รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ GRB_๕๐_๕๑_๒๓_๑๐

โครงการวิจัย
การศึกษาความปลอดภัยของบรรจุภัณฑ์อ่อนนิ่มที่ใช้บรรจุอาหารตามท้องถนนในกรุงเทพมหานคร

Study of safety of flexible food packaging on street vendors in Bangkok

๑ ตุลาคม ๒๕๕๐ - ๓๐ มีนาคม ๒๕๕๒

หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย

หน่วยงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท ปทุมวัน
กทม. ๑๐๓๓๐ โทร. ๐๒-๒๑๘๕๕๘๐

E-mail: aran.h@chula.ac.th

การดำเนินงาน [/] ได้ดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ
[ ] ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่ได้วางไว้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2551 ตามแผนงบประมาณ:สนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม ประเภท ผลผลิต/โครงการ ผลงานวิจัย เพื่อสร้างองค์ความรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือวิจัยและทดสอบบางส่วน จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีงบประมาณที่ได้รับทุน ปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาความปลอดภัยของถุงพลาสติกประเภทใส่อาหารและเครื่องดื่มตามท้องถนน ด้วยเทคนิคอินฟาเรดสเปกโทรสโคปี (Infrared spectroscopy) และทำการวิเคราะห์หากลุ่มสารเติมแต่งที่เข้าข่ายเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ตามเกณฑ์มาตรฐาน FDA ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสกัดด้วยสารละลายจำลองสภาวะอาหารเปรียบเทียบกับ สารละลายมาตรฐาน ไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล (Cyclohexane : 2-Propanol) อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) ผลการศึกษาพบว่าถุงพลาสติกที่พ่อค้าแม่ค้าใช้ตามท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร ร้อยละ 70 เป็นพอลิโพรพิลีน (PP)และร้อยละ 30 เป็นพอลิเอทิลีน (PE) และยังมีการระบุฉลากผิดพลาดจากร้านขายถุง โดยเฉพาะถุง PE ซึ่งน่าจะเป็นถุงเย็น แต่ร้านขายถุงระบุฉลากเป็นถุงร้อน ทำให้ผู้ใช้นำไปใส่อาหารและเครื่องดื่มร้อน โดยไม่รู้ตัว และอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ การตรวจหาสารเติมแต่งกลุ่มตัวต้านออกซิเดชันและสารหล่อลื่น ที่เข้าข่ายอันตราย ได้ตรวจพบกลุ่มตัวต้านออกซิเดชัน ได้แก่ Irganox 1010, Irganox 1076 และ Irgafos 168 แต่ระดับปริมาณยังไม่เกินเกณฑ์กำหนดของ FDA ในขณะที่ปริมาณของสารหล่อลื่น ก็อยู่ในระดับพอๆกับตัวต้านออกซิเดชัน ในขณะที่การวิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนัก ด้วยเครื่องมืออะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี (Atomic Absorption Spectroscopic) พบปริมาณตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย (ฉบับที่ 295)

สำหรับการทดสอบการย้ายที่ของสารเติมแต่งในถุงพลาสติกบรรจุอาหารไปสู่อาหาร พบว่าสารละลายอาหารจำลองประเภทไขมันที่แทนด้วยนอร์มัลเฮปเทน มีแนวโน้มให้ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งสู่อาหารได้มากกว่าอาหารจำลองกลุ่มอื่นๆ โดยผลของการทดสอบการย้ายที่ด้วยวิธีการใช้สารละลายอาหารจำลองจะให้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยวิธีสกัดใช้สารละลายมาตรฐาน

คำสำคัญ: ถุงพลาสติก ความปลอดภัยของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์อ่อนนิ่ม

Abstract

Street vendors are an integral part of economy and informal trade of Thailand. This research presents the findings from a survey and a qualitative analysis of plastic packages from street food vendors in Bangkok. The analysis concerns the identification of possible risks of using plastic packaging for food and drinks. The package samples were collected to analyze the material identification test (PE/PP) by infrared spectroscopy technique. While the determination of additives related to FDA specification. The experiment was done by extraction method using food simulants and standard solutions: cyclohexane and 2 propanol 1:1 with High Performance Liquid Chromatography, Results showed that 70% of plastic package used by street vendors was hot bag or polypropylene (PP); while 30% was cold bag or polyethylene (PE). Interestingly, it was found that half of the PE samples were mislabeled. This would mislead the usage of vendors which may harm their customers. For additive analysis, the antioxidant and lubricant additives which listed as substance of very high concern based on FDA criteria were found; for example Irganox 1010, Irganox 1076, Irgafos 168, elucamide, stearamide and Oleamide. But the measured quantity of each substance for PE and PP was lower than the limitation values. Regarding the heavy metal analysis using Atomic absorption spectroscopy, the detected cadmium and lead was not over the limitation of the notification of Thai Ministry of Public Health number 295.

The results of migration test of additives using food simulants, it was found that n-heptane, representing as fat food, tended to increase the migration of additives, compared with the results from other food simulants. In addition, the measured amount of additive migration was close to the amount obtained from extraction method using standard solutions.

Keywords: plastic bag, safety of packaging, flexible packaging

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
สารบัญเรื่อง	5
สารบัญภาพ	6
สารบัญตาราง	7
คำย่อที่ใช้ในการวิจัย	9
1. บทนำ	10
2. วัตถุประสงค์	11
3. การทบทวนวรรณกรรม	12
4. การออกแบบการวิจัย	18
5. ขอบเขตการวิจัย	19
6. ระเบียบวิธีวิจัย	20
7. ผลการวิจัยและอภิปราย	25
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	40
9. เอกสารอ้างอิง	42
10. ประวัตินักวิจัย	43
11. ภาคผนวก	44
12. ผลงานเผยแพร่ในวารสารการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์	

สารบัญภาพ

หน้า

รูป 3.1 ลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนคลื่น IR ของ PE และ PP 12-13
รูป 3.2 การทำงานของอุปกรณ์ AAS 17
รูป 6.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาสารเติมแต่งด้วยวิธีการสกัด 23
รูป 7.1. สเปกตรัม IR ที่ได้จากตัวอย่างถุงพลาสติกที่ระบุชนิด PE(บน) / PP (ล่าง) 26-27
รูป 7.2 โครมาโทแกรมของสารเติมแต่งอ้างอิง 29
รูป 7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งอ้างอิงกับค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง 30
รูป 7.4 เส้นโค้งความความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารโลหะหนัก Cd และ Pb
กับการดูดกลืนรังสี 38

