Zinc dibutylthiocarbamate (ZDBC) 0.9 -1.1 mg/g จำนวน 4 ตัวอย่าง และ 2-mercaptobenzothiazole (MBT) 0.005 -0.008 mg/g แต่ไม่พบสารตัวเร่ง Tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) ในตัวอย่างที่ศึกษา (Bergendorff et al., 2006)

รายงานการศึกษาค่าความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนโลหะหนักของถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจำนวน 21 ตัวอย่าง ตัวอย่าง เป็นถุงมือยางธรรมชาติ 14 ตัวอย่างและถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ 7 ตัวอย่างโดยใช้วิธีสกัดด้วย สารละลายกรดอะซีติกเข้มข้นร้อยละ 4 แล้ววิเคราะห์ด้วยเทคนิค Inductively couple plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) ผลการศึกษพบว่าปริมาณ โลหะสังกะสีเฉลี่ย 4 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ไม่พบโลหะตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารหนูในตัวอย่างที่ศึกษา (อรรธรณ ปิ่นประยูรและ วรรณิการ์ บุตรเอก, 2556)

รายงานการศึกษายางที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายและปริมาณของไนโตรซามีนออกมาจาก ถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างถุงมือยางธรรมชาติและไนไตรล์สังเคราะห์ ชนิดมีแป้งและไม่มีแป้งจำนวน 7 ตัวอย่างซึ่งจำหน่ายในจังหวัดสงขลา โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีโดยใช้ตัวตรวจวัด Flame Ionization detector ผลการวิเคราะห์พบสารไนโตรซามีนชนิด N-nitrosodibutylamine (NDBA) ในตัวอย่างถุงมือยางธรรมชาติชนิดมีแป้งและไนไตรล์สังเคราะห์ ไม่มีแป้งจำนวน 7 ตัวอย่าง พบปริมาณตั้งแต่ 0.00-2.08±0.10 µg/g (กนกรัตน์ เชิญทอง, 2556)

รายงานการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายและปริมาณสารกลุ่มตัวเร่ง Tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) , Zinc dimethyldithiocarbamates (ZDMC) และ Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC) ในถั่วมื่ออย่างสัมผัสอาหาร โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างถั่วมื่ออย่างธรรมชาติชนิดมีแป้ง และไม่มีแป้งจำนวน 7 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (HPLC) โดยใช้ตัวตรวจวัด Ultraviolet-visible detector ผลการศึกษาพบว่า ถั่วมื่ออย่างชนิดมีแป้งแบบบางมีปริมาณสารตกค้าง TMTD เฉลี่ย 8.23  $\mu\text{g/g}$  ซึ่งมากกว่าถั่วมื่ออย่างชนิดมีไม่มีแป้งแบบบางและแบบหนา, มีปริมาณสารตกค้าง ZDMC เฉลี่ย 3.46  $\mu\text{g/g}$  และมากกว่าถั่วมื่ออย่างชนิดมีไม่มีแป้งแบบบางและตรวจไม่พบสาร ZDMC ถั่วมื่ออย่างชนิดมีไม่มีแป้งแบบหนา, ไม่มีปริมาณสารตกค้าง ZDEC ในถั่วมื่ออย่างธรรมชาติทั้งสามชนิด โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร TMTD และ ZDMC ในถั่วมื่ออย่างที่ใช้สัมผัสอาหารได้แก่ ระยะเวลา เมื่อเพิ่มระยะเวลานานจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายออกของสาร TMTD และ ZDMC มากขึ้น และอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายออกของสาร TMTD และ ZDMC มากขึ้น (สุภา ชำนาญการ, 2556)



## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 เครื่องมือ / อุปกรณ์ (Apparatus)

- 3.1.1. เครื่องชั่งละเอียด (analytical balance model OHAUS PA 214) ที่มีความละเอียด 0.0001g (OHAUS, USA)
- 3.1.2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven model Hung ta C 047) ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100-105°C (Hung ta instrument, Taiwan)
- 3.1.3. อ่างน้ำร้อน (Wisebath steam bath, Korea)
- 3.1.4. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ
- 3.1.5. High pressure liquid chromatography (HPLC) และ Ultra-violet detector (UV detector) รุ่น Ultimate-3000SD (Dionex, USA)
- 3.1.6. ไม้บรรทัดสำหรับวัดระยะที่มีความละเอียด 0.1 mm.
- 3.1.7. อุปกรณ์สำหรับตัดตัวอย่าง Die cut ขนาด 2.5 x 2.5 cm
- 3.1.8. โถดูดความชื้น (desiccator) และสารดูดความชื้น (silica gel)
- 3.1.9. ถ้วยสำหรับระเหย (dish)
- 3.1.10. กระจกตวง (measuring cylinder)
- 3.1.11. ขวดแก้วปากกว้างสามารถบรรจุตัวอย่างทดสอบได้
- 3.1.12. แผ่นอะลูมิเนียมเปลว (aluminum foil)
- 3.1.13. แท่งแก้ว (glass rod)
- 3.1.14. ขวดวัดปริมาตร (volume flask)
- 3.1.15. หลอดแก้วกระบอกฉีดยา (glass syringe)
- 3.1.17. ปากคีบ (forceps)
- 3.1.18. ปิเปต (graduated pipette)
- 3.1.19. กรวยแยก
- 3.1.20. กรวยกรอง
- 3.1.21. Paraffin
- 3.1.22. กระดาษกรอง Ashless เส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร (Whatman™, USA)
- 3.1.23. หลอดทดลอง (test tube)
- 3.1.24. กระดาษกรอง GF/F เส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร (Whatman™, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 สารเคมีและตัวอย่างสำหรับทดสอบ (Reagents)

- 3.2.1. Acetic acid (Merck, Germany)
- 3.2.2. Hexane AR grade (Ajax Finechem, New Zealand)
- 3.2.3. Ethanol (Merck, Germany)
- 3.2.4. Sodium sulfate anhydrous (VWR chemical, Belgium)
- 3.2.5. Acetone AR grade (Ajax Finechem, New Zealand)
- 3.2.6. Acetonitrile HPLC grade (Labscan, Thailand)
- 3.2.7. Methanol HPLC grade (Labscan, Thailand)
- 3.2.8. Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC) purity 97% (Sigma-Aldrich, Italy)
- 3.2.9. Mercaptobenzothiazole (2-MBT) purity 97% (Merck, Germany)
- 3.2.10. Diphenyl guanidine (DPG) purity 97% (Merck, Germany)
- 3.2.11. Florasil (Merck, Germany)
- 3.2.12. น้ำกลั่น (Distillate water)
- 3.2.13. Water deionize

### 3.3 ตัวอย่างถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารสำหรับทดสอบ (Samples) จำนวน 11 ยี่ห้อ

- 3.3.1 ถุงมือยางไนไตรล์ชนิดหนา แบบไร้แป้ง สีน้ำเงิน ยี่ห้อ A (แหล่งที่มา: ระยอง)
- 3.3.2 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดหนา แบบไร้แป้ง สีน้ำเงิน ยี่ห้อ B (แหล่งที่มา: กรุงเทพฯ)
- 3.3.3 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดหนา แบบไร้แป้ง สีขาวอมเหลือง ยี่ห้อ C (แหล่งที่มา: กรุงเทพฯ)
- 3.3.4 ถุงมือยางไนไตรล์ชนิดหนาแบบไร้แป้ง สีเขียวยี่ห้อ D (แหล่งที่มา: ระยอง)
- 3.3.5 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดหนา แบบไร้แป้ง สีส้ม ยี่ห้อ E (แหล่งที่มา: กรุงเทพฯ)
- 3.3.6 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีขาวอมเหลือง ยี่ห้อ F (แหล่งที่มา: ชลบุรี)
- 3.3.7 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีเขียวอ่อน ยี่ห้อ G (แหล่งที่มา: ชลบุรี)
- 3.3.8 ถุงมือยางธรรมชาติชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีขาวอมเหลือง ยี่ห้อ H (แหล่งที่มา: ชลบุรี)
- 3.3.9 ถุงมือยางไนไตรล์ชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีม่วง ยี่ห้อ I (แหล่งที่มา: ชลบุรี)
- 3.3.10 ถุงมือยางไนไตรล์ชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีน้ำเงิน ยี่ห้อ J (แหล่งที่มา: กรุงเทพฯ)
- 3.3.11 ถุงมือยางไนไตรล์ชนิดบาง แบบไร้แป้ง สีฟ้า ยี่ห้อ K (แหล่งที่มา: กรุงเทพฯ)

### 3.4 การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการทดลองประกอบด้วย การทดลอง 3 ขั้นตอน คือ

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างชิ้นถุงมือยางเพื่อทดลองหาปริมาณ overall migration และสารตกค้างในถุงมือยางสัมผัสอาหาร

3.4.2 การหาปริมาณ overall migration ในถุงมือยางสัมผัสอาหาร จากการศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิในการสัมผัส ระยะเวลาในการสัมผัส ชนิดของถุงมือยางสัมผัสอาหาร และ ตัวแทนของอาหาร โดยใช้วิธีมาตรฐาน EN 1186-3 ในการวิเคราะห์หาปริมาณ overall migration

3.4.3 การหาปริมาณสารตกค้าง Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC), Mercaptobenzothiazole (MBT) และ Diphenyl guanidine (DPG) ในตัวแทนอาหาร โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง High pressure liquid chromatography (HPLC) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5297

#### 3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง (Preparation of test sample)

##### 3.4.1.1 ผลิตภัณฑ์ถุงมือยางที่ทำการศึกษามี 2 ชนิด คือ

- ถุงมือยางธรรมชาติชนิดบาง (examination glove) และถุงมือชนิดหนาสำหรับสัมผัสอาหาร (household glove)

- ถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์ชนิดบาง (examination glove) และถุงมือชนิดหนาสำหรับสัมผัสอาหาร (household glove)

3.4.1.2 การเตรียมถุงมือตัวอย่างจะตัดตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆบริเวณฝ่ามือให้มีพื้นที่ขนาดและรูปร่างที่สมมาตร พื้นที่ผิวที่ต้องการ โดยมีพื้นที่  $1.0 \text{ dm}^2$  วัดละเอียดถึง  $0.01 \text{ dm}^2$  ซึ่งในความเป็นจริงการตัดส่วนของถุงมือก็ได้ เนื่องจากขั้นตอนการผลิตถุงมือจะต้องผสมสารเคมีต่างที่ใช้ในการขึ้นรูปให้มีความเป็นเนื้อ เดียวกันจึงนำไปใช้ในการขึ้นรูป (สถาบันพลาสติก, 2557)



รูปที่ 3.1 ส่วนของถุงมือที่นำมาใช้ในการทดลอง (สุวภา ชำนาญการ, 2556)

3.4.1.3. ตัดชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ overall migration (immersion) ใน food simulants โดยตัดเป็นชิ้นตัวอย่างขนาด  $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$  จำนวน 8 ชิ้น/ตัวอย่าง

3.4.1.4. ตัดชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบหาปริมาณสารก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG ในตัวแทนของอาหารประเภทกรด (3% acetic acid) ที่สัมผัสสูงมือ โดยตัดเป็นชิ้นตัวอย่างขนาดพื้นที่เท่ากับ  $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$  หนัก 2 กรัม/ตัวอย่าง

### 3.4.2. ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณ overall migration ในถุงมือยางสัมผัสอาหาร

#### 3.4.2.1 การวิเคราะห์ overall migration โดยวิธี Total immersion (refer EN 1186-3) ดังนี้

3.4.2.1.1. ใส่ food simulant ลงในขวดแก้วปากกว้าง จำนวน 5 ใบ แต่ละใบปริมาตร  $100 \pm 2$  มิลลิลิตร ปิดฝานำขวดแก้วปากกว้าง ไปวางในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ทดลองคือ  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  และ  $55 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  เมื่อได้ระดับอุณหภูมิตามที่ต้องการแล้ว ใส่ชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้แต่ละใบจำนวน 2 ใบ ส่วนขวดปากกว้างที่เหลืออีก 2 ใบ ใช้เป็น blank

3.4.2.1.2. ใช้แท่งแก้วกดชิ้นทดสอบทุกชิ้นให้จมในสารละลาย food simulant ที่ทดลองแต่ละชนิดทุกขั้นตอนควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่

3.4.2.1.3. นำขวดปากกว้างที่ใส่ชิ้นทดสอบจากข้อ 3.4.1.3 ทำปิดฝา นำไปวางในอ่างน้ำร้อน (steam bath) จำนวน 3 ขวดและ blank จำนวน 2 ขวดต่อชุดการทดลอง เมื่ออุณหภูมิของ food simulant ถึงระดับที่ ทดสอบคือ  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  และ  $55 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  นาน 10, 60 และ 120 นาที ในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อครบตามกำหนดระยะเวลาที่ทดลอง ให้นำขวดปากกว้างออกมา ยกชิ้นทดสอบทั้งหมดที่ใส่ในขวดปากกว้างขึ้นแล้วปล่อยให้สารละลายที่ติดค้างอยู่ไหลลงสู่ขวดปากกว้างจนหมด ตรวจสอบระดับของสารละลายที่เหลือต้องไม่ต่ำกว่าเดิม 10 มิลลิเมตร (กรณีที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนี้ต้องทำการทดสอบใหม่ตั้งแต่ต้น โดยใช้ตัวอย่างชุดใหม่)

#### 3.4.2.1.4. การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างที่เหลือจากการระเหย

3.4.2.1.4.1 การเตรียมถ้วยระเหยอบถ้วยระเหยที่ล้างสะอาดแล้วในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ  $105 - 110 \text{ }^\circ\text{C}$  เป็นเวลา  $30 \pm 5$  นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 15 นาที ชั่งน้ำหนักและบันทึกจนกว่าจะได้น้ำหนักถ้วยคงที่ (มีค่าความแตกต่างของน้ำหนักที่ได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม) ห้ามจับถ้วยระเหยที่อบแล้วด้วยมือเปล่าให้ใช้คีมคีบหรือสวมถุงมือที่สะอาด

3.4.2.1.4.2 เท food simulant ใส่ถ้วยระเหยครึ่งละประมาณ 50 มิลลิลิตร นำไประเหยในตู้อบร้อนอุณหภูมิ  $100 - 105 \text{ }^\circ\text{C}$  จนหมด ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 5 นาที ชั่งและบันทึกน้ำหนักที่ได้จนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ (มีค่าความแตกต่างของน้ำหนักที่ได้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม) เมื่อน้ำหนักของถ้วยระเหยคงที่แล้วให้ใช้น้ำหนักค่านี้น้อยกว่าในการคำนวณ

3.4.2.1.4.3. การคำนวณและการรายงานผล (Calculation and expression of results) โดยผลการทดสอบ migration แต่ละครั้งรายงานจากค่าเฉลี่ยในการทดสอบตัวอย่าง 3 ซ้ำ รายงานหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร ( $\text{mg}/\text{dm}^2$ )

$$\text{สารตกค้างที่เหลือจากการระเหย} (\text{mg}/\text{dm}^2) = \frac{(\text{Wa}-\text{Wb}) \times 1000}{\text{S}}$$

เมื่อ Wa = น้ำหนักที่เหลือของสารจากการระเหย test solution หลังจากหักน้ำหนักถ้วยระเหย (g)

Wb = น้ำหนักที่เหลือของสารจากการระเหย blank หลังจากหักน้ำหนักถ้วยระเหย (g)

S = พื้นที่ผิวของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ ( $\text{dm}^2$ )

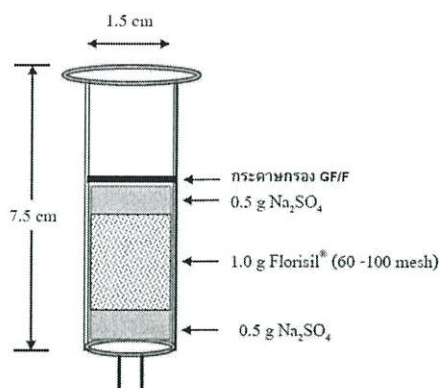
3.4.3. การวิเคราะห์ปริมาณสารสาร ZDEC, MBT และ DPG โดยนำไปวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (HPLC) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5297

3.4.3.1. นำชิ้นถุงมือในข้อ 3.4.1.4 จำนวน 2 กรัมทำการแช่ใน food simulant 3% acetic acid ที่อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  นาน 30 นาที แยกชิ้นถุงมือออกจาก food simulant โดยการกรอง รินส่วนที่เป็นของเหลวไปทำการระเหยจนเกือบแห้ง (เหลือประมาณ 2-3 มิลลิลิตร นำสารที่เหลือเติม acetone จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วมาทำการระเหยจนเหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำสารที่สกัดได้เก็บที่เก็บที่อุณหภูมิ  $4^\circ\text{C}$  จากนั้นนำไปขจัดสารปนเปื้อน (bergendorff, et al., 2006)

3.4.3.2. การขจัดสารปนเปื้อน โดยใช้เทคนิคตัวดูดซับของแข็ง (solid phase extraction, SPE)

3.4.3.2.1 การ pack column (สุวภา, 2556)

- ตัดกระดาษกรอง GF/F ขนาดรูเปิด 0.7 ไมโครเมตร ให้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกฉีดขนาดความจุ 5 มิลลิลิตร แล้วทำการรองไว้ที่ก้นหลอด
- ชั่งสาร sodium sulfate anhydrous หนัก 0.5 กรัมและใส่ลงในกระบอกฉีดที่ทำการรองด้วยกระดาษกรองไว้
- ชั่ง Florisil หนัก 1.5 กรัม และใส่ลงในกระบอกฉีดยา จากนั้นทำการชั่งสาร sodium sulfate anhydrous หนัก 0.5 กรัมและใส่ลงในกระบอกฉีดยา
- ทำการปิดรองชั้นคอลัมน์ด้วยกระดาษกรอง GF/F ขนาดรูเปิด 0.7 ไมโครเมตร ดังรูป



รูปที่ 3.2 การ pack column ที่ใช้ในการทดลอง  
ที่มา: ดัดแปลงจาก สุวภา ชำนาญการ, 2556