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 3.1 เกณฑ์กำหนดปริมาณตัวต้านออกซิเดชัน ตามมาตรฐาน FDA(CFR21) 14
ตาราง 3.2 ระดับปริมาณสารหล่อลื่น ตามมาตรฐาน FDA (CFR21) 14
ตาราง 3.3 อาหารจำลองสำหรับการทดสอบการย้ายที่ด้วยวิธีการสกัด 15
ตาราง 3.4 ปริมาณสูงสุดของโลหะที่ให้มีได้ในเนื้อพลาสติกที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร 17
ตาราง 6.1 ข้อกำหนดในการตั้งเครื่องวิเคราะห์หาชนิดพลาสติก 21
ตาราง 6.2 ข้อกำหนดการตั้งเครื่องโครมาโทกราฟี 23
ตาราง 7.1 รายชื่อตราสินค้าถุงพลาสติกที่พ่อค้าแม่ค้าใช้บรรจุอาหารเครื่องดื่ม 25
ตาราง 7.2 ผลการวิเคราะห์ประเภทของถุงพลาสติก 30 ตัวอย่าง 27
ตาราง 7.3 รีเทนชันไทม์ของสารเติมแต่งอ้างอิงความเข้มข้น 100 ppm ในการวิเคราะห์หา
ปริมาณสารเติมแต่งที่ใช้ทำถุงพลาสติก 29
ตาราง 7.4 ค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้งของสารเติมแต่งอ้างอิง 6 ชนิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หา
ปริมาณสารเติมแต่งที่ผสมในถุงพลาสติก 29
ตาราง 7.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งชนิดต่างๆ
กับค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง 30
ตาราง 7.6 ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ (precision) ของสารเติมแต่งอ้างอิง 6 ชนิด 31
ตาราง 7.7 ปริมาณสารเติมแต่งในถุงตัวอย่างพลาสติก PP ที่สกัดด้วย
สารละลายไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล 32
ตาราง 7.8 ปริมาณสารเติมแต่งในถุงตัวอย่างพลาสติก PE ที่สกัดด้วย
สารละลายไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล 33
ตาราง 7.9 ปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างพลาสติกชนิด PP ที่สกัดด้วย
นอร์มัลเฮปเทน..... 34
ตาราง 7.10 ปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างพลาสติกชนิด PE ที่สกัดด้วย
นอร์มัลเฮปเทน 35
ตาราง 7.11 ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติก
ที่สกัดด้วยเอทานอล 35
ตาราง 7.12 ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติก ที่สกัดด้วยน้ำ (95°C)..... 36
ตาราง 7.13 เปรียบเทียบปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในถุงพลาสติก PE
ด้วยวิธีสกัดด้วยสารละลายมาตรฐาน และวิธี Migration test 37

ตาราง 7.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Cd และ Pb
กับการดูดกลืนรังสีด้วยเครื่อง AAS 38
ตาราง 7.15 ผลวิเคราะห์ปริมาณ cd และ Pb ในถุงพลาสติก ที่สกัดด้วย
สารละลายจำลองอาหาร 3 ชนิด 38

คำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Abbreviation)

PE	Polyethylene
PP	Polypropylene
FDA	Food and Drug Administration
IR	Infrared
DEHA	Diethylhexyl adipate
FTIR	Fourier Transform Infrared
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
RT	Retention time
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy
Cd	Cadmium
Pb	Lead
nm	nanometer
ml	milliliter
ppm	part per million
%RSD	% relative standard deviation

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เอกลักษณ์อย่างหนึ่งของกรุงเทพมหานคร ที่ผู้มาเยือนจากต่างประเทศมักจะกล่าวถึงบ่อย ได้แก่ การซื้อขายสินค้า อาหาร ของว่าง และเครื่องดื่ม ตามท้องถนน และพื้นที่ในตรอกซอยต่างๆ ทั้งที่ทางหน่วยงานภาครัฐกำหนดให้ และทำเองอิสระ ที่เรียกกันทั่วไปว่า หาบเร่ รถเข็น ปัจจุบันได้รับการจัดระเบียบให้ดูเรียบร้อย เป็นหน้าตาของประเทศมากขึ้น แต่สิ่งที่น่าเป็นห่วงในสายตาของผู้พบเห็นคือ ความปลอดภัยของสินค้าประเภทอาหารและเครื่องดื่ม ที่ผู้ขายเองทำไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งถุงที่ใช้บรรจุ ที่ไม่แน่ใจว่าใช้ถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้ทำถุงเป็นอันตรายหรือเปล่า เพราะคนไทยในยุคสมัยนี้ ชอบซื้ออาหารและเครื่องดื่มสำเร็จรูปใส่ถุงไปรับประทานในที่ทำงานหรือที่บ้านมากขึ้น

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญที่ถุงพลาสติกใส่อาหารและเครื่องดื่มที่ผู้ขายตามท้องถนนใช้อยู่ นำมาทดสอบประเภทพลาสติก และสำรวจว่าผู้ขายใช้ถุงใส่ประเภทอาหารเครื่องดื่มอย่างเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้กระบวนการทางเคมีทำการวิเคราะห์หากลุ่มสารเติมแต่งที่เข้าข่ายเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคตามเกณฑ์มาตรฐาน FDA ประเทศสหรัฐอเมริกา ตัวอย่าง เช่น ตัวต้านออกซิเดชัน Irganox 1010 / 1076 และ Irgafos 168 รวมทั้งสารหล่อลื่น elucamide, stearamide และ oleamide สำหรับประเทศไทยประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 295 พ.ศ. 2548 ยังไม่ได้ระบุกลุ่มสารเติมแต่งที่อยู่ในข่ายอันตรายยกเว้นสารปนเปื้อนโลหะหนักเท่านั้น

งานวิจัยฯนี้ จะทำให้ทราบว่าถุงพลาสติกที่ขายและใช้กันทุกวันนี้ ถูกต้องตามที่ระบุไว้ที่หน้าถุงหรือไม่ และพ่อค้าเองเข้าใจในการใช้หรือเปล่า มีปริมาณสารเติมแต่งกลุ่มอันตรายเท่าใด และมีการย้ายที่ของกลุ่มสารเหล่านี้ไปยังอาหารระหว่างที่มีการบรรจุอย่างไร

บทที่ 2
วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. ตรวจสอบประเภทของถุงพลาสติกที่ใช้ใส่อาหารเครื่องดื่มตามท้องถนนในกทม. และการนำไปใช้งานของผู้ขายว่าถูกต้องหรือไม่

2. ทราบประเภทสารเติมแต่งที่ผู้ผลิตใช้ผสมทำถุง และระดับปริมาณความปลอดภัยของสารเหล่านี้ ตามข้อกำหนดของ FDA

3. ทราบระดับความปลอดภัยของถุงพลาสติกเหล่านี้ เมื่อนำไปใส่อาหารและเครื่องดื่มประเภทต่างๆ โดยพิจารณาจากปริมาณการย้ายที่ (migration) ของสารเติมแต่งออกมาผสมในอาหาร และเครื่องดื่ม

โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือให้ประชาชนผู้บริโภคคนไทยมีการตื่นตัวเรื่องความปลอดภัยจากการซื้ออาหารเครื่องดื่มใส่ถุงจากผู้ขายตามท้องถนนมากขึ้น ได้ข้อมูลการผลิตถุงพลาสติกในประเทศไทย และการใช้งานที่ถูกต้องของพ่อค้าแม่ค้าคนไทย รวมทั้งสามารถให้คำแนะนำการพัฒนาการผลิตถุงพลาสติกที่เหมาะสม กับประเภทอาหารเครื่องดื่มที่ใช้ใส่

บทที่ 3
การทบทวนวรรณกรรม

1. ประเภทถุงพลาสติก

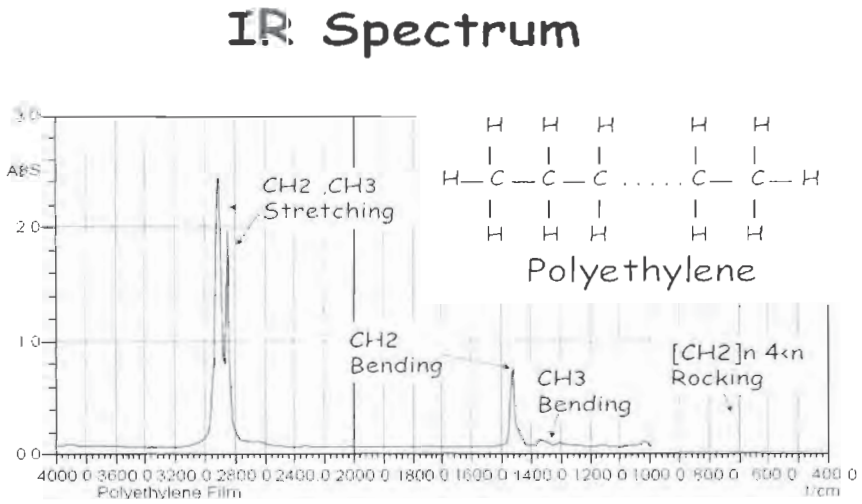
ถุงพลาสติกบรรจุอาหารและเครื่องดื่มที่ใช้กันในท้องตลาดทั่วไป จะรู้จักกันในชื่อว่า ถุงเย็น และ ถุงร้อน ซึ่งมีความหมายว่าให้ใช้กับอาหารร้อน และอาหารเย็น ได้ตามลำดับ

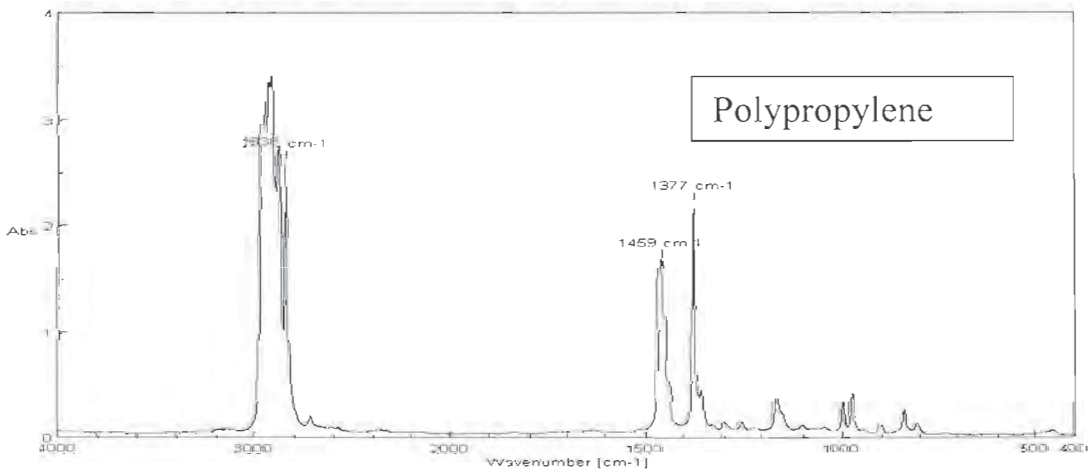
ถุงเย็น เป็นถุงมีลักษณะค่อนข้างใส นิ่ม ทำมาจากเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก น้ำหนักเบา เหนียว และทนต่อแรงกระแทกได้ดี ผลิตขึ้นทั้งในรูปแบบที่มีความหนาแน่นต่ำและสูง โดยชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density polyethylene, LDPE) จะนำไปใช้ใส่อาหารและเครื่องดื่ม รวมทั้งขนมปัง และขนมหวานต่างๆ

ถุงร้อน ส่วนใหญ่ทำมาจากเม็ดพลาสติก พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก โครงสร้างเป็นแบบเส้นตรง มีความเป็นผลึกสูง และจุดหลอมเหลวประมาณ 160-170 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นต่ำ 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่ละลายในสารละลายใด ๆ ที่อุณหภูมิห้อง มีความคงทนต่อกรดและด่างได้ดี และทนต่อความร้อนสูง เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าพอลิเอทิลีน นอกจากนี้ยังมีสมบัติเชิงกลที่ดี เช่น ความเหนียว ความแข็งแรงสูง เป็นพลาสติกที่เหมาะสำหรับทำถุงบรรจุอาหารร้อนได้ดี

สมบัติทางโครงสร้างเคมีของพลาสติก PE และ PP

การพิจารณาสมบัติทางโครงสร้างเคมีของพลาสติก PE และ PP สามารถศึกษาได้จากลักษณะเฉพาะของสเปกตรัมที่ได้จากการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรด หรือ IR (Infrared) ดังนี้





รูป 3.1 **ลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนคลื่น** IR **ของ** PE **และ** PP

2. **สารเติมแต่ง** (Additives)

สารเติมแต่งมีหลายชนิดที่ผสมในเนื้อถุงพลาสติก แต่ที่เข้าข่ายเป็นอันตรายและควรได้รับตรวจสอบ ตามข้อกำหนดของ FDA ประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนใหญ่จะเป็นสารเติมแต่งประเภทที่ช่วยให้เนื้อพลาสติกมีสมบัติอ่อนนุ่ม ไม่กรอบและอายุใช้งานนาน ตัวอย่างกลุ่มสารเติมแต่งเหล่านี้ ได้แก่

2.1 **สารหล่อลื่น** (Lubricant) ใช้เพื่อปรับสมบัติการไหลของเนื้อพลาสติก ลดสัมประสิทธิการเสียดทานของเนื้อพลาสติกในกระบวนการผลิตให้มีความเรียบ อ่อนนุ่ม ใช้งานง่าย ส่วนใหญ่เป็นสารพวกแคลเซียมสเตรียเรต พอลิเอทิลีน อิมัลชั่น เป็นต้น ตัวอย่างสารประเภทนี้ เช่น Oleamide, Erucamide และ Steamide

2.2 **ตัวต้านออกซิเดชัน** (Antioxidant) ป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อพลาสติก ที่ทำให้เกิดการสลายตัวได้ อนึ่ง ออกซิเจน เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการดังกล่าวได้ พบว่า Irganox 1076, Irganox 1010 และ Irgafos 168 เป็นตัวต้านออกซิเดชันที่ถูกนำไปใช้มากในบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งสารเติมแต่งกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นทั้ง hydrophilic และ hydrophobic ซึ่งทำให้สารเติมแต่งชนิดนี้เคลื่อนที่ไปที่ผิวของเนื้อพลาสติกได้ [1] เนื่องจากเป็นสารเคลื่อนย้ายที่ได้ FDA จึงกำหนดปริมาณสูงสุดที่มีได้ในผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร แสดงไว้ในตารางที่ 1 รวมทั้งปริมาณของสารหล่อลื่นด้วย

ตาราง 3.1 เกณฑ์กำหนดปริมาณตัวต้านออกซิเดชัน ตามมาตรฐาน FDA(CFR21)

antioxdants	CAS No	FDA(CFR 21)	
		section	ปริมาณที่มีได้สูงสุด
irganox1010	6683-19-8	178.2010	5000 ppm (PE / PP)
irganox1076	2082-79-3	178.2010	2500 ppm (PE / PP)
irgafos168	31570-04-4	178.2010	2000 ppm (PE) 2500 ppm (PP)

ตาราง 3.2 ระดับปริมาณสารหล่อลื่น ตามมาตรฐาน FDA (CFR21)

lubricants	CAS No	FDA(CFR 21)	
		section	ปริมาณที่มีได้สูงสุด
erucaminde	112-84-5	178.3860	2500 ppm (PE / PP)
stearamide	124-26-5	181.28	2500 ppm (PE / PP)
oleamide	301-02-0	181.28	2500 ppm (PE / PP)