#### 3.4.3.2.2 การขจัดสารปนเปื้อนมีชั้นตอนดังต่อไปนี้

- ทำการปรับคอลัมน์ด้วยเฮกเซน จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์แล้วค่อยปล่อยทิ้งเมื่อระดับของเฮกเซนลดลงจนถึงผิวกระดาษกรองด้านบน ให้ทำการไหลคั่วอย่างที่ต้องการขจัดสารปนเปื้อน
- เมื่อระดับคั่วอย่างลดลงจนถึงผิวกระดาษกรองด้านบนให้เติมตัวชะสารอย่างที่คุณัดชั่งในคอลัมน์โดยเติม 90:10 (acetone: hexane) จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์แล้วค่อยๆปล่อยตัวชะลงในคอลัมน์เพื่อดึงเอาสารที่เกาะกับตัวดูดซับออกมา
- นำสารคั่วอย่างที่ได้ไปลดปริมาตรจนเกือบแห้ง แล้วทำการปรับปริมาตรเป็น 4 มิลลิลิตร ด้วย Acetonitrile HPLC grade
- กรองสารคั่วอย่างด้วย syringe nylon filter ขนาดรูเปิด 0.45 ไมโครเมตร ถ่ายใส่ vial แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

3.4.3.2.3 นำตัวอย่างที่ขจัดสารปนเปื้อนแล้ว มาฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยใช้ ตัวตรวจวัดที่ใช้ UV detector ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5297

3.4.3.2.4 นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

### 3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) และนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟแผนภูมิวิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสารจากถุงมือยางชนิดต่างๆ ทางสถิติแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว one-way analysis of variance (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทีรทเมนต์แบบเป็นกลุ่มโดยวิธีของคันแคน Duncan's multiple range test (DMRT) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science/personal computer (SPSS).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญตาเห็นไปเซบระโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

อันตรายจากการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในถุงมือยางมีโอกาสเกิดขึ้นมาจากการสัมผัสกับอาหาร โดยจากข้อกำหนดของวัสดุสัมผัสอาหารชนิดที่ทำจากยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์มีการกำหนดให้ใช้ตัวแทนของอาหารสำหรับทดสอบการเคลื่อนย้ายออกของสารเคมีในถุงมือยาง ดังนี้ น้ำกลั่น , เอทานอล 10% และกรดอะซิติก 3% โดยในการวิจัยได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายออกของสารเคมีในตัวแทนของอาหารทั้ง 3 ชนิดจากผลิตภัณฑ์ถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่าง ทั้งชนิดที่ทำจากยางธรรมชาติ และทำจากยางสังเคราะห์ในไตรลที่ใส่สัมผัสอาหาร

### 4.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ในตัวแทนอาหาร 3 ประเภท

4.1.1 ผลของระยะเวลาที่ใช้สัมผัสและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่น

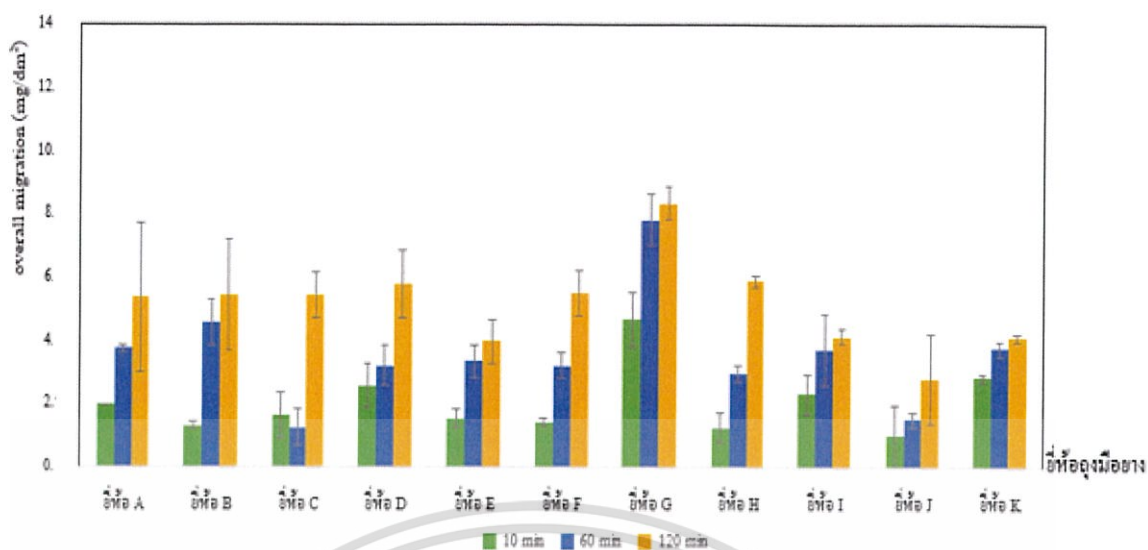
เมื่อนำชิ้นส่วนถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างมาแช่ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่น เป็นระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ระยะเวลา 120 นาที มีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration มากกว่าที่ระยะเวลา 60 นาทีและ 10 นาที ตามลำดับ และปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 55 °C และ 40 °C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ 55 °C มีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 40 °C ดังตารางที่ 4.1

ซึ่งจากตารางที่ 4.1, รูปที่ 4.1และรูปที่ 4.2 พบว่าถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารทั้ง 11 ตัวอย่าง ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C ที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที มีค่า overall migration ต่ำกว่า 10 mg/dm<sup>2</sup> ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับวัสดุสัมผัสอาหารประเภทยาง

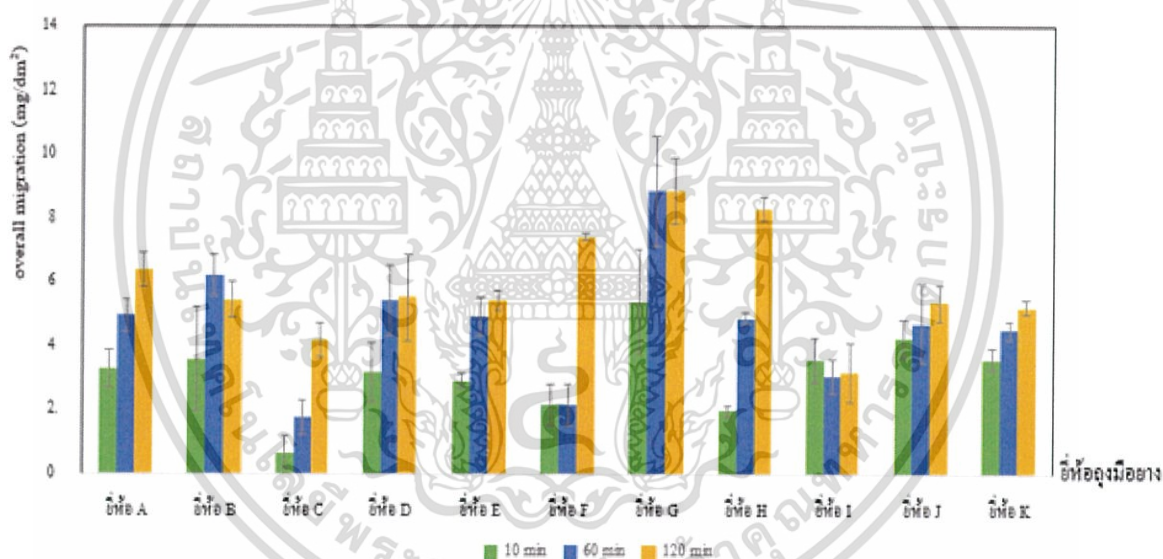
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาทีในน้ำกลั่น

ตัวอย่างถุงมือ	ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในน้ำกลั่น (overall migration) mg/dm <sup>2</sup>					
	Mean ± SD					
	40 °C			55 °C		
	10 นาที	60 นาที	120 นาที	10 นาที	60 นาที	120 นาที
ถุงมือยาง ยี่ห้อ A	2.00 ± 0.00	3.77 ± 0.12	5.40 ± 2.36	3.30 ± 0.60	4.97 ± 0.50	6.40 ± 0.53
ถุงมือยาง ยี่ห้อ B	1.33 ± 0.12	4.60 ± 0.72	5.47 ± 1.77	3.60 ± 1.64	6.23 ± 0.64	5.47 ± 0.58
ถุงมือยาง ยี่ห้อ C	1.67 ± 0.70	1.27 ± 0.58	5.47 ± 0.70	2.00 ± 0.00	2.00 ± 0.00	4.20 ± 0.53
ถุงมือยาง ยี่ห้อ D	2.60 ± 0.69	3.23 ± 0.64	5.80 ± 1.06	3.20 ± 0.92	5.43 ± 1.10	5.53 ± 1.33
ถุงมือยาง ยี่ห้อ E	1.57 ± 0.31	3.37 ± 0.50	4.00 ± 0.69	2.93 ± 0.23	4.93 ± 0.61	5.43 ± 0.31
ถุงมือยาง ยี่ห้อ F	1.43 ± 0.11	3.23 ± 0.42	5.50 ± 0.72	2.17 ± 0.64	4.90 ± 1.04	7.43 ± 0.11
ถุงมือยาง ยี่ห้อ G	4.70 ± 0.87	7.83 ± 0.81	8.37 ± 0.50	5.40 ± 1.64	8.87 ± 1.70	8.90 ± 1.04
ถุงมือยาง ยี่ห้อ H	1.27 ± 0.46	3.00 ± 0.27	5.90 ± 0.17	2.00 ± 0.17	4.9 ± 0.17	8.30 ± 0.36
ถุงมือยาง ยี่ห้อ I	2.33 ± 0.64	3.73 ± 1.10	4.17 ± 0.23	3.69 ± 0.69	3.10 ± 0.53	3.20 ± 0.92
ถุงมือยาง ยี่ห้อ J	1.00 ± 0.95	1.53 ± 0.23	2.80 ± 1.40	4.27 ± 0.61	4.73 ± 1.22	5.37 ± 0.58
ถุงมือยาง ยี่ห้อ K	2.87 ± 0.12	3.77 ± 0.25	4.13 ± 0.11	3.60 ± 0.35	4.53 ± 0.29	5.23 ± 0.23

R Squared = .574 (Adjusted R Squared = 0.540)



รูปที่ 4.1 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.2 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

4.1.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้สัมผัสและอุณหภูมิต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหารประเภทเอทานอล 10%

เมื่อนำชิ้นส่วนถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างมาแช่ในตัวแทนอาหารประเภท เอทานอล 10% เป็นระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ระยะเวลา 120 นาทีมีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร overall migration มากกว่าที่ระยะเวลา 60 นาทีและมากกว่า 10 นาทีตามลำดับและปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 55 °C และ 40 °C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ 55 °C มีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 40 °C ดังตารางที่ 4.2

ซึ่งจากตารางที่ 4.2 , รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่าดูมียังมีไอโซเมอร์ที่ 11 ตัวอย่างในตัวแทนอาหารประเภทเอทานอล 10% ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C ที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที มีค่า overall migration ต่ำกว่า 10 mg/dm<sup>2</sup> ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับวัสดุสัมผัสอาหารประเภทยาง

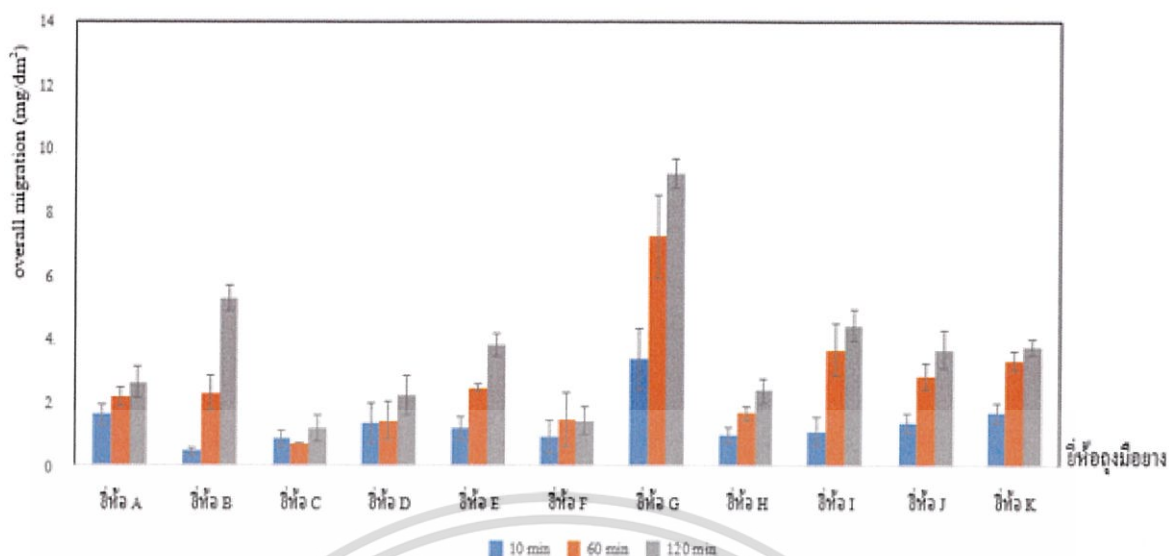


ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาทีในเอทานอล 10%

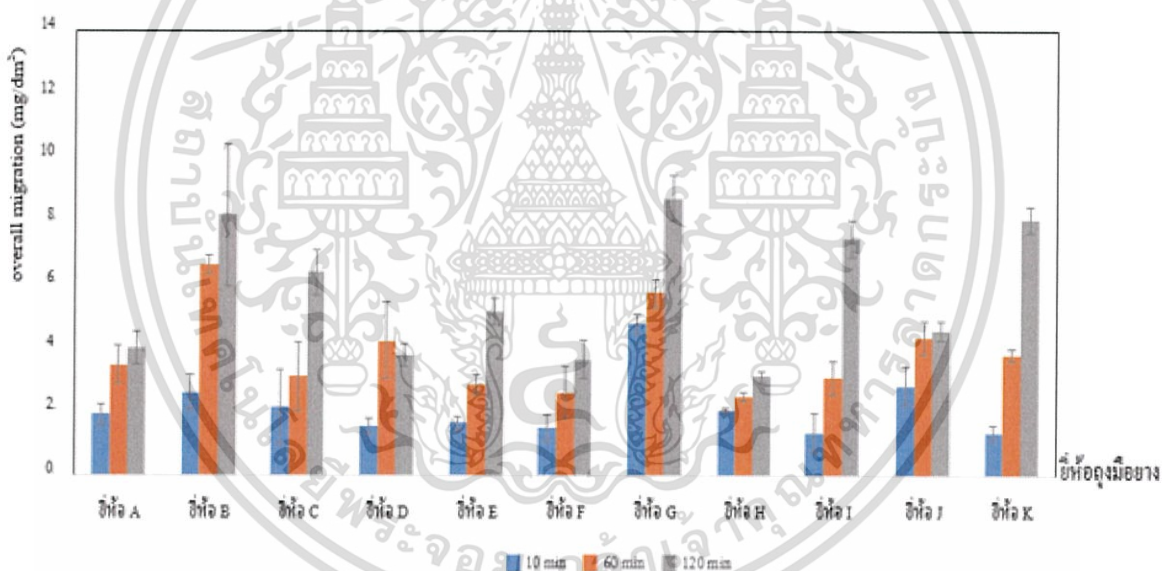
ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในเอทานอล 10% (overall migration) mg/dm<sup>2</sup>

ตัวอย่างถุงมือ	Mean ± SD					
	40 °C			55 °C		
	10 นาที	60 นาที	120 นาที	10 นาที	60 นาที	120 นาที
ถุงมือยาง ยี่ห้อ A	1.60 ± 0.35	2.17 ± 0.31	2.63 ± 0.50	1.90 ± 0.35	3.47 ± 0.61	4.00 ± 0.53
ถุงมือยาง ยี่ห้อ B	0.47 ± 0.12	2.30 ± 0.53	5.30 ± 0.40	2.60 ± 0.53	6.63 ± 0.31	8.20 ± 2.25
ถุงมือยาง ยี่ห้อ C	0.87 ± 0.23	0.70 ± 0.00	1.20 ± 0.40	2.13 ± 1.17	3.10 ± 1.11	6.40 ± 0.72
ถุงมือยาง ยี่ห้อ D	1.43 ± 0.58	1.43 ± 0.61	2.23 ± 0.61	1.53 ± 0.23	4.23 ± 1.21	3.80 ± 0.35
ถุงมือยาง ยี่ห้อ E	1.20 ± 0.35	2.47 ± 0.11	3.80 ± 0.35	1.63 ± 0.23	2.87 ± 0.31	5.13 ± 0.42
ถุงมือยาง ยี่ห้อ F	0.90 ± 0.53	1.47 ± 0.83	1.43 ± 0.42	1.47 ± 0.42	2.60 ± 0.80	3.63 ± 0.61
ถุงมือยาง ยี่ห้อ G	3.37 ± 0.95	7.23 ± 1.30	9.23 ± 0.47	4.77 ± 0.31	5.73 ± 0.42	8.73 ± 0.70
ถุงมือยาง ยี่ห้อ H	0.97 ± 0.23	1.67 ± 0.23	2.37 ± 0.40	2.03 ± 0.06	2.63 ± 0.25	3.10 ± 0.17
ถุงมือยาง ยี่ห้อ I	1.10 ± 0.44	3.67 ± 0.83	4.43 ± 0.50	1.33 ± 0.61	3.07 ± 0.50	7.43 ± 0.58
ถุงมือยาง ยี่ห้อ J	1.30 ± 0.31	2.83 ± 0.42	3.67 ± 0.61	2.80 ± 0.60	4.33 ± 0.50	4.57 ± 0.31
ถุงมือยาง ยี่ห้อ K	1.67 ± 0.31	3.33 ± 0.31	3.77 ± 0.23	1.33 ± 0.23	3.80 ± 0.20	8.07 ± 0.40

R Squared = .427 (Adjusted R Squared = 0.380)



รูปที่ 4.3 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% จากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.4 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% จากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

4.1.3 ผลของระยะเวลาที่ใช้สัมผัสและอุณหภูมิต่อการเคลื่อนย้ายออกของสารเคมี overall migration ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซีติก 3%

เมื่อนำชิ้นส่วนถูงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างมาแช่ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซีติก 3% เป็นระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ระยะเวลา 120 นาที มีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของเอทธานอลเป็นเอทธานอลที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร overall migration มากกว่าที่ระยะเวลา 60 นาทีและ 10 นาที ตามลำดับ และปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C พบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่อุณหภูมิ 55 °C และ 40 °C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ 55 °C มีปริมาณมากกว่าที่อุณหภูมิ 40 °C ดังตารางที่ 4.3 (มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยของอุณหภูมิและระยะเวลาในการสัมผัส)