ที่มา : U.S. Food and Drug Administration (2003)

จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 แสดงว่าสถาบัน FDA แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความสำคัญในการพิจารณาระดับอันตรายของตัวต้านออกซิเดชันและสารหล่อลื่นในถุงพลาสติก ในขณะที่ประเทศญี่ปุ่นก็มีเกณฑ์กำหนดเช่นเดียวกันใน Food Sanitation Law

3..**การย้ายที่** (Migration)

การย้ายที่ หรือไมเกรชัน เป็นปรากฏการณ์ของการถ่ายโอนมวลสาร (Mass Transfer) ระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหารที่สัมผัส ปรากฏการณ์นี้เป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์เชิงเคมีและเชิงกายภาพระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหาร โดยทั่วไปการย้ายที่มักเป็นผลเสียต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร พบว่าการย้ายที่ของสารนี้ อาจจะเกิดได้ทั้ง 2 ทิศทาง ระหว่างอาหารหรือเครื่องดื่มกับภาชนะบรรจุ สารที่เคลื่อนย้าย เรียกว่า **ไมแกรนท์** (Migrant)

Council of directive 76/893/EEC [2] ได้ระบุว่า บรรจุภัณฑ์ใดๆที่ใช้บรรจุอาหารและเครื่องดื่มจะต้องไม่มีการย้ายที่ของสารเคมีต่างๆ ไปสู่อาหารในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภค หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในอาหาร หรือทำให้คุณภาพรสชาดของอาหารเสื่อมลงจนไม่เป็นที่ยอมรับ

Startin et al. [3] ศึกษาปริมาณ diethylhexyl adipate (DEHA) ซึ่งเป็นสารเติมแต่งกลุ่มสารเสริมสภาพพลาสติก (plasticizer) ในฟิล์มหด PVC ที่สัมผัสกับอาหารชนิดต่าง ๆ พบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ

DEHA ปนเปื้อนในอาหารได้แก่ อาหารที่มีไขมันและความชื้นในอาหารสูงจะพบ DEHA มาก ปริมาณ DEHA ที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง และเวลาในการเคลื่อนย้าย DEHA จะเร็วมากในชั่วโมงแรกที่ฟิล์มสัมผัสอาหาร และอัตราการย้ายที่จะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 295 พ.ศ. 2548(4, 5) กำหนดให้ตรวจการย้ายที่ของส่วนผสมในพลาสติก วิธีการทดสอบใช้หลักการสกัดด้วยอาหารจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 เลือกใช้ตามชนิดของอาหาร หน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบการย้ายที่และให้บริการ ได้แก่ กองอาหาร กระทรวงสาธารณสุข และกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตาราง 3.3 อาหารจำลองสำหรับการทดสอบการย้ายที่ด้วยวิธีการสกัด

ชนิดอาหาร	อาหารจำลอง
อาหารที่มีความเป็นกรด – เบส เกิน 5	น้ำ
อาหารที่มีแอลกอฮอล์	เอทานอล ร้อยละ 20
ไขมัน น้ำมัน และอาหารที่มีไขมัน	นอร์มัลเฮปเทน (n-Haptane)

ที่มา: กระทรวงสาธารณสุข (2548)

4..Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy

FTIR Spectroscopy เป็นหนึ่งในเทคนิคทางออปติกที่ใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบเคมีอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยทำการตรวจวัดการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรดของตัวอย่างที่ความถี่ต่างๆ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละพันธะ หรืออาจเรียกได้ว่าเป็น ลายพิมพ์โมเลกุล ช่วยในการจำแนกประเภทของสารประกอบต่างๆและพันธะเคมีในโมเลกุล รวมถึงสามารถบอกปริมาณองค์ประกอบที่มีอยู่ในโมเลกุลของสารผสมตัวอย่างที่ไม่ทราบชนิด

ปัจจุบัน เทคนิค FTIR นี้ มีประโยชน์ในการใช้หาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบต่างๆ เพื่อควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรม และตรวจสอบหาชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ตรวจสอบสารปนเปื้อนขนาดเล็กในวัสดุ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก เส้นใย ยางและอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขนาดเล็กมาก หรือมีลักษณะ และสีเหมือนตัวอย่าง จึงยากที่จะเห็นได้ด้วยตา ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่

- ตรวจสอบการปนเปื้อนในฟิล์มพอลิเมอร์
- วิเคราะห์หาสิ่งปนเปื้อนระดับไมโครเมตร
- วิเคราะห์สารที่ใช้เคลือบผิว
- วิเคราะห์หาชนิดของพอลิเมอร์ เช่น พลาสติก ยาง เส้นใย และ สารเติมแต่ง
- วิเคราะห์หาชนิด และขนาดแต่ละชั้นของแผ่นฟิล์มลามิเนต

การดูดกลืนคลื่นอินฟราเรด ใช้หลักการที่ว่า ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิศูนย์องศาสมบูรณ์ อะตอมทุกตัวในโมเลกุลจะมีการสั่นอยู่ตลอดเวลา เมื่อความถี่ของการสั่นมีค่าเท่ากับความถี่ของคลื่นอินฟราเรดที่ฉายมายังโมเลกุล ทำให้โมเลกุลนั้นสามารถดูดกลืนคลื่นได้ จำนวนแถบการดูดกลืนทั้งหมดที่สังเกตได้จะมีค่าไม่เท่ากับการสั่นมูลฐานของโมเลกุลทั้งหมด โดยจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เพราะจะมีบางแถบพลังงานที่ไม่มีการตอบสนองต่อพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรด

5..**โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง** (High Performance Liquid Chromatography/ HPLC)

HPLC เป็นเทคนิคการแยกสารผสมโดยใช้เครื่องสูบแรงดันสูง (high pressure pump) สูบของเหลวหรือตัวทำละลายซึ่งทำหน้าที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile Phase) พาสารตัวอย่างที่ถูกฉีดเข้าทางช่องฉีดสาร (injector) เคลื่อนที่ผ่านอนุภาคที่เป็นวัฏภาคคงที่ (stationery phase) ซึ่งบรรจุอยู่ในคอลัมน์ (column) สารผสมเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์แล้วจะถูกแยกออกมาในเวลาที่ต่างกัน (retention time /RT) ผ่านเข้าสู่เครื่องตรวจวัด (detector) สัญญาณที่ตรวจวัดได้จะอยู่ในรูปเส้นโค้ง (graph) สัญญาณไฟฟ้าตามเวลาและปริมาณของสารแต่ละตัว โดยสัญญาณจะถูกส่งไปยังเครื่องบันทึกสัญญาณแสดงผลออกมาเป็นโครมาโทแกรมประกอบด้วยยอดแหลม(peaks) ของเส้นโค้ง ของสารที่เป็นส่วนประกอบของสารผสม (6)

ปัจจุบัน HPLC ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) ตรวจสอบชนิดของสารที่แยกออกมาได้ โดยเปรียบเทียบค่าretention time (RT) กับสารอ้างอิง ถ้าสารตัวอย่างและสารอ้างอิงให้ค่า RT เท่ากัน ก็ถือว่าเป็นสารเดียวกัน ในขณะที่การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis) จะพิจารณาได้ดังนี้

- วัดความสูงของยอดเส้นโค้ง (peak height) เทียบกับความสูงของเส้นโค้งของสารอ้างอิงที่ทราบปริมาณ
- วัดพื้นที่ยอดเส้นโค้ง (peak area) เทียบกับพื้นที่ของสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่ฉีดเข้าไป

6..**การวิเคราะห์สารโลหะหนัก**

เกณฑ์กำหนดปริมาณโลหะหนักที่มีได้ในบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญ เพราะในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกมีโอกาสที่สารโลหะหนักจะไปปนเปื้อนในส่วนผสมของพลาสติกได้ตลอดเวลา และเมื่อนำภาชนะบรรจุนั้นไปใส่อาหาร ก็มีโอกาสที่โลหะหนักจะแพร่กระจายไปยังสู่อาหารได้ ในประเทศไทยได้มีการกำหนดปริมาณโลหะหนักที่มีได้สำหรับภาชนะบรรจุพลาสติกตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณะสุขฉบับที่ 295 ดังตารางที่ 3.4

ตาราง 3.4 ปริมาณสูงสุดของโลหะที่ให้มีได้ในเนื้อพลาสติกที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร

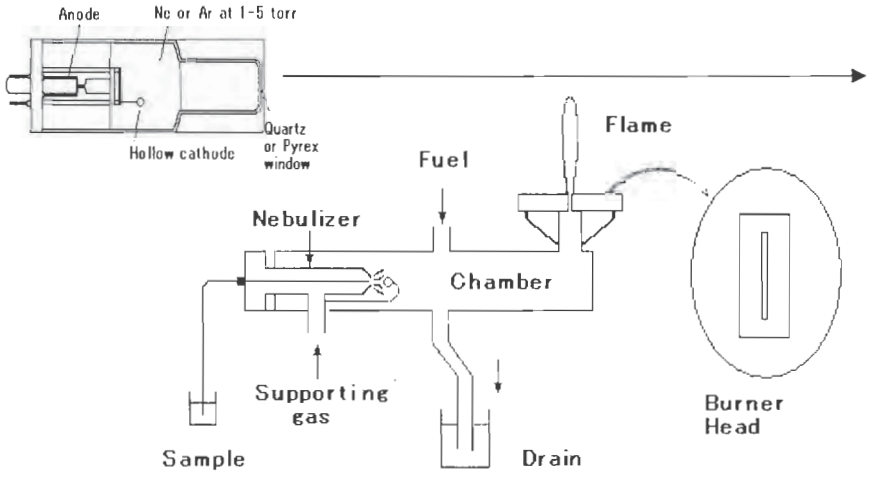
พลาสติก	ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ (มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม)			
	ตะกั่ว	สารหนู	แคดเมียม	โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)
พอลิไวนิลคลอไรด์	100	-	100	-
พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน	100	-	100	-
พอลิสไตรีน	100	-	100	-
พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์	100	-	100	-
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต	100	-	100	-
พอลิคาร์บอเนต	100	-	100	-
ไนลอน	100	-	100	-

ที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณะสุขฉบับที่ 295

7..Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

AAS เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุกลุ่มโลหะหนักในเชิงคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ ใช้หลักการให้อะตอมอิสระ (Free Atoms) ของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุนั้นๆ เช่น ธาตุ Cd และPb สามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 228.3 และ 283.3 nm ตามลำดับ

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS นี้ จะต้องทำให้ทำให้ธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมอิสระก่อน ด้วยการใช้เปลวไฟ (Flame AAS, FAAS) หรือผ่านเตากราไฟท์ (Graphite Furnace AAS, GFAAS) ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับความไวในการตรวจวัด (Sensitivity) ที่ต้องการ และลักษณะองค์ประกอบในสารตัวอย่าง



รูป 3.2 การทำงานของอุปกรณ์ AAS

บทที่ 4
การออกแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญที่ถุงพลาสติกใส่อาหารที่ผู้ขายตามท้องถนนใช้อยู่ โดยจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากร้านขายถุงที่ขายให้แก่พ่อค้าแม่ค้าเหล่านี้ จากนั้นจะนำไปทดสอบหาชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ผลิต สารเติมแต่งที่เข้าข่ายอันตรายตามเกณฑ์ของ FDA ด้วยวิธีการสกัด (extraction test) เช่น สาร antioxidant และ lubricant เป็นต้น และวิเคราะห์หาสารโลหะหนัก รวมทั้งการทดสอบการย้ายที่ (migration test) เพื่อดูว่ามีการย้ายที่ของสารเติมแต่งเหล่านี้ผสมรวมอยู่กับอาหารเครื่องดื่มที่ใช้บรรจุด้วยปริมาณเท่าใด อยู่ในระดับอันตรายหรือไม่ หรือไม่มีการซึมผ่านเลย

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่งด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูงนั้น จะทำการทดสอบหาความแม่นยำหรือความถูกต้องของค่าที่วิเคราะห์ได้จากอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย

บทที่ 5
ขอบเขตการวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

- สำรวจเก็บตัวอย่างถุงพลาสติกที่ใช้ในท้องตลาดทั่วไปในกรุงเทพมหานคร
- วิเคราะห์หาประเภทพลาสติก PE หรือ PP จากถุงตัวอย่างที่เก็บได้
- วิเคราะห์หาสารเติมแต่งที่เป็นอันตรายตามข้อกำหนดของ FDA ประเทศอเมริกา จากถุงตัวอย่าง
- ทดลองหาปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งที่วิเคราะห์ได้ในถุงพลาสติกไปยังตัวแทนอาหารที่ที่บรรจุอยู่ภายใน
- วิเคราะห์หาสารโลหะหนักที่อยู่ภายในถุงตัวอย่าง

บทที่ 6
ระเบียบวิธีวิจัย

6.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- บิกเกอร์ ขนาด 10, 25, 50, 150, 600 และ 1500 ml.
- ขวดก้นกลม ขนาด 10, 50 และ 250 ml.
- หลอดหยด
- แท่งแก้วคน
- Transfer Pipette ขนาด 0.1, 1 และ 10 ml.
- กระบอกตวง ขนาด 5, 10, 100 และ 250 ml.
- ช้อนตักสาร
- Syringe filter 0.45 μm ขนาด 0.13 mm_(Alltech, USA)
- ถุงมือผ้า
- กรรไกรตัดพลาสติก
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องสกัดตัวอย่าง (Evaporator)

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

6.2.1 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ประกอบด้วย

- หน่วยสูบฉีดของเหลว Varian รุ่น Proster 335
- หน่วยฉีดสารตัวอย่าง Varian รุ่น Proster 335
- คลอลัมน์: TSK-gel 80Ts 4.6mm x 25cm 5 μm (TOSOH CORPORATION)
- เครื่องตรวจวัดแบบอัลตราไวโอเลต Varian รุ่น Proster photodiode array UV 225 nm.