ซึ่งจากตารางที่ 4.3 , รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 พบว่าถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร 11 ตัวอย่าง ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซิติก 3% ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ระยะเวลา 10 นาที มีค่า overall migration ต่ำกว่า 50 mg/dm<sup>2</sup> ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับวัสดุสัมผัสอาหารประเภทยาง และพบว่าถุงมือยางจำนวน 6 ตัวอย่าง (ยี่ห้อ B, C, E, F, G และยี่ห้อ H) ที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C และ 50 °C ระยะเวลา ที่ 60 และ 120 นาที มีค่า overall migration มากกว่า 50 mg/dm<sup>2</sup> ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) ซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ ดังนั้นการใช้ถุงมือยางสัมผัสอาหารจำนวน 6 ตัวอย่าง (ยี่ห้อ B, C, E, F, G และยี่ห้อ H) ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซิติก 3% ไม่ควรใช้ในระยเวลานานแบบต่อเนื่อง



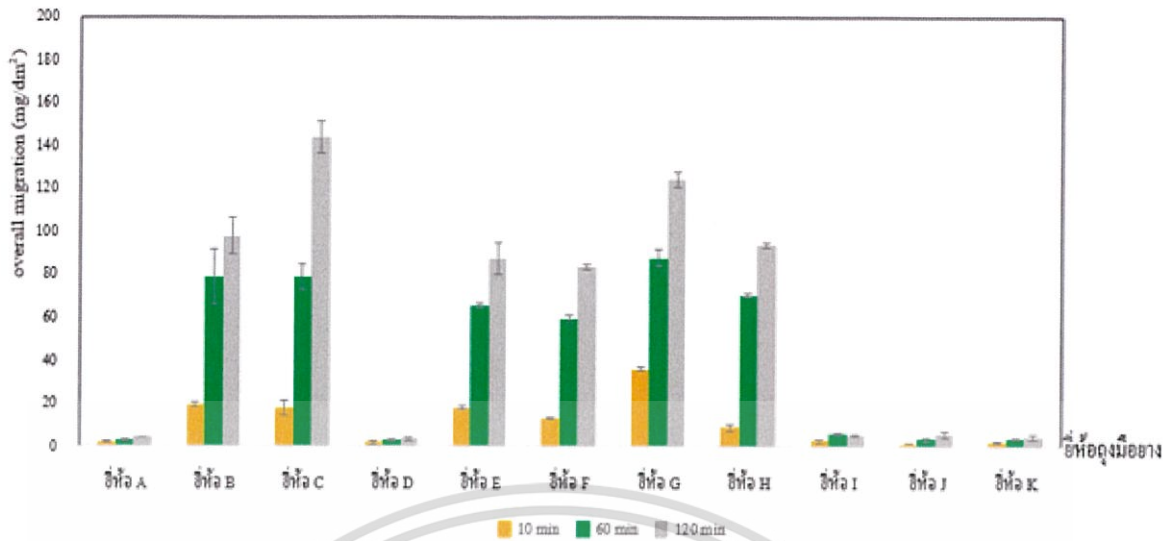
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาทีในกรดอะซิติก 3%.

ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในกรดอะซิติก 3% (overall migration) mg/dm<sup>2</sup>

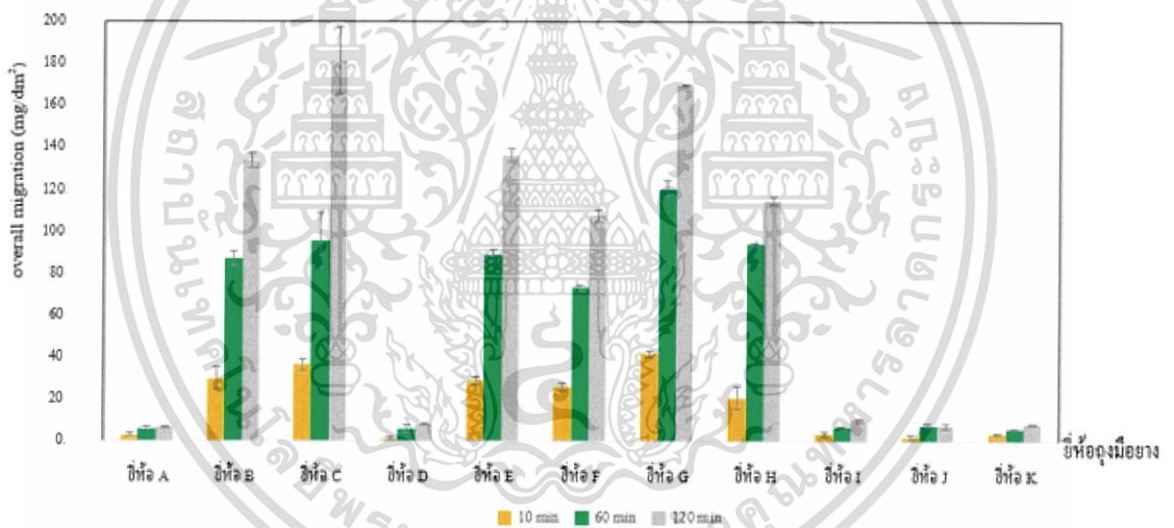
Mean ± SD

ตัวอย่างถุงมือ	40 °C			55 °C		
	10 นาที	60 นาที	120 นาที	10 นาที	60 นาที	120 นาที
ถุงมือยาง ยี่ห้อ A	2.33 ± 0.11	2.83 ± 0.23	4.23 ± 0.31	3.00 ± 0.72	6.03 ± 0.81	6.73 ± 0.30
ถุงมือยาง ยี่ห้อ B	19.53 ± 1.42	71.60 ± 5.37	97.87 ± 8.61	29.83 ± 5.22	87.13 ± 3.49	133.73 ± 3.49
ถุงมือยาง ยี่ห้อ C	17.70 ± 3.34	78.90 ± 5.61	143.87 ± 7.51	36.27 ± 2.86	95.57 ± 12.97	181.33 ± 15.93
ถุงมือยาง ยี่ห้อ D	1.97 ± 0.70	3.13 ± 0.31	3.73 ± 0.83	1.57 ± 0.99	5.90 ± 1.78	7.90 ± 0.60
ถุงมือยาง ยี่ห้อ E	18.17 ± 0.99	65.47 ± 1.10	87.90 ± 7.40	28.73 ± 1.75	88.17 ± 2.72	136.17 ± 2.77
ถุงมือยาง ยี่ห้อ F	13.20 ± 0.60	59.73 ± 1.51	83.67 ± 1.33	25.73 ± 1.68	73.03 ± 1.50	107.30 ± 2.96
ถุงมือยาง ยี่ห้อ G	36.03 ± 0.81	87.97 ± 3.69	124.33 ± 3.43	41.40 ± 1.59	120.10 ± 3.86	169.67 ± 0.23
ถุงมือยาง ยี่ห้อ H	9.23 ± 1.55	70.73 ± 1.14	93.70 ± 1.39	17.23 ± 0.81	93.53 ± 0.76	114.40 ± 2.08
ถุงมือยาง ยี่ห้อ I	2.63 ± 0.42	6.27 ± 0.46	5.37 ± 0.58	3.57 ± 1.17	6.17 ± 0.61	10.20 ± 0.80
ถุงมือยาง ยี่ห้อ J	1.80 ± 0.20	3.43 ± 0.46	5.83 ± 1.40	2.00 ± 0.87	7.63 ± 0.70	7.40 ± 1.31
ถุงมือยาง ยี่ห้อ K	2.20 ± 0.53	3.87 ± 0.23	4.53 ± 1.17	3.10 ± 0.40	5.57 ± 0.46	8.13 ± 0.42

R Squared = .937 (Adjusted R Squared = .932)



รูปที่ 4.5 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ในกรดอะซีติก 3% จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.6 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ในกรดอะซีติก 3% จากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

จากการศึกษาปัจจัยของระยะเวลาในการสัมผัสและอุณหภูมิที่สัมผัสมีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ของถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำกลั่น, เอทานอล 10% และกรดอะซีติก 3% จากตัวอย่างถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างพบว่า ระยะเวลาในการสัมผัสและอุณหภูมิที่ใช้ในการสัมผัสมีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration โดยระยะเวลาการสัมผัสที่ 120 นาที มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารมากกว่าที่ระยะเวลา 60 และ 10 นาที ตามลำดับและพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

migration ที่ระดับอุณหภูมิ 55 °C มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารมากกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C

## 4.2 ศึกษาปัจจัยของความหนาของถุงมือยางและชนิดของถุงมือยางกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหาร

4.2.1. ผลของความหนาของถุงมือยางและชนิดของถุงมือยางต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่น

เมื่อนำชิ้นส่วนถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างซึ่งแบ่งเป็นชนิดของถุงมือยางแบบต่างๆกันได้ 4 ประเภทดังนี้ คือถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนามาแช่ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่น ซึ่งพบว่าในถุงมือยางทั้ง 4 ประเภทมีการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางที่ 4.4 และลักษณะของสารที่เคลื่อนย้ายออกจากถุงมือยางทั้ง 4 ประเภท เป็นคราบตะกอนชั้นเล็กสีขาวที่มีปริมาณน้อยและไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดถุงมือยางที่นำมาทดสอบ ดังรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10



(a)

(b)

รูปที่ 4.7 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบบางในน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)

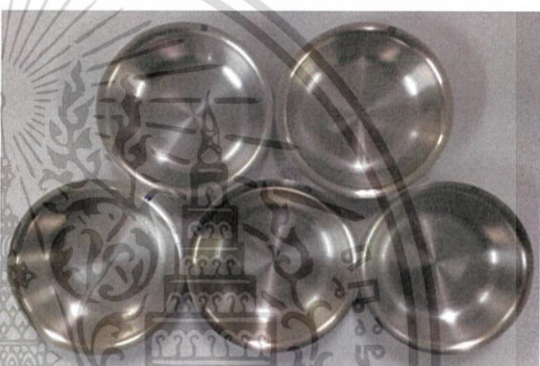


(b)

รูปที่ 4.8 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาในน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)



(b)

รูปที่ 4.9 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรด์สังเคราะห์แบบบางในน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)



(b)

รูปที่ 4.10 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรด์สังเคราะห์แบบหนาในน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

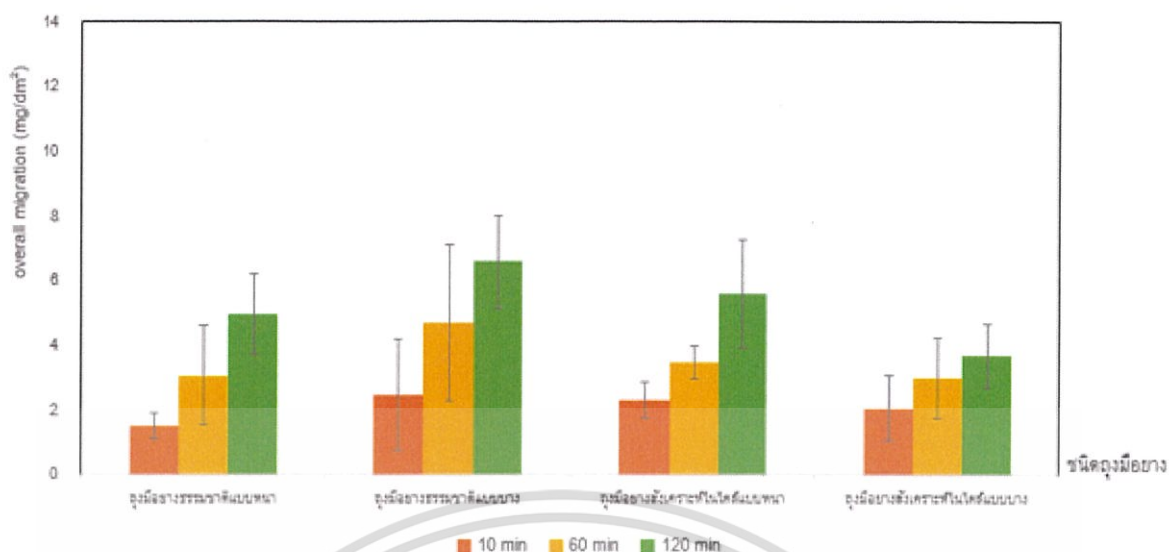
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10 ,60 และ 120 นาที

ชนิดของถุงมือ	อุณหภูมิ °C	ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในน้ำกลั่น (overall migration ;mg/dm <sup>2</sup> )		
		Mean ± SD		
		10 min.	60 min.	120 min.
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	40 °C	1.52 ± 0.41 <sup>a</sup>	3.08 ± 1.55 <sup>a</sup>	4.98 ± 1.24 <sup>a</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		2.47 ± 1.75 <sup>c</sup>	4.69 ± 2.41 <sup>c</sup>	6.59 ± 1.42 <sup>c</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		2.30 ± 0.55 <sup>b</sup>	3.50 ± 0.51 <sup>b</sup>	5.60 ± 1.65 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		2.07 ± 1.01 <sup>a</sup>	3.01 ± 1.25 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.98 <sup>a</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	55 °C	2.40 ± 1.59 <sup>a</sup>	4.32 ± 2.04 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.75 <sup>a</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		3.19 ± 1.88 <sup>c</sup>	6.22 ± 2.22 <sup>c</sup>	8.21 ± 0.84 <sup>c</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		3.25 ± 0.69 <sup>b</sup>	5.20 ± 0.81 <sup>b</sup>	5.97 ± 1.02 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		3.82 ± 0.60 <sup>a</sup>	4.12 ± 1.03	4.60 ± 1.19 <sup>a</sup>

R Squared = .607 (Adjusted R Squared = .557)

หมายเหตุ: a, b, c มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ( $p \leq 0.05$ )

โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี DMRT พบว่าถุงมือยางมีการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration แตกต่างกัน 3 กลุ่มตามประเภทถุงมือยาง ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 โดยถุงมือยางธรรมชาติแบบบางและถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนาปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration น้อยกว่า ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา และถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง โดยมีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยความหนาของถุงมือยาง, ชนิดของถุงมือยางและระยะเวลาในการสัมผัส



รูปที่ 4.11 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นตามชนิดถุงมือยางที่ใช้ สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 4.12 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในน้ำกลั่นตามชนิดถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

4.2.2 ผลของความหนาของถุงมือยางและชนิดของถุงมือยางต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหารเอทานอล 10%

เมื่อนำชิ้นส่วนถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างซึ่งแบ่งเป็นชนิดของถุงมือยางแบบต่างๆกัน ได้ 4 ประเภทดังนี้คือ ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา ถุงมือยางสังเคราะห์ไนโตรเจนแบบบาง ถุงมือยางสังเคราะห์ไนโตรเจนแบบหนา มาแช่ในตัวแทนอาหารเอทานอล 10% ซึ่งพบว่าในถุงมือยางทั้ง 4 ประเภท มีการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ดังตารางที่ 4.5 และลักษณะของสารที่เคลื่อนย้ายออกจากถุงมือยางทั้ง 4

เอกลักษณะเป็นอนุสารที่กลั่นในสีที่ต่างกันเพื่อใช้ในการศึกษา เติมน้ำมันที่เห็นเป็นเบียร์ที่เห็นในการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท เป็นคราบตะกอนชั้นเล็กสีขาวที่มีปริมาณน้อยและไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดดูม  
มื่ออย่างที่นำมาทดสอบ ดังรูปที่ 4.13, 4.14, 4.15 และ 4.16

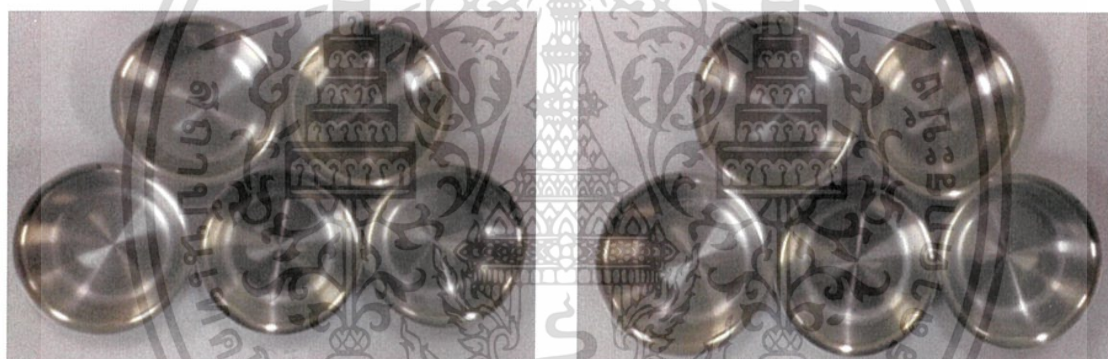


(a)



(b)

รูปที่ 4.13 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบบางในเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ  
40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)



(b)

รูปที่ 4.14 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาในเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ  
40 °C (a) และ 55 °C (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

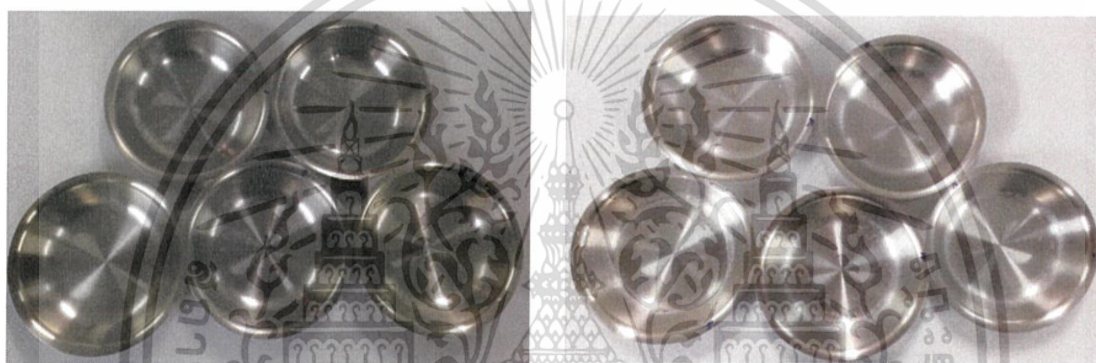


(a)