6.2.2 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy รุ่น Jasco FT/IR – 6300 (Japan) ประกอบด้วยหน่วยตรวจวัดชนิด TGS

6.2.3 เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy FAAS Type : Z-6100 Hitachi

6.3 วัสดุและสารเคมี

- ไซโครเฮกเซน (Cyclohexane) บริสุทธ์ 97 %
- 2 โพรพานอล (2-Propanol) บริสุทธ์ 91 %

- แอซิโตไนตริล (Acetonitrile HPLC Grade)
- เอทานอล 50% (Ethanol 50%) บริสุทธ์ 95 %
- นอมอลเฮพเทน (n-Heptane) บริสุทธ์ 97 %
- กรดแอซิติก 4% (Acetic acid 4%) บริสุทธ์ 96 %
- สารละลายไดไอโอโดมีเทน
- อะซิโตน
- น้ำ Milli-Q

6.4 สำรวจเก็บตัวอย่าง

สำรวจการใช้ถุงพลาสติกบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม ตามท้องตลาดของกรุงเทพมหานคร ในเขตต่างๆ ได้แก่ ปทุมวัน คลองเตย เยาวราช พระโขนง สะพานควาย และวงเวียนใหญ่ โดยบันทึกประเภทของอาหารเครื่องดื่มที่ใช้บรรจุ และสอบถามแหล่งที่มาของถุงพลาสติกนั้นๆ จากพ่อค้าแม่ค้า ได้ชื่อร้านค้าที่ขายถุง โดยคณะสำรวจได้ทำการซื้อถุงตัวอย่างจากร้านค้าเหล่านั้น รวมทั้งหมดได้ถุงตัวอย่าง 30 ยี่ห้อแตกต่างกัน ซึ่งมีการระบุประเภทถุงไว้ที่หน้าซองบรรจุว่า เป็นประเภทถุงร้อน หรือถุงเย็น เพื่อให้พ่อค้าแม่ค้านำไปใช้งานได้ทันที

6.5 วิเคราะห์หาประเภทพลาสติก

การวิเคราะห์นี้ใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ดูโครงสร้างของพอลิเอทีลีนและพอลิโพรพีลีนที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตถุง เปรียบเทียบกับสเปกตรัมมาตรฐานเพื่อระบุประเภทของพลาสติก (7)

ตัดตัวอย่างถุงพลาสติกขนาด 5 X 3 ตารางเซนติเมตร ใช้ถุงมือหยิบถุงพลาสติกไปวางในช่องฉายแสงของเครื่องมือวิเคราะห์ FTIR spectroscopy ซึ่งรายละเอียดการตั้งเครื่องได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 เปิดเครื่องปล่อยคลื่นอินฟราเรด ส่องผ่านถุงพลาสติก วัดค่าการดูดกลืนคลื่นของถุงพลาสติก แสดงผลเป็นเส้นโค้งสเปกตรัม เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสเปกตรัมของพอลิเอทีลีนและพอลิโพรพีลีน บันทึกผลการทดลอง

ตาราง 6.1 ข้อกำหนดในการตั้งเครื่องวิเคราะห์หาชนิดพลาสติก

Equipment	Jasco FT/IR - 6300
Measuring method	transmission
Detector	TGS
Resolution	4 cm^{-1}
Accumulating number	64

6.6 วิเคราะห์หาสารเติมแต่งในเนื้อพลาสติกด้วยสารละลายมาตรฐาน

การวิเคราะห์นี้ใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (HPLC) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายมาตรฐาน ไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล เรียกว่า Extraction test ตารางที่ 6.2 เป็นข้อกำหนดในการตั้งระบบของเครื่อง ก่อนอื่นต้องทำการเทียบมาตรฐาน Linearity Test และ Precision Test ของเครื่องมือก่อนดังนี้

- เตรียมสารละลายที่ผสมสารเติมแต่งอ้างอิง (reference additives) acetone+Irganox 1076, acetone+Irgafos 168, water+Irganox 1010, ethanol+Oleamide, ethanol+Steamide และ ethanol+Erucamide ให้มีความเข้มข้นระดับต่างๆ ได้แก่ 100, 250, 500 และ 1,000 ppm ตามลำดับ

- นำสารละลายที่ได้ไปเข้าเครื่องโครมาโทกราฟี ได้เส้นโค้งโครมาโทแกรม วัดค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง หาความสัมพันธ์และค่า correlation coefficients ระหว่างปริมาณความเข้มข้น กับค่าพื้นที่ที่ได้

- พิจารณาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ ได้ทำการทดลองวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารลายเติมแต่งอ้างอิงซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาค่าร้อยละความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของค่าความเข้มข้นที่วัดได้ เทียบกับค่าจริง

ตาราง 6.2 ข้อกำหนดการตั้งเครื่องโครมาโทกราฟี

column	TSK-gel 80Ts-C18 (4.6mm x 25cm 5μm) Tosoh corporation
mobile phase	water:acetonitrile 40:60 (0-13 min) 1:100 (13-45 min)
injection	5 μl
flow rate	1.2 ml/min
detector	UV 225 nanometer

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่งในเนื้อพลาสติก 30 ตัวอย่าง ดำเนินการดังนี้

- ตัดตัวอย่างถุงพลาสติกและชั่งน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัมจดบันทึกน้ำหนัก

- วางตัวอย่างในขวดก้นกลมขนาด 50 มิลลิลิตรแล้วเติมสารละลายไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล ปริมาณ 20 มิลลิลิตรเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

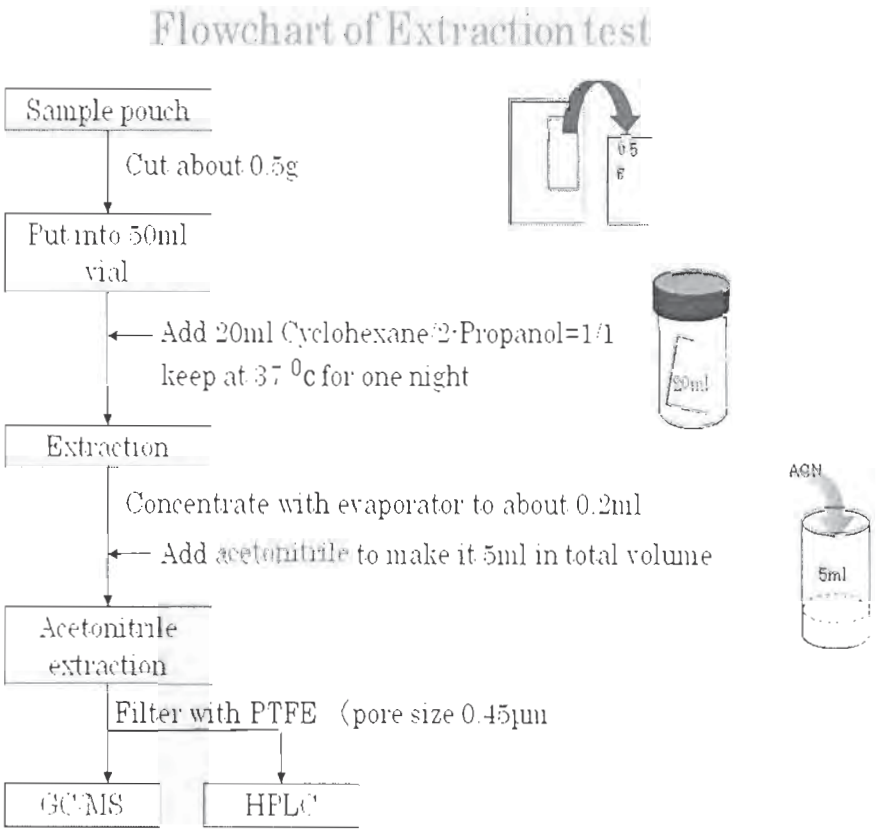
- ทำการระเหยตัวอย่างด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนเกือบแห้ง และกำจัดน้ำด้วยการใส่ Na_2SO_4 เล็กน้อย

- เทสารที่เหลือใส่ในขวดขนาดปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมด้วยสารละลายแอซิโตไนตริลที่ได้จากการกลั้วขวดก้นกลมที่ใช้ระเหย จนได้ปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร

- กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองความละเอียด 0.45 ไมโครเมตร

- นำสารละลายที่ได้ไปเข้าเครื่องโครมาโทกราฟี ได้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งโครมาโทแกรม คำนวณหาปริมาณสารเติมแต่งได้จากความสัมพันธ์ที่หาได้จาก Linearity test

- ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



รูป 6.1 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์หาสารเติมแต่งด้วยวิธีการสกัด

6.7 วิเคราะห์หาปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในเนื้อพลาสติก

การวิเคราะห์ใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (HPLC) เช่นเดียวกับหัวข้อ 6.6 แต่ใช้การสกัดด้วยสารละลายจำลองอาหาร 3 ชนิด คือ น้ำ เอทานอล และนอร์มอลเฮบเทน เรียกว่า Migration test ดำเนินการ ดังนี้

- ตัดตัวอย่างถุงพลาสติกขนาด 100 ตารางเซนติเมตรและชั่งน้ำหนักจดบันทึกน้ำหนัก

- วางตัวอย่างในขวดก้นกลมขนาด 250 มล. เติมสารละลายจำลองอาหารปริมาณ 200 มล.

- ทำการระเหยตัวอย่างด้วยเครื่อง Rotary evaporator จนเกือบแห้ง และกำจัดน้ำด้วยการใส่ Na_2SO_4 เล็กน้อย

- เทสารใส่ขวดขนาดปริมาตร 5 มล. ผสมตัวทำละลายแอซิโตไนตริลที่กลั้วขวดก้นกลม ให้ได้ปริมาตรเป็น 5 มล.

- กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองความละเอียด 0.45 ไมโครเมตร

- นำสารละลายที่ได้ไปเข้าเครื่องโครมาโทกราฟี ได้ค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งโครมาโทแกรม คำนวณหาปริมาณสารเติมแต่งได้จากความสัมพันธ์ที่หาได้จาก Linearity test

- ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

6.8 วิเคราะห์หาปริมาณของสารโลหะหนัก

วิธีนี้ใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี (AAS) ทำการวิเคราะห์ โดยก่อนวิเคราะห์จะหาเส้นโค้งมาตรฐาน (standarde curves) ของสารละลายของโลหะหนักที่ทราบความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5 และ 1.0 ppm เพื่อใช้คำนวนหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสารต่อการดูดกลืนรังสีของเครื่อง AAS ที่ 283.3 nm และ 228.3 nm. สำหรับสารโลหะหนักตะกั่ว และแคดเมียม ตามลำดับ

6.8.1 การตั้งเครื่อง AAS ในวิเคราะห์โลหะหนักตะกั่ว (Pb)

- Value of current of lamp: 7.5mA / wavelength 283.3 nm. / slit width 1.3 nm.
- Burner head: Standard burner
- Height of burner: 7.5mm
- Flame: Air-Acetylene
- Supporting gas pressure (flow rate): 160kPa(15.0L/min)
- Fuel gas pressure (flow rate): 20kPa(1.7L/min)

6.8.2 การตั้งเครื่อง AAS ในวิเคราะห์โลหะหนักแคดเมียม (Cd)

- Value of current of lamp: 7.5mA / wavelength: 228.3nm /slit width: 1.3nm
- Burner head: Standard burner
- Height of burner: 5.0mm
- Flame: Air-Acetylene
- Supporting gas pressure (flow rate): 160kPa(15.0L/min)
- Fuel gas pressure (flow rate): 15kPa(1.5L/min)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ ใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลายจำลองอาหารทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวข้างต้น ดังนี้

- ตัดตัวอย่างถุงพลาสติกขนาด 100 ตารางเซนติเมตรและชั่งน้ำหนัก จดบันทึก

- วางตัวอย่างในขวดก้นกลมขนาด 250 มล. ชุดหนึ่งผสมน้ำ 200 มล. ควบคุมอุณหภูมิที่ 95°C 30 นาที

-.นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS เพื่อหาปริมาณ ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ทำการทดลอง 3 ครั้ง

บทที่ 7
ผลการวิจัยและอภิปราย

7.1 สำรวจเก็บตัวอย่าง

จากข้อมูลเว็บไซต์ของกรมโรงงานอุตสาหรรม พบว่ามีผู้ผลิตถุงพลาสติกในกรุงเทพมหานคร จำนวน 311โรงงาน ในจำนวนนี้มีไม่ถึง 100 แห่งที่ผลิตถุงสำหรับใส่อาหารและเครื่องดื่มโดยเฉพาะ จากการสอบถามพ่อแม่ค้าในชุมชนใหญ่ 6 แห่ง สามารถรวบรวมถุงตัวอย่างได้ 30 ยี่ห้อ ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 7.1 ระบุขนาด ชื่อทางการค้า การนำไปใช้งานของถุง และความหนา

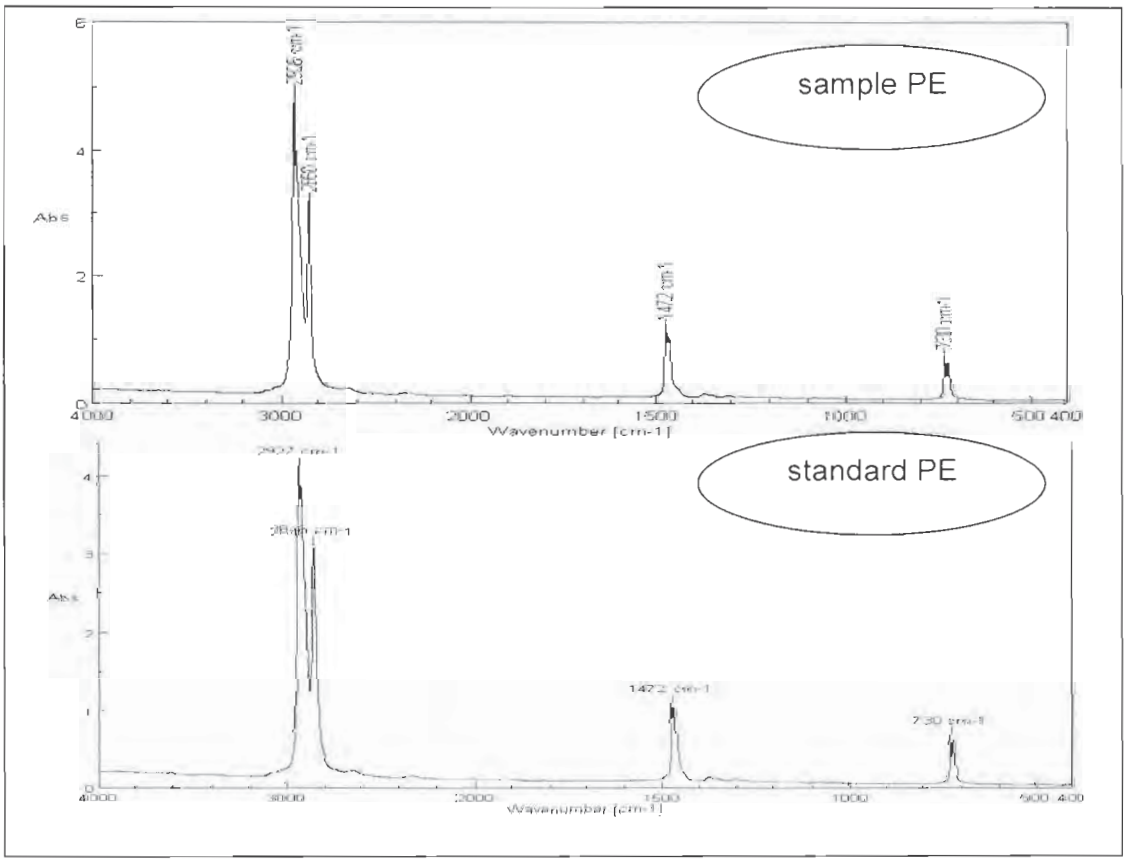
ตาราง 7.1 รายชื่อตราสินค้าถุงพลาสติกที่พ่อค้าแม่ค้าใช้บรรจุอาหารเครื่องดื่ม