(b)

รูปที่ 4.15 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)

(b)

รูปที่ 4.16 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบหนาในเอทานอล 10% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

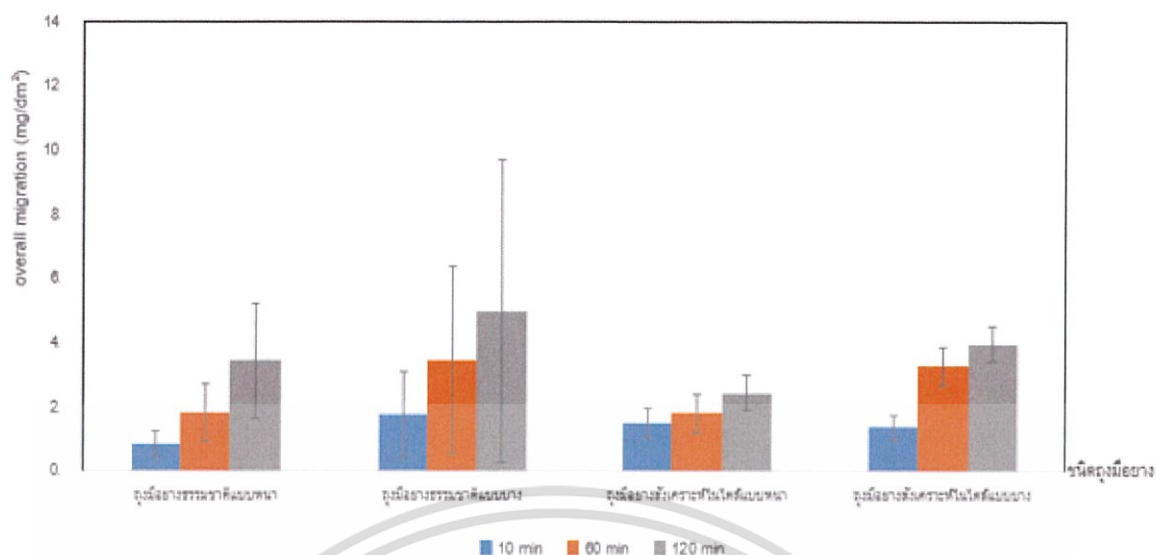
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภทเอทานอล 10% ที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที

ชนิดของถุงมือ	อุณหภูมิ °C	ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารในเอทานอล 10% (overall migration ;mg/dm <sup>2</sup> )		
		Mean ± SD		
		10 min.	60 min.	120 min.
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	40 °C	0.84± 0.38 <sup>ab</sup>	1.82 ± 0.89 <sup>ab</sup>	3.43 ± 1.83 <sup>ab</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		1.74 ± 0.33 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.23 <sup>b</sup>	4.98 ± 1.70 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		1.52 ± 0.44 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.59 <sup>a</sup>	2.43 ± 0.55 <sup>a</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		1.37 ± 0.39 <sup>b</sup>	3.28 ± 0.61 <sup>b</sup>	3.96 ± 0.55 <sup>b</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	55 °C	2.12±0.78 <sup>ab</sup>	4.20±1.92 <sup>ab</sup>	6.58 ± 1.80 <sup>ab</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		2.75 ± 1.55 <sup>b</sup>	3.66 ± 1.63 <sup>b</sup>	5.16 ± 2.73 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		1.72 ± 0.33 <sup>a</sup>	3.85 ± 0.95 <sup>a</sup>	3.90 ± 0.41 <sup>a</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		1.82 ± 0.86 <sup>b</sup>	3.73 ± 0.66 <sup>b</sup>	6.69 ± 1.66 <sup>b</sup>

R Squared = .473 (Adjusted R Squared = .423)

หมายเหตุ: a, b มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ( $p \leq 0.05$ )

โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี DMRT พบว่าถุงมือยางมีการเคลื่อนย้ายของสาร (overall migration) แตกต่างกัน 2 กลุ่มตามประเภทถุงมือยาง ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 โดยถุงมือยางธรรมชาติแบบบางและถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบางมีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) มากกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา, ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนามีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ไม่แตกต่างกับถุงมือยางทั้ง 2 กลุ่มระหว่างถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนากับถุงมือยางธรรมชาติและถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง โดยมีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยความหนาของถุงมือยาง, ชนิดของถุงมือยางและระยะเวลาในการสัมผัส



รูปที่ 4.17 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% ตามชนิดถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C

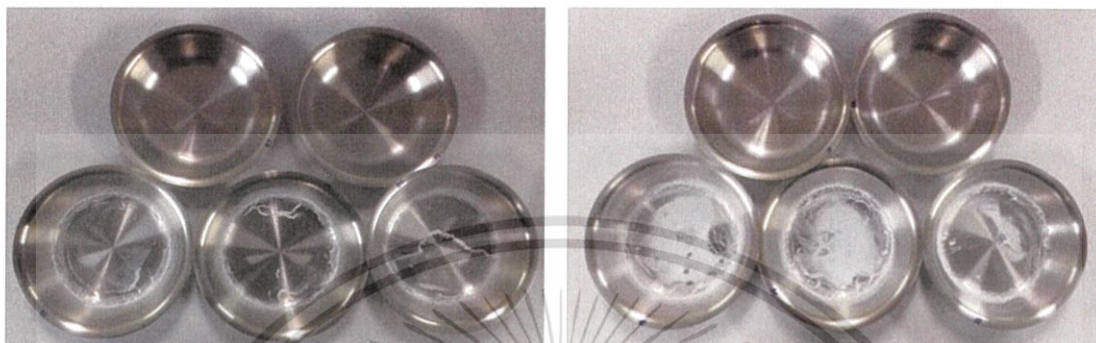


รูปที่ 4.18 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในเอทานอล 10% ตามชนิดถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

4.2.3 ผลของความหนาของถุงมือยางและชนิดของถุงมือยางต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในตัวแทนอาหารกรดอะซิติก 3%

เมื่อนำชิ้นส่วนถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างซึ่งแบ่งเป็นชนิดของถุงมือยางแบบต่างๆกันได้ 4 ประเภท ดังนี้ คือถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา มาแช่ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซิติก 3% ซึ่งพบว่าในถุงมือยางทั้ง 4 ประเภทมีการเคลื่อนย้ายของสาร (overall migration) แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา มีค่าการเคลื่อนย้ายออกของสารสูงที่สุด รองลงมาคือถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา และถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง และถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง มีค่าการเคลื่อนย้ายออกของสารต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา มีค่าการเคลื่อนย้ายออกของสารสูงกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ทั้งที่ถุงมือยางทั้งสองชนิดนี้มีความหนาเท่ากัน ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำถุงมือยางทั้งสองชนิดนี้ขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางที่ 4.6 และลักษณะของสารที่เคลื่อนย้ายออกจากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาและแบบบางเป็นตะกอนสีขาว ดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 ส่วนในถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนาและแบบบาง เป็นคราบตะกอนสีขาวที่มีปริมาณน้อยกว่าสารที่เคลื่อนย้ายจากถุงมือยางธรรมชาติทั้งสองชนิด ดังรูปที่ 4.21 และ 4.22



(a)

(b)

รูปที่ 4.19 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบบางในกรดอะซิติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



(a)

(b)

รูปที่ 4.20 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาในกรดอะซิติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบบางในกรดอะซิติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)



รูปที่ 4.22 ลักษณะ overall migration จากถุงมือยางไนไตรล์สังเคราะห์แบบหนาในกรดอะซิติก 3% ที่อุณหภูมิ 40 °C (a) และ 55 °C (b)

โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยวิธี DMRT พบว่าถุงมือยางมีการเคลื่อนย้ายของสาร (overall migration) แตกต่างกัน 2 กลุ่มตามประเภทถุงมือยาง ดังรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24 โดยถุงมือยางธรรมชาติแบบบางและแบบหนามีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration มากกว่าถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบางและแบบหนา และมีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยความหนาของถุงมือยาง, ชนิดของถุงมือยางและระยะเวลาในการสัมผัส ซึ่งจากลักษณะของคราบตะกอนที่แตกต่างกันระหว่างถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาและบางกับถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนาและบาง โดยพบคราบตะกอนสีขาวจำนวนมากในถุงมือยางธรรมชาติแบบหนาและบาง คาดว่าอาจมาจากแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) ที่เป็นสารเคมีที่นิยมเติมลงในถุงมือยางธรรมชาติในปริมาณมากกว่าที่ใช้เติมลงในถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์ โดยสารเคมีแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) ที่เติมลงไปในการผลิตถุงมือยางธรรมชาติเพื่อลดต้นทุนการผลิต

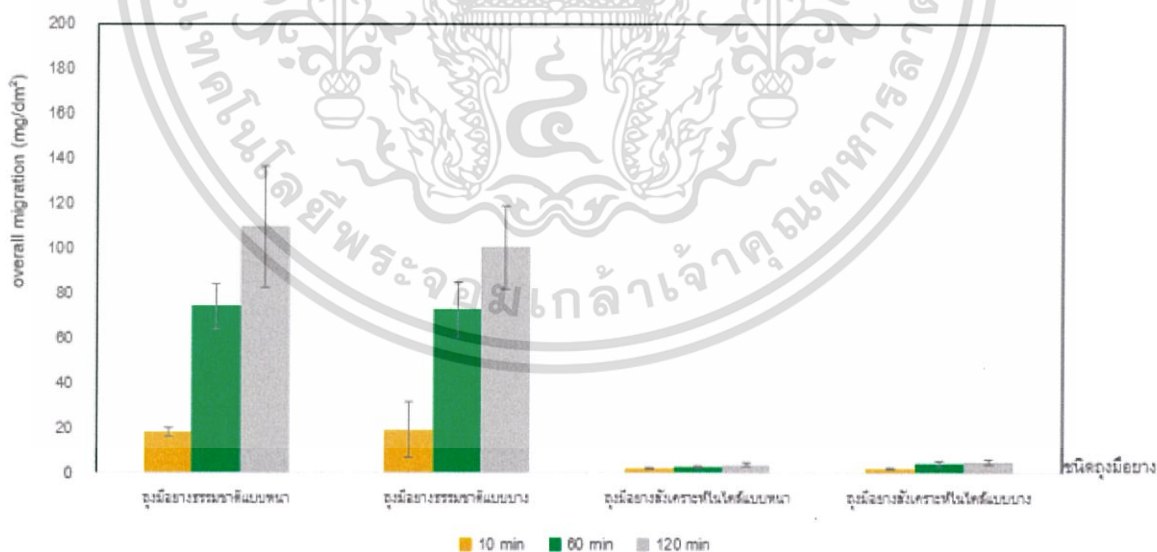
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) จากถุงมือยางแต่ละชนิดที่ใช้สัมผัสอาหารที่อุณหภูมิ 40 °C และ 55 °C ในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซิติก 3% ที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที

ชนิดของถุงมือ	อุณหภูมิ °C	ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร ในกรดอะซิติก 3% (overall migration ;mg/dm <sup>2</sup> )		
		Mean ± SD		
		10 min.	60 min.	120 min.
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	40 °C	18.47± 2.05 <sup>a</sup>	74.39± 9.77 <sup>a</sup>	103.33± 36.69 <sup>a</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		19.49± 2.56 <sup>a</sup>	72.81± 12.50 <sup>a</sup>	100.57± 18.45 <sup>a</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		2.15 ± 0.49 <sup>b</sup>	2.98 ± 0.92 <sup>b</sup>	3.98 ± 0.62 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		2.21 ± 0.50 <sup>b</sup>	4.52 ± 1.37 <sup>b</sup>	5.24 ± 1.12 <sup>b</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบหนา	55 °C	37.16± 8.23 <sup>a</sup>	95.69± 15.85 <sup>a</sup>	150.41± 24.65 <sup>a</sup>
ถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง		28.12± 10.69 <sup>a</sup>	95.56± 20.54 <sup>a</sup>	130.46± 29.62 <sup>a</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา		2.28 ± 1.10 <sup>b</sup>	5.97 ± 1.24 <sup>b</sup>	7.32 ± 0.77 <sup>b</sup>
ถุงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง		2.89 ± 1.03 <sup>b</sup>	6.46 ± 1.06 <sup>b</sup>	8.58 ± 1.49 <sup>b</sup>

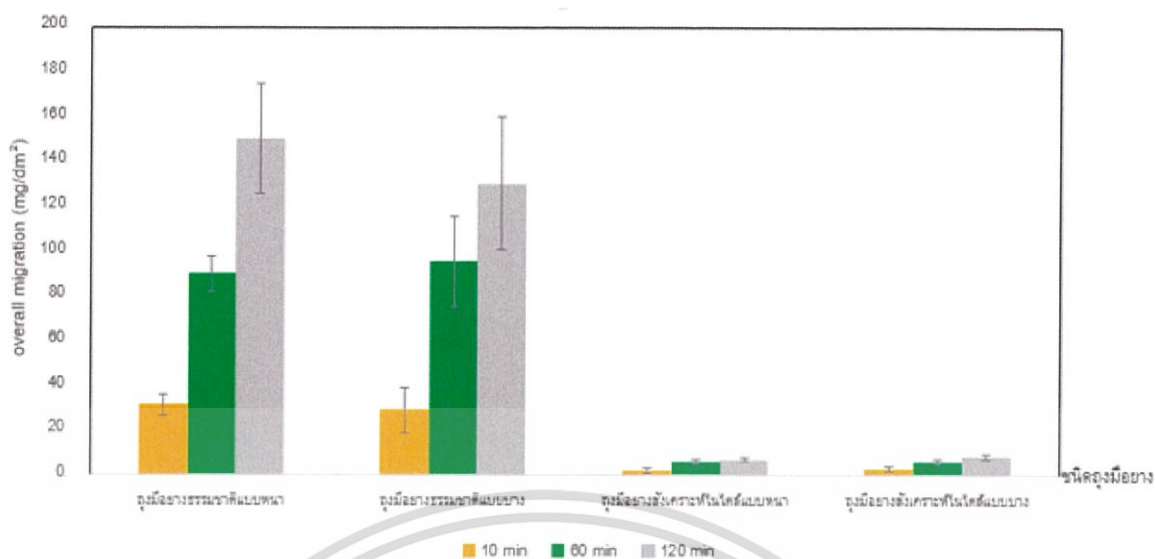
R Squared = .919 (Adjusted R Squared = .912)

หมายเหตุ: a, b มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ( $p \leq 0.05$ )



รูปที่ 4.23 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซิติก 3% ตามชนิดถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 40 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ในกรดอะซิติก 3% ตามชนิดถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารที่ระยะเวลา 10, 60 และ 120 นาที อุณหภูมิ 55 °C

จากการศึกษาปัจจัยของชนิดของถุงมือและความหนาของถุงมือยางที่ใช้สัมผัสมีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ของถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำคั้น , เอทานอล 10% และกรดอะซิติก 3% จากตัวอย่างถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่างพบว่าชนิดของถุงมือและความหนาของถุงมือยางที่ใช้ในการสัมผัสมีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) โดยระยะเวลาการสัมผัสที่ 120 นาที มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารมากกว่าที่ระยะเวลา 60 นาทีและ 10 นาที ตามลำดับและพบว่าปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร (overall migration) ที่ระดับอุณหภูมิ 55 °C มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสารมากกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 40 °C โดยมีความสอดคล้องกับการศึกษา overall migration จาก silicone utensils ที่ใช้สัมผัสอาหาร ด้วยวิธี total immersion ซึ่งพบว่าอุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่อปริมาณ overall migration จากผลิตภัณฑ์ไนไตรด์ที่ทำด้วยยางซิลิโคน (Castro et al., 2012)

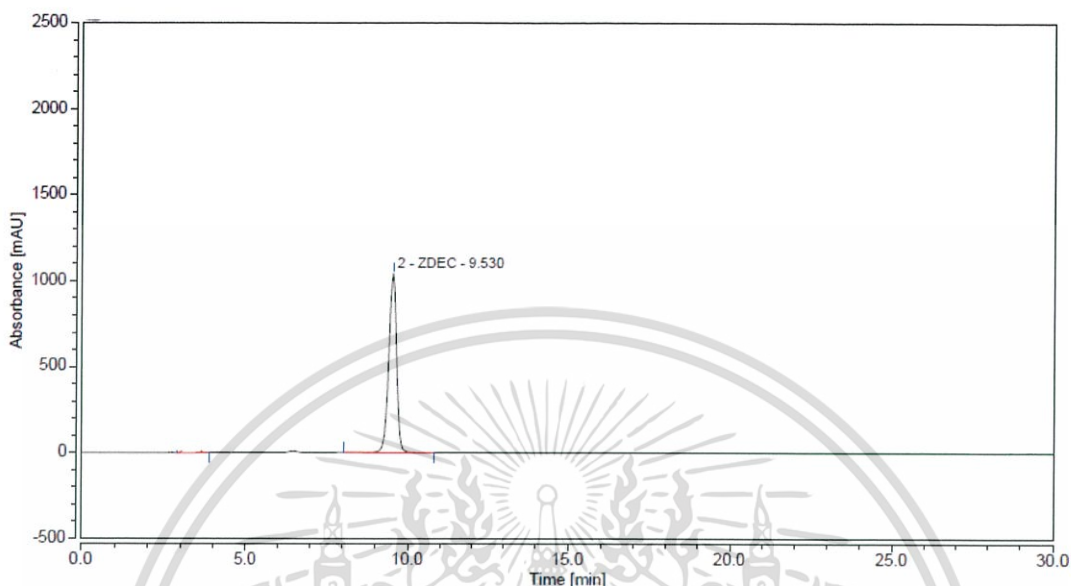
### 4.3 ศึกษาปริมาณสารตกค้างที่ก่อภูมิแพ้สัมผัส zinc diethyldithiocarbamates, mercaptobenzothiazole และ diphenyl guanidine ที่มีการเคลื่อนย้ายออกมาจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีที่สมรรถนะสูง (HPLC)

#### 4.3.1 โครมาโตแกรมและกราฟมาตรฐานของสาร Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC)

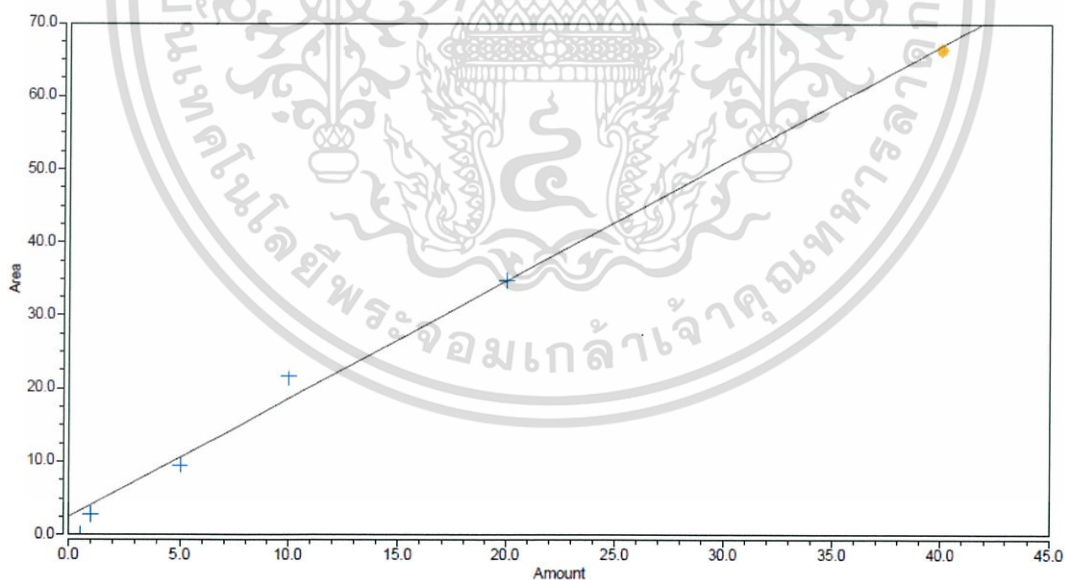
ศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารก่อภูมิแพ้โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีที่สมรรถนะสูง (HPLC) และตัวตรวจวัดดูดตราไวโอเลตวิซิเบิล (ultra-violet visible detector) จากผลการทดลองพบว่าโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน zinc diethyldithiocarbamate พบ retention time ที่เวลา 9.530

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที่ ดังรูปที่ 4.25 และกราฟมาตรฐานของสารเป็นสมการเส้นตรง  $y = 1.6106x + 2.5197$  โดยมีค่าสัมประสิทธิ์  $R^2$  เท่ากับ 0.9952 ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.25 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน ZDEC ความเข้มข้นที่ 100 ppm พีคของ ZDEC ปรากฏที่เวลา 9.530 นาที

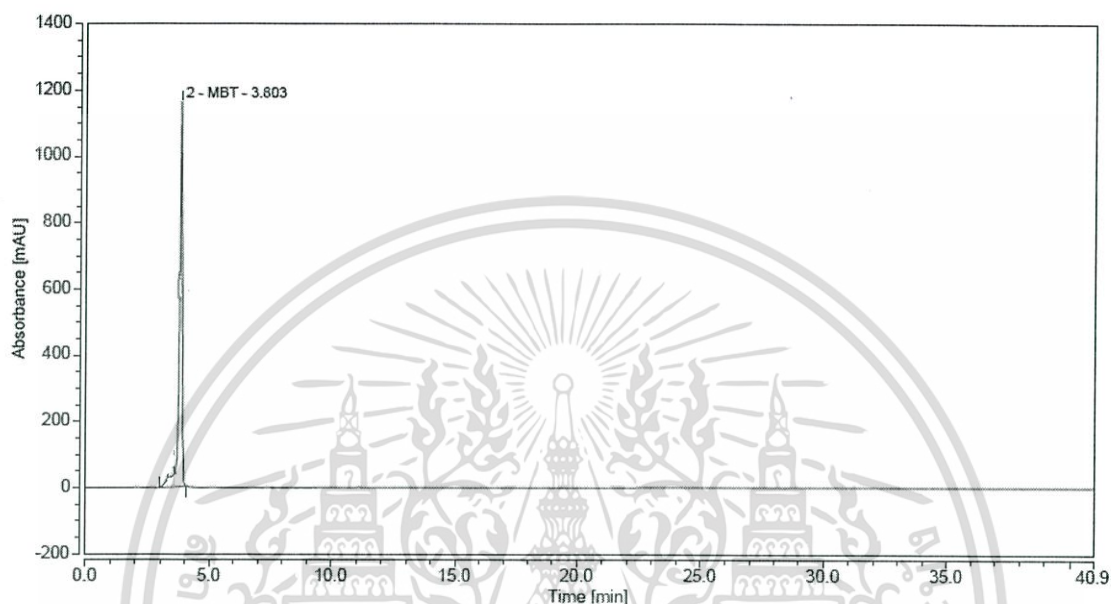


รูปที่ 4.26 กราฟมาตรฐานของสาร ZDEC

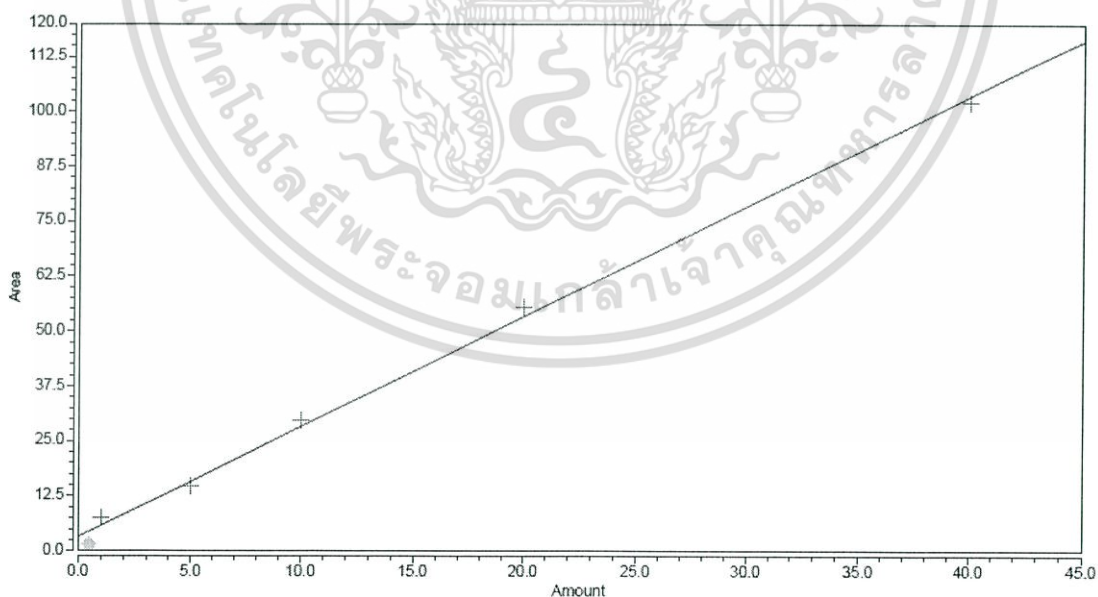
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 โครมาโตแกรมและกราฟมาตรฐานของสาร Mercaptobenzothiazole (MBT)

โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน Mercaptobenzothiazole พบ retention time ที่เวลา 3.803 นาที ดังรูปที่ 4.27 และกราฟมาตรฐานของสาร MBT เป็นสมการเส้นตรง  $y = 2.5085x + 3.2197$  โดยมีค่าสัมประสิทธิ์  $R^2$  เท่ากับ 0.9970 ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.27 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน MBT ความเข้มข้นที่ 50 ppm พิกของ MBT ปรากฏที่เวลา 3.803 นาที

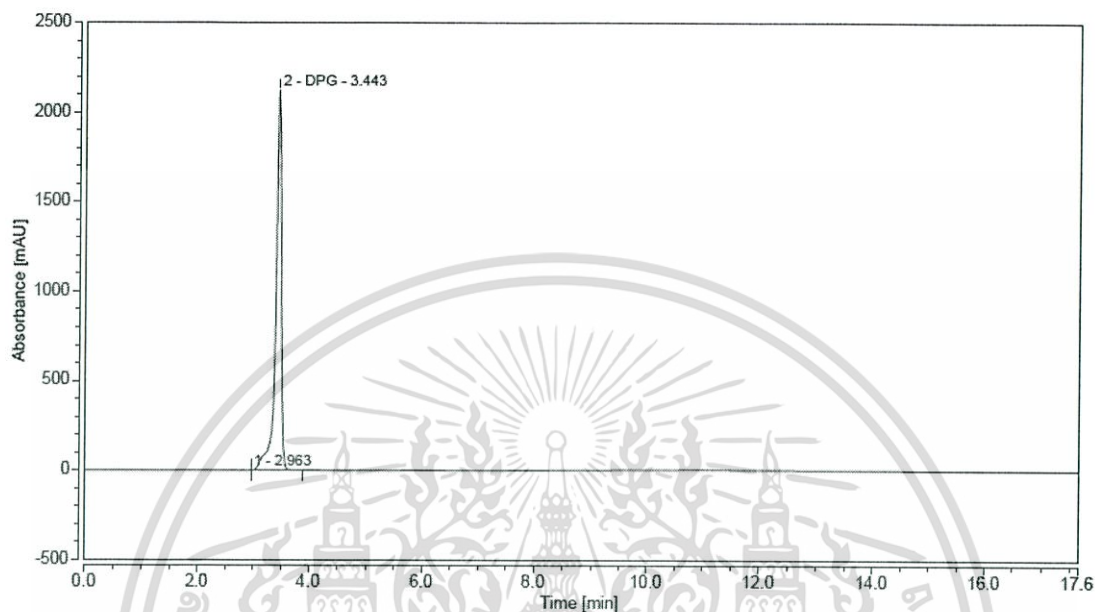


รูปที่ 4.28 กราฟมาตรฐานของสาร MBT

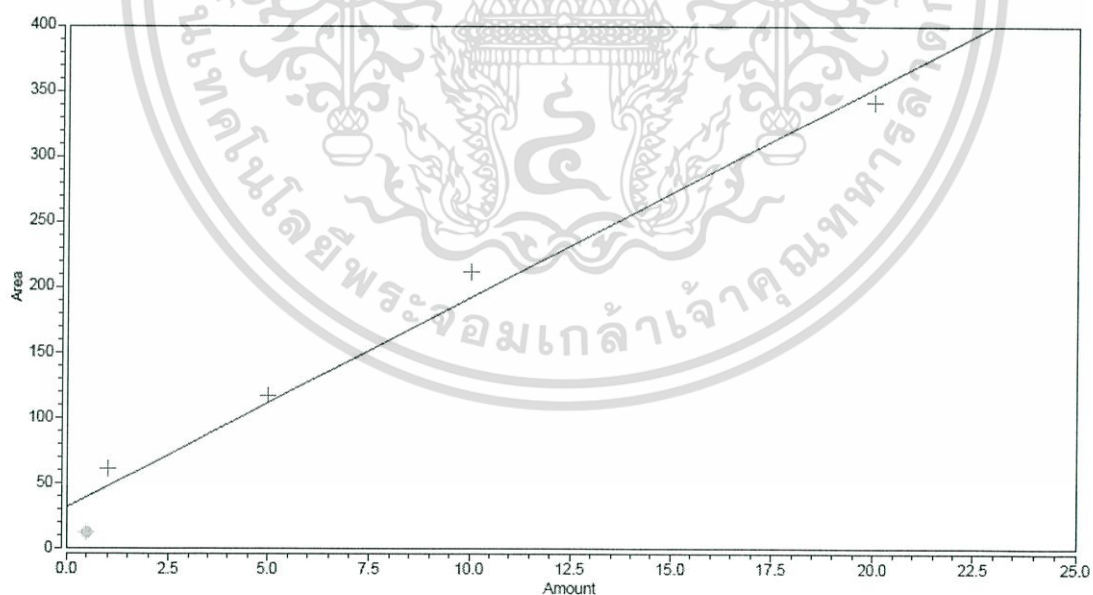
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 โครมาโตแกรมและกราฟมาตรฐานของสาร Diphenyl guanidine (DPG)

โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน Diphenyl guanidine พบ retention time ที่เวลา 3.443 นาที ดังรูปที่ 4.29 และกราฟมาตรฐานของสาร DPG เป็นสมการเส้นตรง  $y = 16.0498x + 31.5665$  โดยมีค่าสัมประสิทธิ์  $R^2$  เท่ากับ 0.9782 ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.29 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน DPG ความเข้มข้นที่ 50 ppm พิกซ์ของ DPG ปรากฏที่เวลา 3.443 นาที



รูปที่ 4.30 กราฟมาตรฐานของสาร MBT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ปริมาณของสารก่อภูมิแพ้ Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC), Mercaptobenzothiazole (MBT) และ Diphenyl guanidine (DPG) จากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารชนิดกรดอะซีติก 3%

จากการศึกษาการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเคมี overall migration จากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร พบว่าในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซีติก 3% มีการเคลื่อนย้ายออกมาของสารมากกว่าในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่นและเอทานอล 10% ดังนั้นจึงทำการศึกษาสารตกค้างที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ Zinc diethyldithiocarbamates (ZDEC), Mercaptobenzothiazole (MBT) และ Diphenyl guanidine (DPG) เฉพาะในตัวแทนอาหารประเภทกรดอะซีติก 3% พบว่าถูงมือยางที่ศึกษาทั้ง 11 ตัวอย่างมีสารตกค้างที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้แตกต่างกันดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณสารก่อภูมิแพ้ที่เคลื่อนย้ายออกจากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหารแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 40 °C ในตัวแทนอาหารประเภท กรดอะซีติก 3% ที่ระยะเวลา 30 นาที

ตัวอย่างถูงมือ	ปริมาณการเคลื่อนย้ายออกมาของสารใน 3% กรดอะซีติก (overall migration) mg/g		
	ZDEC	MBT	DPG
ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา ยี่ห้อ A	n.a.	70.2929	n.a.
ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา ยี่ห้อ D	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบหนา ยี่ห้อ B	n.a.	2.2483	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบหนา ยี่ห้อ C	n.a.	50.9575	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบหนา ยี่ห้อ E	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบบาง ยี่ห้อ F	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบบาง ยี่ห้อ G	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางธรรมชาติแบบบาง ยี่ห้อ H	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ยี่ห้อ I	n.a.	n.a.	n.a.
ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ยี่ห้อ J	n.a.	31.8722	n.a.
ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบาง ยี่ห้อ K	20.8431	n.a.	n.a.

n.a.: not applicable

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารประกอบกลุ่มก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG จากตัวอย่างถูงมือยางแต่ละชนิดในตัวแทนอาหารประเภทกรด พบว่ามีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารประกอบกลุ่มก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT ถูงมือยางสังเคราะห์ไนไตรล์แบบหนา, ถูงมือยางเอทิลอะครีเลตเป็นเอทิลอะครีเลตที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์ไนไตรล์แบบบางและถุงมือยางยางธรรมชาติแบบหนา แต่ไม่พบในถุงมือยางธรรมชาติแบบบาง และไม่พบการเคลื่อนย้ายของสารประกอบกลุ่มก่อภูมิแพ้ DPG ในจากตัวอย่างที่ศึกษา

จากการศึกษาระดับการปนเปื้อนของสารก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG ที่มีการเคลื่อนย้ายออกมาสู่ตัวแทนอาหารกรดอะซีติก 3% จากถุงมือยางทั้ง 11 ตัวอย่าง พบว่าถุงมือยางมีการเคลื่อนย้ายออกมาของสารก่อภูมิแพ้ ZDEC และ MBT มาสู่ตัวแทนอาหาร ซึ่งอาจจะมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ ZDEC และ MBT ไปยังอาหารได้ โดยมีความสอดคล้องกับการศึกษาการเคลื่อนย้ายของสาร ZDMC, TMTD และ DEHP จากถุงมือยางและถุงมือพลาสติกที่ใช้สัมผัสอาหาร โดยพบสาร ZDMC และ TMTD ในถุงมือยางชนิดมีแป้งมากกว่าถุงมือชนิดไม่มีแป้ง โดยไม่พบสาร ZDEC และพบสาร DEHP จากถุงมือยางและถุงมือพลาสติก (บรรจง วิทยวีรศักดิ์, 2556)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 การศึกษาผลของระยะเวลาในการสัมผัสและอุณหภูมิที่สัมผัสของถุงมืออย่างต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration

จากการศึกษาผลของระยะเวลาในการสัมผัสและอุณหภูมิที่สัมผัสของถุงมืออย่างต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ใช้สัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำกลั่น, เอทานอล 10% และกรดอะซิติก 3% ซึ่งจากตัวอย่างถุงมืออย่างทั้ง 11 ตัวอย่าง พบว่าระยะเวลาในการสัมผัสที่นานและอุณหภูมิที่สูงจะทำให้มีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่มากในตัวแทนอาหารทั้ง 3 ชนิด โดยพบว่าในตัวแทนอาหารประเภทน้ำกลั่น (ตัวแทนอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} > 4.5$ ) และ เอทานอล 10% (ตัวแทนอาหารที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบ เช่น ผักผลไม้) มีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแม้จะมีการใช้สัมผัสอาหารอย่างต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ดังนั้นถุงมืออย่างทั้ง 4 ประเภทที่ใช้สัมผัสอาหารสามารถนำมาใช้สัมผัสกับอาหารได้อย่างต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง อย่างเหมาะสมเมื่อใช้สัมผัสกับอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} > 4.5$  และอาหารประเภท ผัก ผลไม้ แต่เนื่องจากการใช้ถุงมืออย่างสัมผัสอาหารประเภทกรดอะซิติก 3% (ตัวแทนอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} < 4.5$ ) พบว่ามีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อใช้งานอย่างต่อเนื่องมากกว่า 10 นาที ที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นสำหรับการใช้ถุงมืออย่างสัมผัสอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} < 4.5$  ควรใช้ถุงมืออย่างสัมผัสกับอาหารในช่วงเวลาสั้นและไม่ควรใช้ที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า  $40^{\circ}\text{C}$  เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ

### 5.2 การศึกษาผลของความหนาของถุงมืออย่างและชนิดของถุงมืออย่างต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration

จากการศึกษาผลของความหนาของถุงมืออย่างและชนิดของถุงมืออย่างต่อการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration ที่ใช้สัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำกลั่น, เอทานอล 10% และกรดอะซิติก 3% จากตัวอย่างถุงมืออย่างทั้ง 11 ตัวอย่าง แบ่งตามประเภทของถุงมือได้ 4 ประเภท ดังนี้ คือ ถุงมืออย่างธรรมชาติแบบบาง, ถุงมืออย่างธรรมชาติแบบหนา, ถุงมืออย่างสังเคราะห์ไนไตรล์แบบบางและถุงมืออย่างสังเคราะห์แบบหนา ชนิดของถุงมืออย่างและความหนาของถุงมืออย่างมีผลต่อปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration แตกต่างกันเมื่อใช้สัมผัสในตัวแทนอาหารที่ต่างกันดังนี้

- ตัวแทนอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} > 4.5$  พบว่าถุงมือทั้ง 4 ประเภทมีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ต่ำกว่า  $10 \text{ mg/dm}^2$  (อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  นาน 10 นาที) ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) จึงสามารถนำถุงมือทั้ง 4 ประเภท มาใช้สัมผัสอาหารได้อย่างปลอดภัย

- ในเอทานอล 10% ซึ่งเป็นตัวแทนอาหารที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบ เช่น ผัก ผลไม้ พบว่าถุงมือทั้ง 4 ประเภทมีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ต่ำกว่า  $10 \text{ mg/dm}^2$  (อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  นาน 10 นาที) ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) จึงสามารถนำมาใช้สัมผัสในอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยควรเลือกใช้ถุงมือยางธรรมชาติแบบบางและแบบหนา เนื่องจากมีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration น้อยกว่า ถุงมือยางสังเคราะห์ในไตรล์แบบบางและแบบหนา

- ในกรดอะซิติก 3% ซึ่งเป็นตัวแทนอาหารชนิดน้ำที่  $\text{pH} < 4.5$  พบว่าถุงมือทั้ง 4 ประเภทมีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ต่ำกว่า  $50 \text{ mg/dm}^2$  (อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  นาน 10 นาที) ตามข้อกำหนดของ BfR XXI (As of 01.10.2024) จึงสามารถนำมาใช้สัมผัสในอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยควรเลือกใช้ถุงมือยางถุงมือยางสังเคราะห์ในไตรล์แบบบางและแบบหนาเนื่องจากมีปริมาณการเคลื่อนย้ายออกของสาร overall migration น้อยกว่าถุงมือยางธรรมชาติแบบบางและแบบหนา

### 5.3 การศึกษาระดับการเคลื่อนย้ายของสารก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG จากถุงมือยางสัมผัสอาหารในตัวแทนอาหารกรดอะซิติก 3%

จากการศึกษาปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG ในถุงมือยางสัมผัสอาหาร 11 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารดังกล่าวแตกต่างกันในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาโดยปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า  $100 \text{ ppm}$  ดังนั้นการใช้งานถุงมือยางสัมผัสอาหารทั้งที่ทำมาจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ในไตรล์ที่อุณหภูมิ  $40^\circ\text{C}$  องศาเซลเซียสแบบต่อเนื่องนาน 30 นาที อาจมีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนของสารก่อภูมิแพ้ที่เคลื่อนย้ายออกมาสู่อาหาร นอกจากนี้ผู้ใช้ถุงมือสัมผัสอาหารควรได้รับให้หลีกเลี่ยงปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารก่อภูมิแพ้

จากการศึกษาและวิจัยปริมาณการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ในถุงมือยางสัมผัสอาหารครั้งนี้สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายของสาร overall migration ได้แก่

- อุณหภูมิที่สัมผัส สารประกอบในโครงสร้างจะถูกชะออกมามากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น
- ระยะเวลาที่สัมผัส สารประกอบในโครงสร้างจะถูกชะออกมามากขึ้นเมื่อสัมผัสกับอาหารให้ยาวนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชนิดของอาหารที่สัมผัส สารประกอบในโครงสร้างจะถูกชะออกมาแตกต่างกันขึ้นกับความคงทนของชนิดถุงมือยางที่สัมผัสกับอาหารนั้นๆ

ส่วนในกรณีสารตกค้างก่อภูมิแพ้ ZDEC, MBT และ DPG จากถุงมือยางสัมผัสอาหารที่มีการชะออกมาของสารแตกต่างกันเนื่องจากถุงมือยางแต่ละชนิด/ยี่ห้อ มีการใช้สารเหล่านี้ในปริมาณที่แตกต่างกันตามสูตรทางการค้าของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ดังนั้นถุงมือยางสัมผัสอาหารมีการเคลื่อนย้ายของสารจากถุงมือมายังอาหารได้ ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยในอาหารและสุขภาพของผู้บริโภคได้ จึงควรมีการกำหนดปริมาณสูงสุดของสารปนเปื้อนเหล่านี้ที่ถูกชะออกมาจากถุงมือยางที่ใช้ในการสัมผัสอาหารเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค นอกจากนี้ ผู้ใช้ถุงมือยางสัมผัสอาหารก็ควรได้รับคำแนะนำให้หลีกเลี่ยงปัจจัยที่เอื้อต่อการชะสารตกค้างเหล่านี้ออกมาปนเปื้อนในอาหารด้วย

## 5.4 ประโยชน์จากการวิจัย/ข้อเสนอแนะ

5.4.1 เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ใช้งาน เช่น ผู้ประกอบอาหาร, ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหาร ได้รับทราบปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเคมีในถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร ซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนไปสู่อาหาร จึงควรเลือกใช้ถุงมือยางให้เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยคำแนะนำสำหรับการใช้งานสัมผัสอาหาร ควรเลือกใช้ถุงมือยางในไตรล์สังเคราะห์ในการจับอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด ถุงมือยางธรรมชาติสามารถเหมาะสมใช้สัมผัสอาหารทั่วไปที่ไม่มีฤทธิ์เป็นกรด และการใช้ถุงมือยางสัมผัสอาหารควรหลีกเลี่ยงการใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกิน 40 °C และไม่ใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เพื่อลดการชะออกมาของสารปนเปื้อนจากถุงมือยาง โดยถุงมือยางเมื่อไม่เหมาะสมในการใช้งานจะมีการเปลี่ยนแปลงให้เห็น เช่น สีที่ถุงมือเปลี่ยนมีคราบเหลืองหลังสัมผัสอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีการบวมพองเมื่อสัมผัสอาหารที่มีไขมันสำหรับถุงมือยางธรรมชาติ

5.4.2 เพื่อเป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดและควบคุมมาตรฐานถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดกำหนดปริมาณสูงสุดของสารปนเปื้อนเหล่านี้ที่ถูกชะออกมาจากถุงมือยาง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณ overall migration จากผลิตภัณฑ์ถุงมือยางและปริมาณสารที่ก่อให้เกิดอันตราย เช่น สารที่ก่อให้เกิดไนโตรซามีนจากถุงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร

## บรรณานุกรม

- กนกรัตน์ เชิญทอง. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายไนโตรซามีนออกมาจากถูงมือยางที่ใช้สัมผัสอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กรมอนามัย สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข. 2556. ธรรมชาติสัมผัสอาหารสวมถูงมือยางในการปรุงประกอบอาหารทุกครั้ง. เข้าถึงได้จาก [http://pr.moph.go.th/iprg/include/admin\\_hotnew/show\\_hotnew.php?idHot\\_new=58561](http://pr.moph.go.th/iprg/include/admin_hotnew/show_hotnew.php?idHot_new=58561) ค้นวันที่ 25/12/2557.
- จินตนา ลีกิจวัฒน์. 2551. ถูงมือยาง. ในบทความวิทยุกระจายเสียง “วันนี้กับวิทยาศาสตร์” ครั้งที่ 6 กระจายเสียงจากสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย ประจำเดือน สิงหาคม เข้าถึงได้จาก [http://siweb.dss.go.th/dss\\_doc/fulltext/radio/R6.pdf](http://siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/R6.pdf) ค้นวันที่ 22/7/2558.
- ณพรัตน์ วิชิตชลชัย. 2554. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์: สารเคมีสำหรับยาง. กลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง. เข้าถึงได้จาก <http://www.rubberthai.com/book/file/98.pdf> ค้นวันที่ 22/7/2558.
- ดารณี เจริญสุข. 2551. สารเคมียางที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารตามข้อกำหนดองค์การอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกา. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารเพื่อการพัฒนาของอุตสาหกรรมยางไทย 2 (1) มกราคม-มีนาคม: 35.
- ทองศักดิ์ วัฒนาและศุภัสสรณ์ หลิมเฮงสะ. 2554. เทคโนโลยีการผลิตถูงมือยางทางการแพทย์. Technology promotion 38(217): 67-72.
- นุชนาฏ ณะรอง. 2550. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง. ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมพนักงานบรรจุใหม่สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางวันที่ 27-29 สิงหาคม ณ มารีไทม์ ปาร์กแอนด์สปาร์ตอร์ท จ.กระบี่. เข้าถึงได้จาก <http://it.doa.go.th/rrit/web/download.php> ค้นวันที่ 22/7/2558.
- บรรจง วิทย์วิรศักดิ์. 2556. สารตกค้างของ TMTD, zinc-dithiocarbamates และ DEHP ในถูงมือที่ใช้สัมผัสอาหารและสถานะที่มีผลต่อการชะสารเหล่านี้ออกมา. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. เข้าถึงได้จาก [http://elibrary.trf.or.th/project\\_content.asp?PJID=RDG5350067](http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5350067) ค้นวันที่ 30/5/2560.
- พงษ์ธร แซ่ฮุย. 2548. ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. ครั้งที่พิมพ์ 2. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ธร แซ่ฮุย. 2548. สารเคมียาง. ครั้งที่พิมพ์ 1. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี.

วารสารณ์ ขจรไชยกุล. 2554. ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักหอสมุดและ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554. ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ เรื่อง “วัสดุสัมผัสอาหาร (Food Contact Materials)”. เข้าถึงได้จาก <http://siweb.dss.g.th/r/epackIR26.pdf> ค้นวันที่ 18/12/2557.

สถาบันพลาสติก โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมยาง. 2557. คอมพิวเตอร์เพื่อยกระดับมูลค่าผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์และเครื่องมือแพทย์ “เทคโนโลยีการผลิตยางคอมพิวเตอร์” เข้าถึงได้จาก <http://rubber.oie.go.th/box/Article/25239/> ค้นวันที่ 2/2/2558.

สมคิด ชูนาร่ม. 2557. สารเพิ่มความเสถียรของน้ำยาง. เข้าถึงได้จาก <http://rubberdigest.com/?p=117> ค้นวันที่ 25/12/2557.

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย (FOSTAT). 2554. เรียนรู้เรื่องกฎระเบียบของภาชนะบรรจุอาหารเพื่อสู่เวทีการค้าโลก. [ออนไลน์ อ้างถึง 19 มกราคม 2554] เข้าถึงได้จาก <http://www.fostat.org/pictureile/Updated%20Food%20Packaging%20Standard%20and%20Regulation>. ค้นวันที่ 18/12/2557.

สุมาลี ทังพิทยกุล. 2554. บทบาทของกรมวิทยาศาสตร์บริการกับความปลอดภัยของวัสดุสัมผัสอาหาร. [ออนไลน์อ้างถึง 14 มกราคม 2554] เข้าถึงได้จาก <http://www.dss.go.th/dssweb/seminar/11june53-3.pdf> ค้นวันที่ 22/7/2557.

สุวภา ชำนาญกาญ. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายออกมาของสารเตตระเมทิลไฮดรอกไซด์ ซัลไฟด์และสารกลุ่มไดโทโอคาร์บาเมตจากถุงมือยางที่สัมผัสอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2556. สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2555 และแนวโน้มปี 2556. รายงานประจำปีสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม หน้า 187-197. เข้าถึงได้จาก <http://www.oie.go.th/academic%B5%202556> ค้นวันที่ 22/7/2557.

สำนักมาตรฐานทางการค้า. 2554. กฎระเบียบว่าด้วยวัสดุสัมผัสอาหารฉบับใหม่ของ EU. [ออนไลน์อ้างถึง 16 กุมภาพันธ์ 2554] เข้าถึงได้จาก <http://www.dft.go.th> ค้นวันที่ 22/7/2557.

สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2553. มอก. 2505-2553 ถุงมือยางในอุตสาหกรรมอาหาร. ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 127 ตอนพิเศษ 129ง. 9 พฤศจิกายน 2553.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสีย  
อันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2558. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี สาร  
MBT, ZDEC, DPG. เข้าถึงได้จาก <http://www.chemtrack.org/Chem.asp?ID=w0892&NAME=EthylZiram>, <http://www.chemtrack.org/ChemDetail.asp?ID=03372&NAME=2-Mercaptobenzothiazole> และ <http://www.chemtrack.org/Chem-Result.asp> คืบ  
วันที่ 18/10/2558.

อรวรรณ ปิ่นประยูร และ กรรณิการ์ บุตรเอก. 2556. ถูมมืออย่างที่ใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร:  
ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนัก. *Bulletin of Applied Science* 2(2) สิงหาคม: 62-  
68.

โอกาส ตั้งวรินทร์วิบูลย์. 2548. ปริมาณสารเคมีสลายตัวจากบรรจุภัณฑ์เทอร์โมพลาสติกสำหรับ  
อาหารและเครื่องดื่ม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โอบเอื้อ อิ่มวิทยา และ ณัฐมณฑิ์ ปัญญาวัฒนกิจ. 2557. ไนโตรซามีนสารปนเปื้อนในหัวนมยาง  
สำหรับทารก. *กรมวิทยาศาสตร์บริการ* 62(196) กันยายน: 21-23.

Bergendorff, O., Persson, C. and Hansson, C. 2006. High-performance liquid chromatography  
analysis of rubber allergens in protective gloves used in health care. *Contact dermatitis* 55:  
210-215.

BfR regulation XXI. Commodities based on Natural and synthetic rubber as of 01.10.2014. p. 1-  
18. Available at <http://www.bfr.zadi.de/kse/faces/resources/pdf/210english.pdf>. Available  
date 22/7/2014.

British standard. 2002. Materials and articles in contact with foodstuffs-plastics- part 3: Test  
methods for overall migration into aqueous food simulants by total immersion (EN1186-  
3).

Castle, L. 2007. Chemical migration into food: an overview. p. 1-12. *In* Barnes, A.K., Sinclair, R.C.  
and Watson, H.D. (ed.). *Chemical migration and food contact materials*. Woodhead  
Publishing, Cambridge.

Castro, A.M., Bettencourt, A.P., Pereira, J., Selbourne, M.C. and Pocas, M.F. 2011. "Overall  
migration from silicone kitchen utensils. Effect of time, temperature, contacting surface  
area and repeat use. Available at <http://www.ilsa.org/Europe/Documents/104.pdf>.  
Available date 22/7/014.

- European chemical agency. 2015. Registered substances information “ZDEC, MBT, DPG. Available at <http://apps.echa.europa.eu/registered/data/dossiers/>., Available date 18/10/2015.
- Forrest, J.M. 2007. Rubber and chemical migration into food. p. 271-298. *In* Barnes, A.K., Sinclair, R.C. and Watson, H.D. (ed.). Chemical migration and food contact materials. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Forrest, J.M. 2009. Food contact material-Rubber, Silicone, Coatings and inks. Publisher: iSmithers Rapra Publishing, United Kingdom.
- Nordic Council of Ministers. 2008. Food contact materials-in-house documentation and traceability. Available at <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:847194/FULLTEXT01.pdf>. Available date 22/7/2014.
- Piringer, O. 2007. Mathematical modelling of chemical migration from food contact materials. p. 180-199. *In* Barnes, A.K., Sinclair, R.C. and Watson, H.D. (ed.). Chemical migration and food contact materials. Woodhead Publishing, Cambridge.
- European commission DG health and food safety. 2004. Regulation (EC) No 1935/2004 the European parliament and of the council of 27 october 2004: general requirements for all food contact materials. Available at Available date 22/7/2014. [http://ec.europa.eu/food/food/chemical\\_safety/food\\_contact/eu\\_legisl\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/chemical_safety/food_contact/eu_legisl_en.htm).
- Traistaru, E., Ravis, A., Moldovan, C.R., Menelaou, A. and Georgescu C. 2013. Modelling migration from plastic packaging materials used in food industry. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 19(2): 180-184.
- Traistaru, E., Ravis, A., Moldovan, C.R., Menelaou, A. and Georgescu C. 2013. Study regarding the overall migration from plastic packaging materials used in food industry. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 19(3): 305-308.
- Yeang, H.Y., Sunderasan, E. and Ghazali, H.M. 1995. Latex Allergy Studies: Extraction of natural rubber latex proteins with reference to film thickness, latex d.r.c. and protein migration behavior. *Journal of natural Rubber Research (Kuala Lumpur, Malaysia)* 10: 46-62.

## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ก. การเตรียมสารเคมีในการทดสอบหาปริมาณ overall migration

ก.1. การเตรียมสารกรดอะซิติกความเข้มข้น 3% v/v

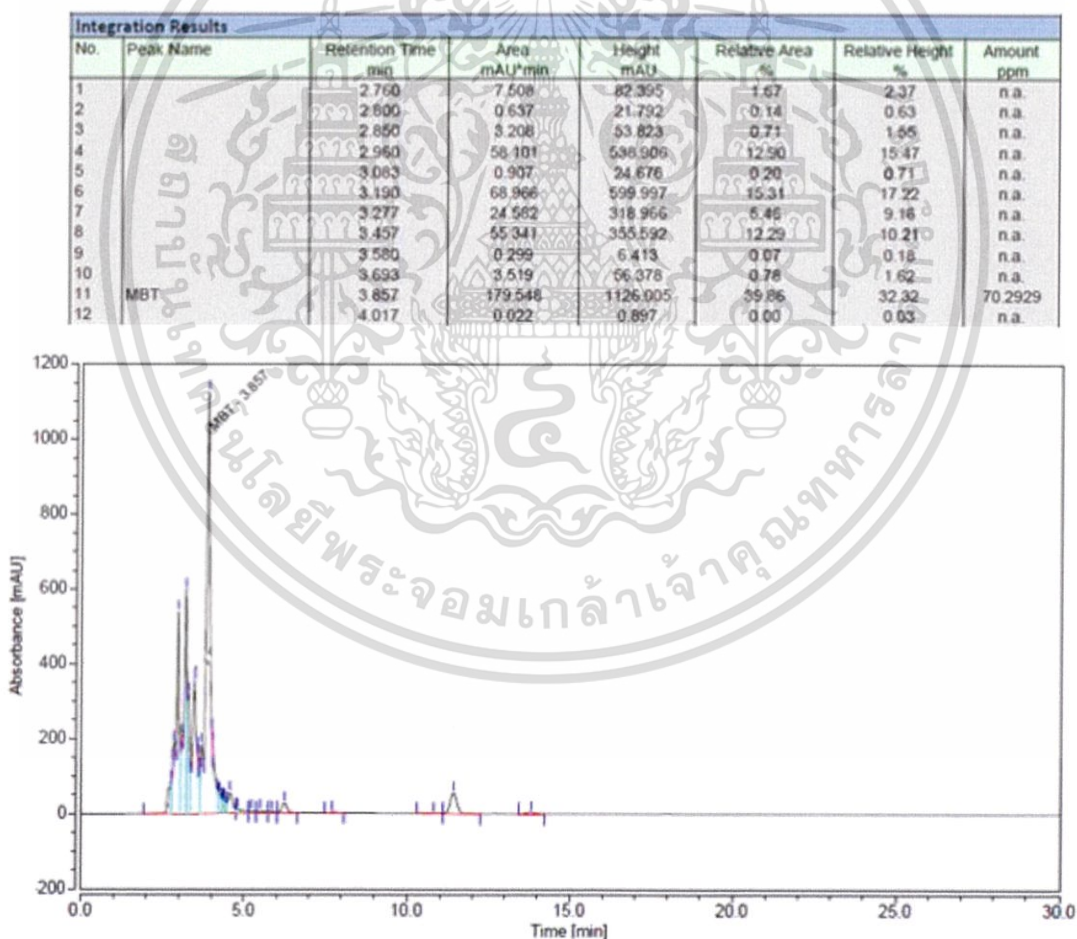
- ปิเปตสารเคมี glacial acetic acid ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตร ทำการปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร

ก.2. การเตรียม เอทานอล 10%

- ปิเปตสารเคมีเอทานอล AR grade ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตร ทำการปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร

## ข. โครมาโตแกรมจากถุงมือยางที่ใช้ทดสอบ จำนวน 11 ตัวอย่าง

2.1 ปริมาณสารตกค้าง MBT และ โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์ ยี่ห้อ A

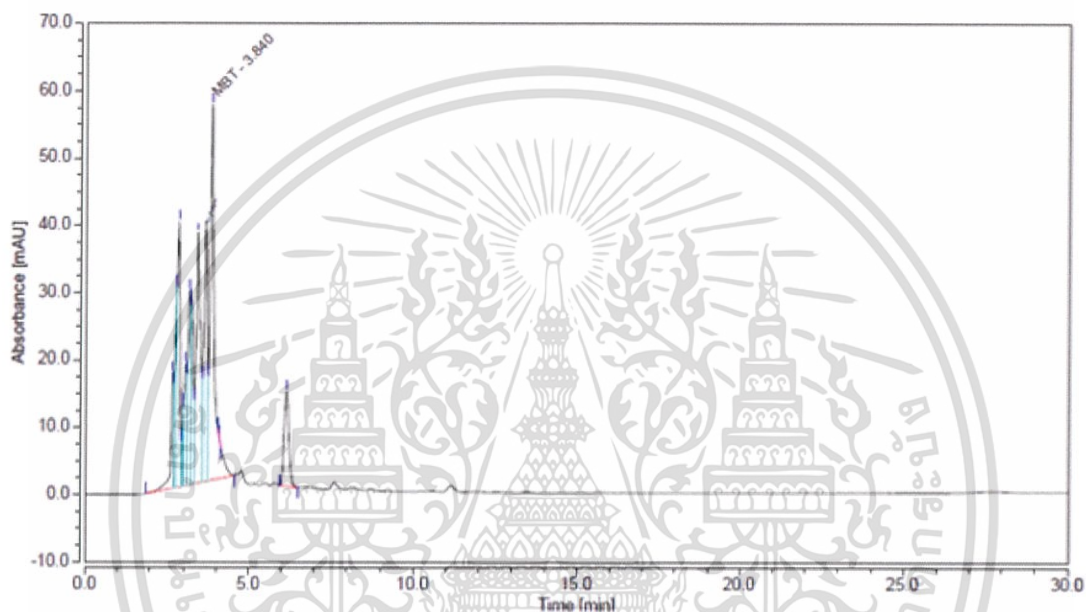


รูปที่ 4.31 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์ยี่ห้อ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ปริมาณสารตกค้าง MBT และ โครมาโทแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ B

Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		2.663	1.622	17.226	4.46	5.46	n.a.
2		2.763	1.948	27.002	5.36	8.56	n.a.
3		2.837	3.696	39.428	10.17	12.49	n.a.
4		2.970	0.629	10.588	1.73	3.36	n.a.
5		3.053	1.603	18.112	4.41	5.74	n.a.
6		3.173	2.709	28.882	7.46	9.15	n.a.
7		3.230	2.487	27.494	6.84	8.71	n.a.
8		3.423	5.735	37.258	15.78	11.81	n.a.
9		3.667	4.654	39.312	12.81	12.46	n.a.
10	MBT	3.840	8.860	55.907	24.38	17.72	2.2483
11		4.090	0.015	0.260	0.04	0.08	n.a.
12		6.153	2.378	14.085	6.54	4.46	n.a.
n.a.	ZDEC	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

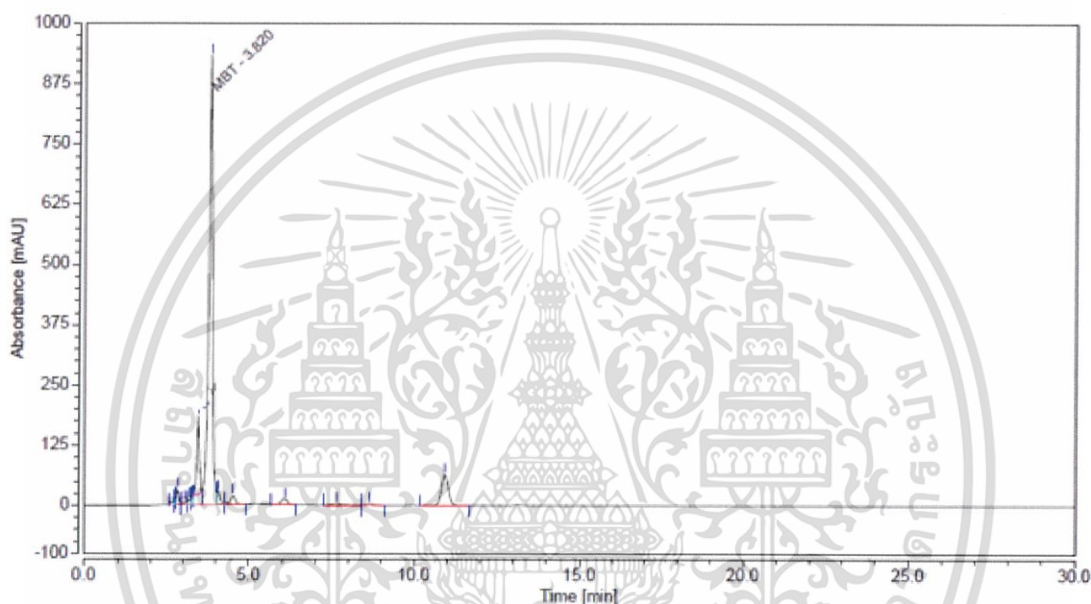


รูปที่ 4.32 โครมาโทแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 ปริมาณสารตกค้าง MBT และโครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ C

Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		2.707	0.746	7.836	0.41	0.60	n.a.
2		2.727	0.785	9.230	0.44	0.70	n.a.
3		2.827	2.461	33.940	1.37	2.59	n.a.
4		3.050	0.835	5.698	0.46	0.43	n.a.
5		3.213	0.980	10.381	0.54	0.79	n.a.
6		3.280	1.017	15.874	0.56	1.21	n.a.
7		3.460	15.153	162.873	8.41	12.42	n.a.
8	MBT	3.820	131.045	934.355	72.75	71.26	50.9575
9		4.067	3.349	27.533	1.86	2.10	n.a.
10		4.527	3.204	18.720	1.78	1.43	n.a.
11		6.080	2.751	12.680	1.53	0.97	n.a.
12		7.657	1.146	3.453	0.64	0.26	n.a.
13		8.640	0.794	3.739	0.44	0.29	n.a.
n.a.	ZDEC	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14		10.940	15.860	64.828	8.81	4.94	n.a.

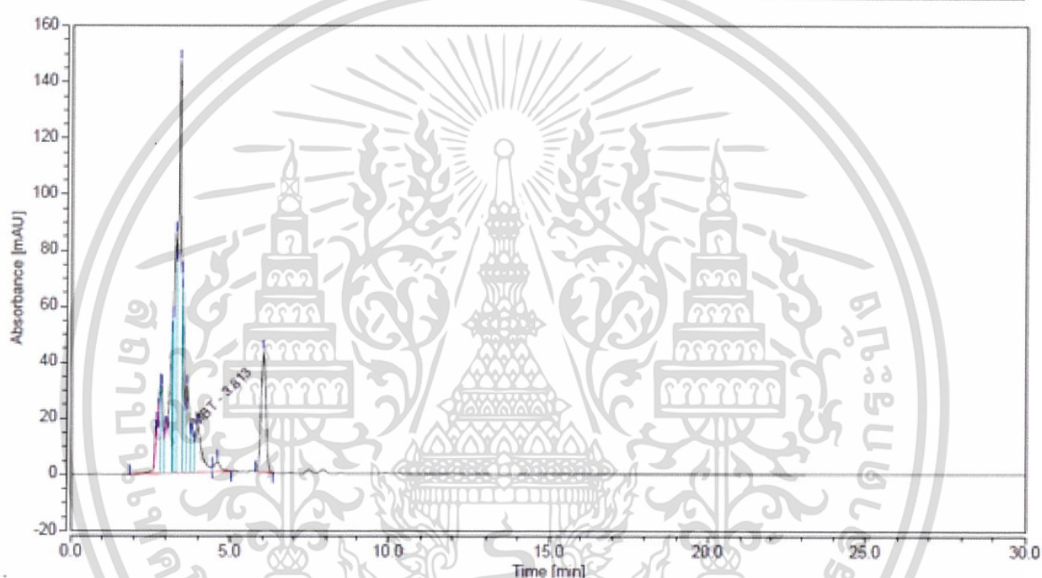


รูปที่ 4.33 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ปริมาณสารตกค้างและโครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์ยี่ห้อ D

Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		2.660	0.306	7.208	0.49	1.25	n.a.
2		2.723	0.001	0.110	0.00	0.02	n.a.
3		2.753	0.001	0.080	0.00	0.01	n.a.
4		2.820	4.518	31.602	7.28	5.46	n.a.
5		2.863	2.180	31.166	3.51	5.39	n.a.
6		2.970	0.088	2.076	0.14	0.36	n.a.
7		3.170	6.443	45.661	10.39	7.89	n.a.
8		3.207	1.966	53.903	3.17	9.32	n.a.
9		3.283	8.037	85.614	12.96	14.80	n.a.
10		3.413	15.109	147.083	24.36	25.42	n.a.
11		3.510	5.566	65.177	8.97	11.27	n.a.
12		3.653	4.097	31.165	6.60	5.39	n.a.
13	MBT	3.813	1.611	14.011	2.60	2.42	n.a.
14		3.983	3.688	16.629	5.95	2.87	n.a.
15		4.597	0.872	3.874	1.41	0.67	n.a.
16		6.027	7.545	43.144	12.16	7.46	n.a.
n.a.	ZDEC	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

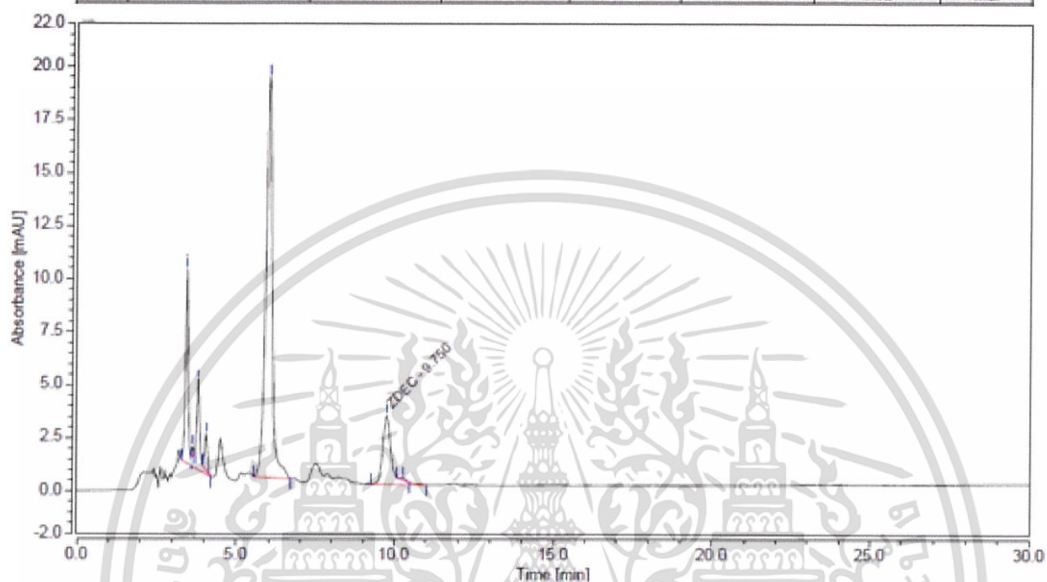


รูปที่ 4.34 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์ยี่ห้อ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ปริมาณสารตกค้างและโครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ E

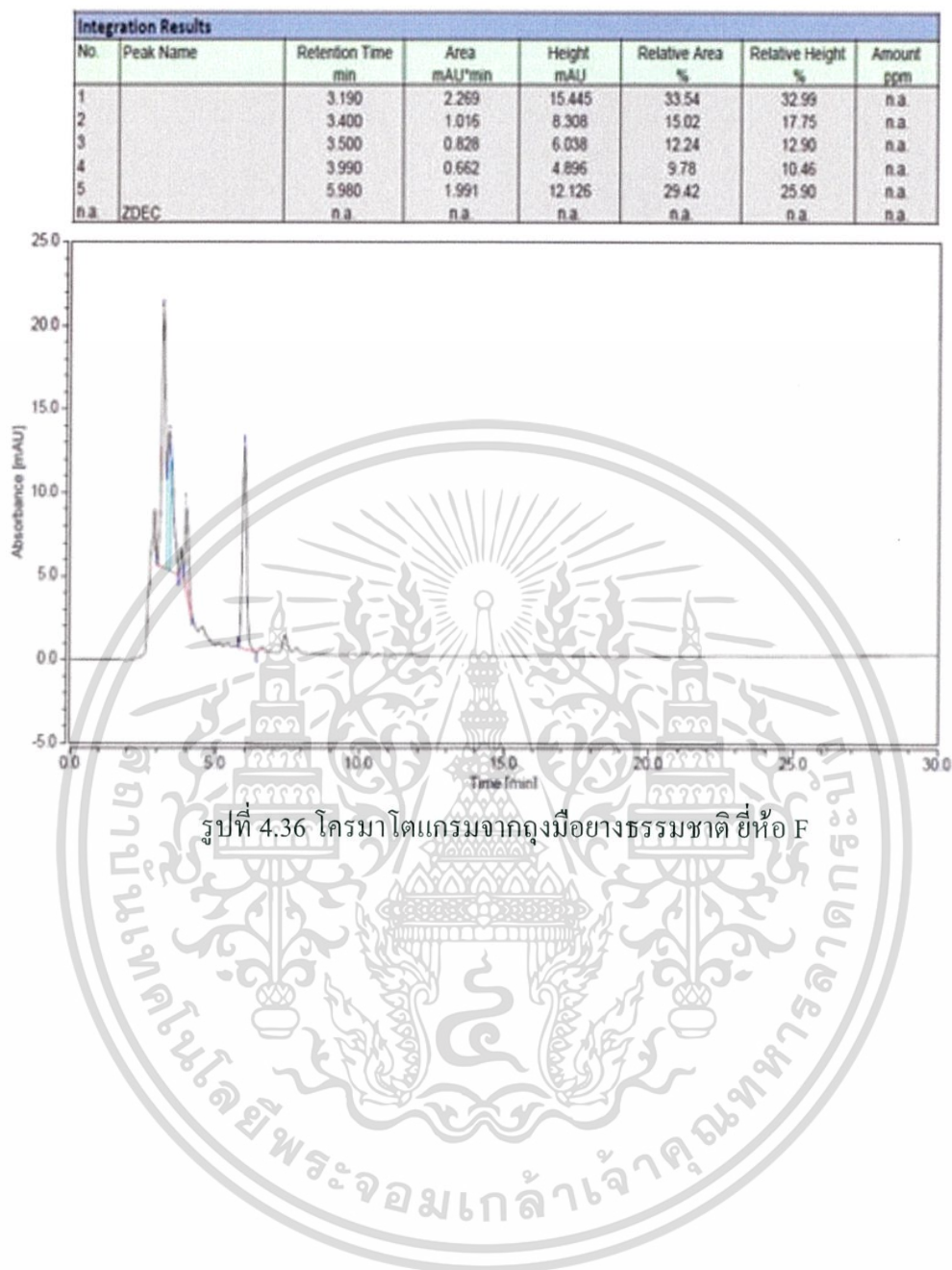
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		3.457	0.916	9.122	12.87	24.08	n.a.
2		3.653	0.027	0.445	0.38	1.17	n.a.
3		3.813	0.588	4.308	8.27	11.37	n.a.
4		4.063	0.177	1.726	2.49	4.56	n.a.
5		6.003	4.331	18.904	60.89	49.91	n.a.
6	ZDEC	9.750	1.050	3.249	14.76	8.58	n.a.
7		10.273	0.024	0.122	0.34	0.32	n.a.



รูปที่ 4.35 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ E

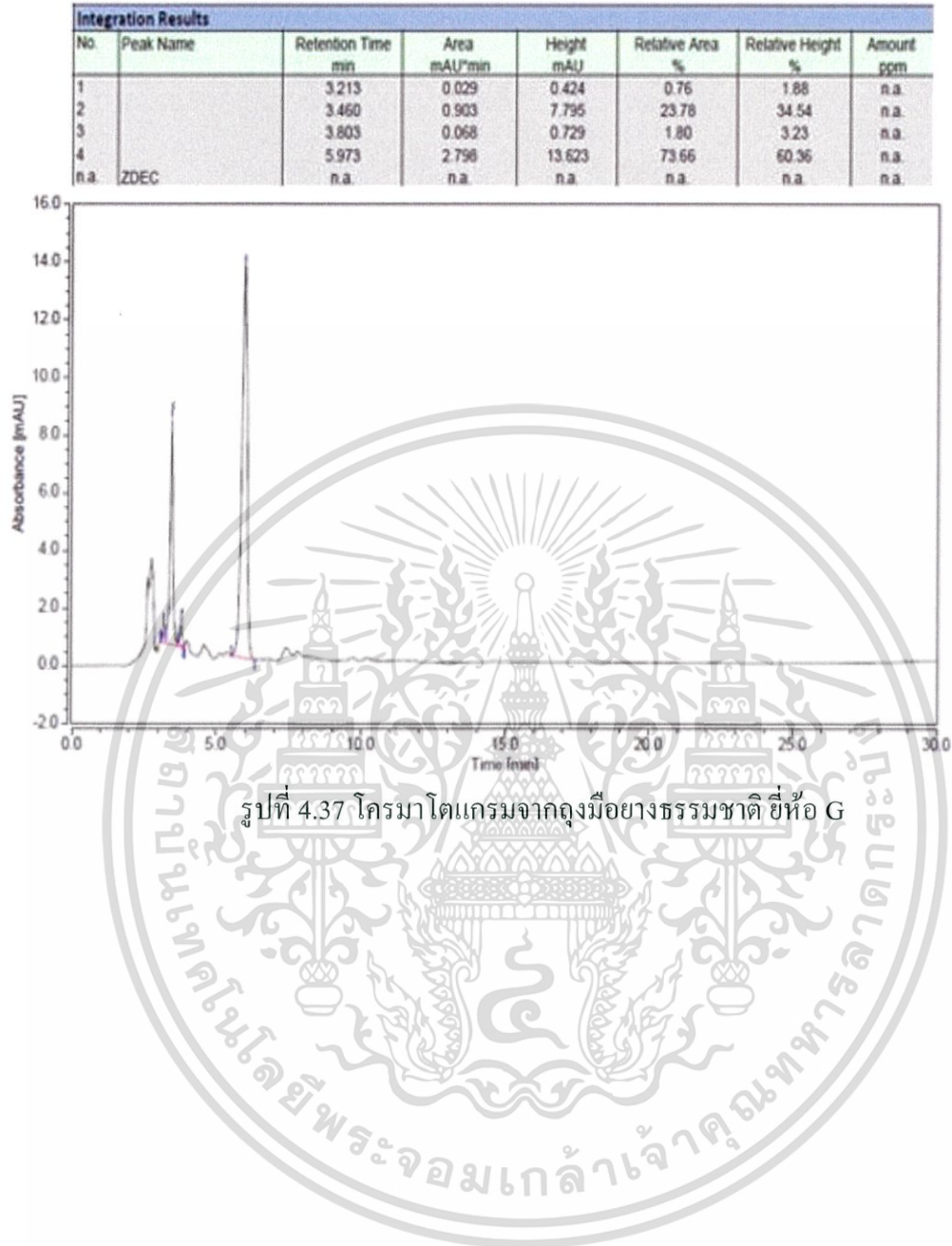
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ปริมาณสารตกค้างและโครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ F



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

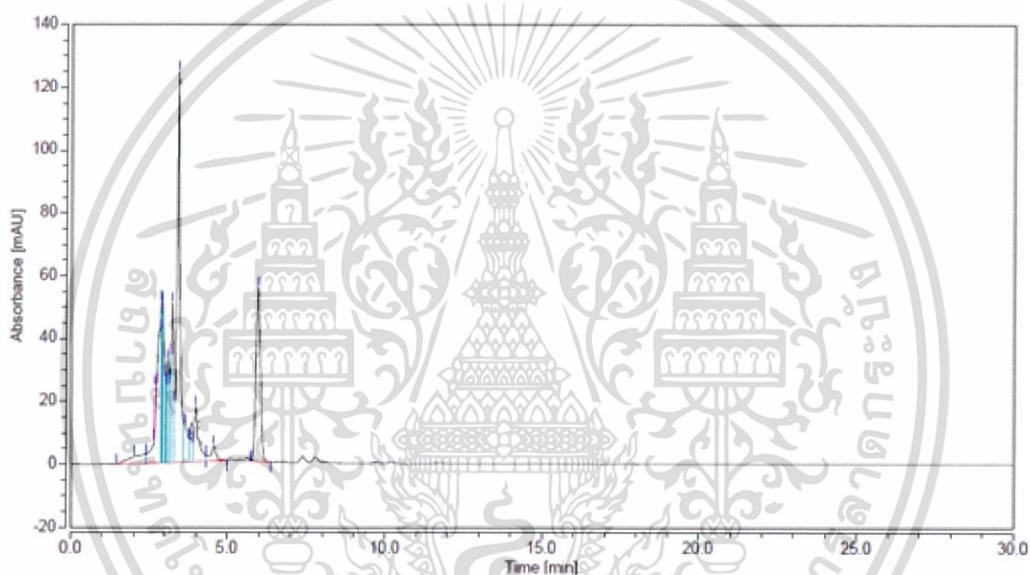
## 2.7 ปริมาณสารตกค้าง MBT และ โครมาโตแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ G



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ปริมาณสารตกค้าง MBT และ โครมาโทแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ H

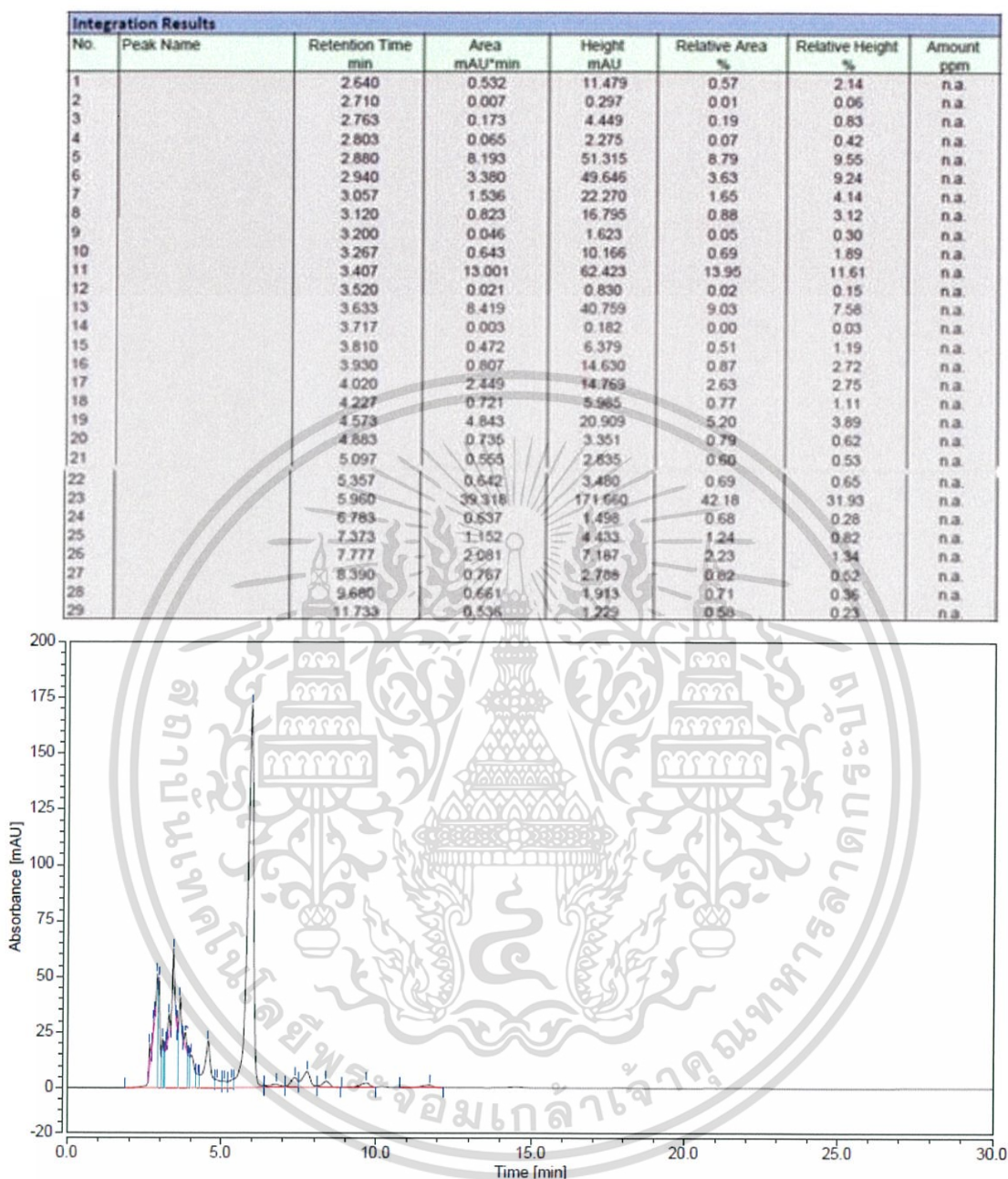
Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		2.027	1.641	2.404	3.01	0.46	n.a.
2		2.693	0.271	6.695	0.50	1.29	n.a.
3		2.847	6.889	42.658	12.62	8.23	n.a.
4		2.880	2.586	51.360	4.74	9.90	n.a.
5		2.917	2.981	50.642	5.46	9.76	n.a.
6		2.987	1.055	26.884	1.93	5.18	n.a.
7		3.063	2.960	32.692	5.42	6.30	n.a.
8		3.163	2.004	32.675	3.67	6.30	n.a.
9		3.223	4.714	50.730	8.64	9.78	n.a.
10		3.407	13.527	124.403	24.79	23.99	n.a.
11		3.657	1.795	11.679	3.29	2.25	n.a.
12		3.820	0.823	7.797	1.51	1.50	n.a.
13		3.987	3.387	17.748	6.21	3.42	n.a.
14		4.570	0.983	4.852	1.80	0.94	n.a.
15		5.960	8.959	55.396	16.42	10.68	n.a.
n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.



รูปที่ 4.38 โครมาโทแกรมจากถุงมือยางธรรมชาติ ยี่ห้อ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

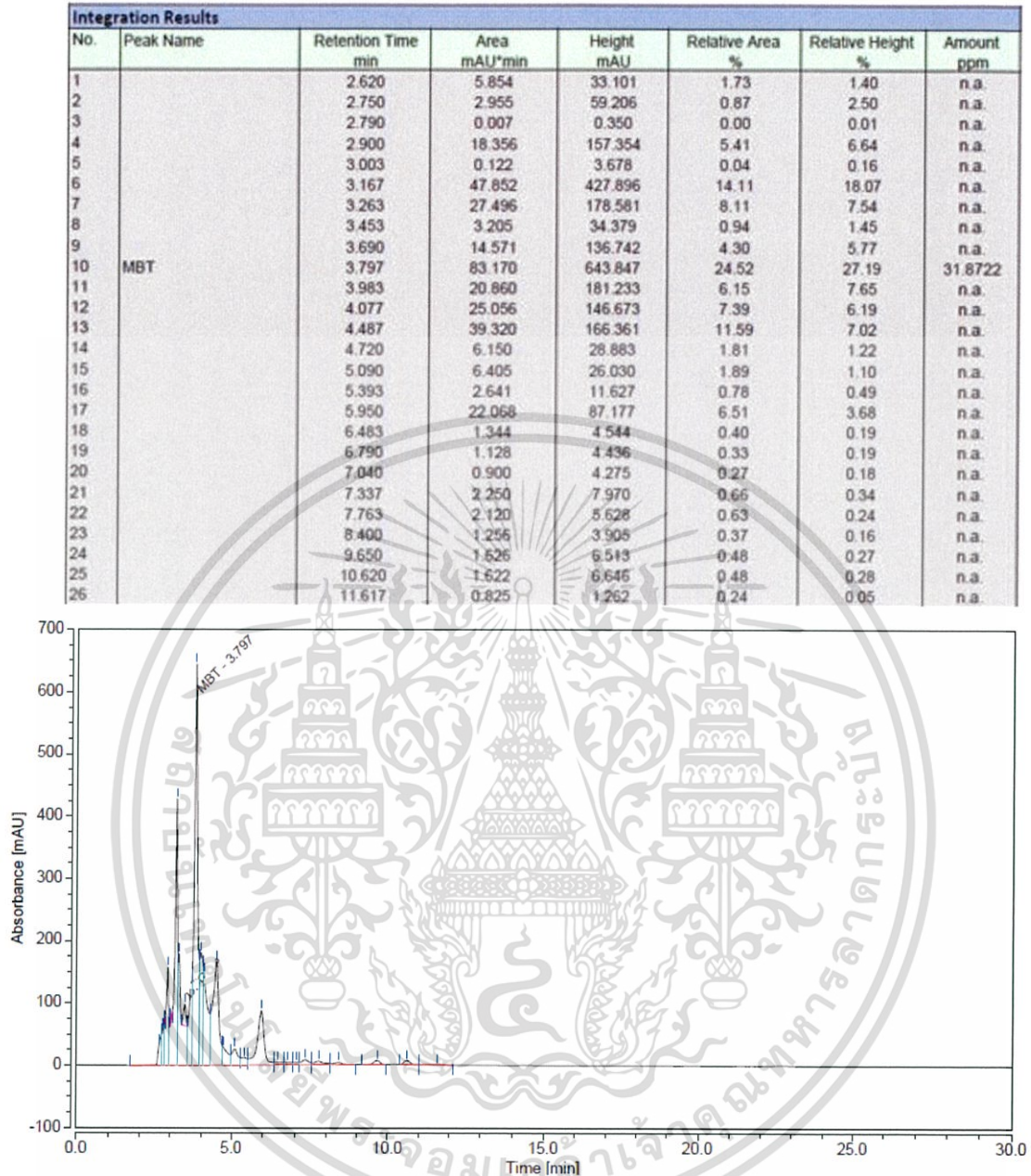
## 2.9 ปริมาณสารตกค้าง MBT และ โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์หือ I



รูปที่ 4.39 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์หือ I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 ปริมาณสารตกค้าง MBT และโครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์หือ J

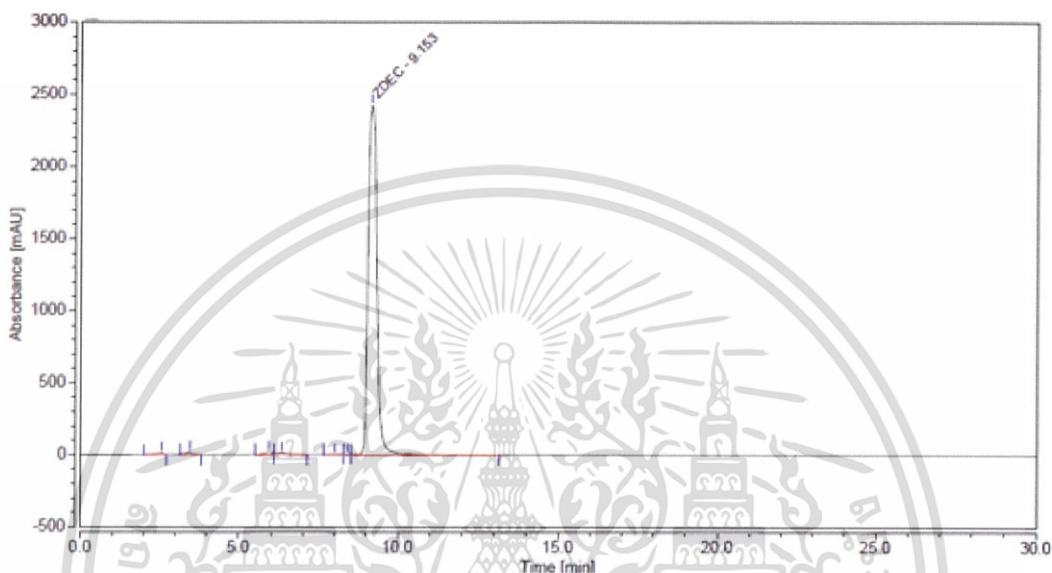


รูปที่ 4.40 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์หือ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 ปริมาณสารตกค้างและโครมาโตแกรม ZDEC จากถุงมือยางไนไตรล์ยี่ห้อ K

Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area mAU*min	Height mAU	Relative Area %	Relative Height %	Amount ppm
1		2.560	2.024	13.920	0.25	0.56	n.a.
2		3.457	3.695	22.443	0.46	0.90	n.a.
n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3		5.943	5.016	20.602	0.63	0.82	n.a.
4		6.347	5.462	13.806	0.68	0.55	n.a.
5		7.990	1.013	2.424	0.13	0.10	n.a.
6		8.413	0.586	2.599	0.07	0.10	n.a.
7	ZDEC	9.153	80.351	426.024	97.77	96.97	20.8431



รูปที่ 4.41 โครมาโตแกรมจากถุงมือยางไนไตรล์ยี่ห้อ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอังคณา พูลสวัสดิ์  
 วัน เดือน ปีเกิด 8 มีนาคม 2521 ที่ประจวบคีรีขันธ์  
 ที่อยู่ 50/13 หมู่บ้านสุภาลัยเลข 4 ถ.คุ้มเกล้า  
 แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10530  
 ประวัติการศึกษา 2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี  
 มหาวิทยาลัยรามคำแหง

### ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ.2545 – 2548 นักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัทผลิตชิ้นส่วน  
 ยานยนต์  
 พ.ศ.2548 - 2550 นักเคมีห้องปฏิบัติการ บริษัทผลิตถุงมือยาง  
 พ.ศ.2550 – ปัจจุบัน นักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัทผลิตถุงมือยาง

### การตีพิมพ์ผลงานเผยแพร่ทางวิชาการ

Aungkana, P. and Kittichai, B. 2016. Investigation on the overall migration of chemical in food simulants from food contact rubber gloves. 482- 491. in The 28th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference. Chiang Mai: Chiang Mai University.