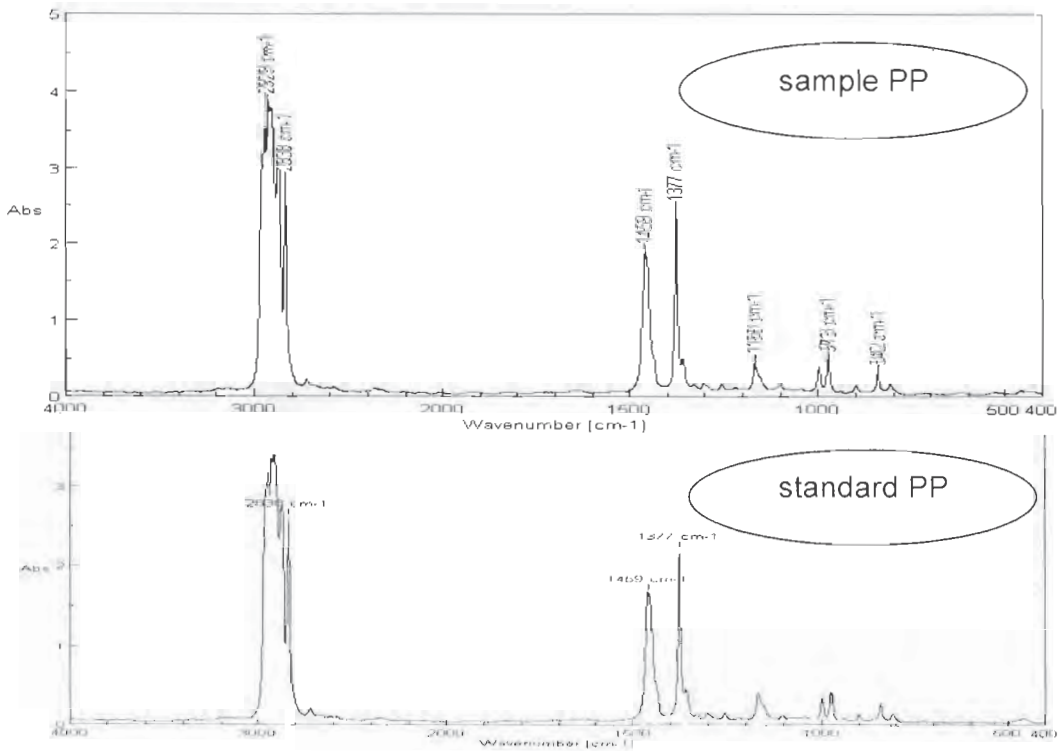
ตัวอย่าง	ขนาด	ชื่อทางการค้า	ชนิดถุง	ความหนา
1	6x9	ม้าทอง	ถุงร้อน	38
2	6x9	แอลเอส	ถุงร้อน	31
3	5x10	แอลเอส	-	38
4	6x9	จระเข้	-	29
5	7x11	ดาวทอง	ถุงร้อน	35
6	6x9	เพชร	ร้อน	34
7	6x11	เพชร	หูหิ้ว	31
8	6x9	ม้าทอง	ถุงร้อน	30
9	4x6	ม้าทอง	ถุงร้อน	36
10	6x9	กุญแจ	ถุงร้อน	36
11	6x11	ปลาคู่ดาว	ถุงใส่น้ำเย็น	33
12	6x9	ห่าน	ถุงร้อน	38
13	6x12	หมูบิน	ร้อน	37
14	4.5x7	จระเข้คู่	ถุงร้อน	33
15	6x9	ระฆัง	ถุงร้อน	36
16	6X10	อินทรีแดง	ถุงร้อน	35
17	6X9	เรือใบคู่	ถุงร้อน	37
18	10X15	หมากรุก	ถุงร้อน	41

19	6X9	นกแก้ว	ถุงร้อน	30
20	7X11	ปู	ถุงพับใส	83
21	7X11	หงส์จีน	ถุงร้อน	37
22	6X9	ช้างแดง	ถุงร้อน	33
23	8X12	KP	ถุงร้อน	21
24	6X9	เพชร	ถุงเย็น	44
25	6X9	ปลาคู่ดาว	ถุงร้อน	33
26	5X8	นกแก้ว	ถุงร้อน	34
27	6X10	นกแก้ว	ร้อน	30
28	6X9	จระเข้	-	37
29	6X9	CHAMPION	ถุงร้อน	32
30	7X11	LEADDER PRIZE	ถุงร้อน	32

7.2 ประเภทของถุงพลาสติก

รูปที่ 7.1 แสดงผลสเปกตรัม IR ที่วัดได้จากตัวอย่างพลาสติกเทียบกับสเปกตรัมอ้างอิงของPE/PP





รูป 7.1. สเปกตรัม IR ที่ได้จากตัวอย่างถุงพลาสติกที่ระบุชนิด PE(บน) / PP (ล่าง)

จากการวิเคราะห์สเปกตรัม IR ของตัวอย่างถุง 30 ยี่ห้อ เทียบกับสเปกตรัมมาตรฐาน PE และ PP เพื่อหาชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำถุงนั้นๆ พบว่า ร้อยละ 70 เป็นถุง PP และร้อยละ 30 เป็นถุง PE ดังแสดงในตารางที่ 7.2 ที่น่าสนใจคือการนำไปใช้งานของพ่อค้าและแม่ค้า **ถ้าเป็นถุง PP จะตรงกับที่ระบุหน้าซองว่าเป็นถุงร้อน ทำให้ผู้ขายใช้งานได้ถูกต้อง** ในขณะที่**ถุง PE ที่วิเคราะห์ได้ จะไม่ตรงกับที่ระบุไว้หน้าซอง พบว่ามี 4ยี่ห้อได้ระบุผิด** โดยระบุหน้าซองว่าเป็นถุงร้อน แต่จากการวิเคราะห์เนื้อพลาสติกกลายเป็นประเภท PE ซึ่งจะต้องใช้ใส่อาหารและเครื่องดื่มเย็นเท่านั้น แสดงถึง**อันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้บริโภคได้ กรณีนำไปใส่ของร้อน** ถ้ามีการละลายหรือการย้ายที่ของสารเติมแต่งในเนื้อถุงพลาสติกเข้าไปในอาหารหรือเครื่องดื่ม

ตาราง 7.2 ผลการวิเคราะห์ประเภทของถุงพลาสติก 30 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ขนาด	ความหนา	ชนิดถุงที่ระบุ	ประเภทพลาสติก
1	6x9	38	ถุงร้อน	PP
2	6x9	31	ถุงร้อน	PP
3	5x10	38	-	PE
4	6x9	29	-	PE
5	7x11	35	ถุงร้อน	PP
6	6x9	34	ร้อน	PP

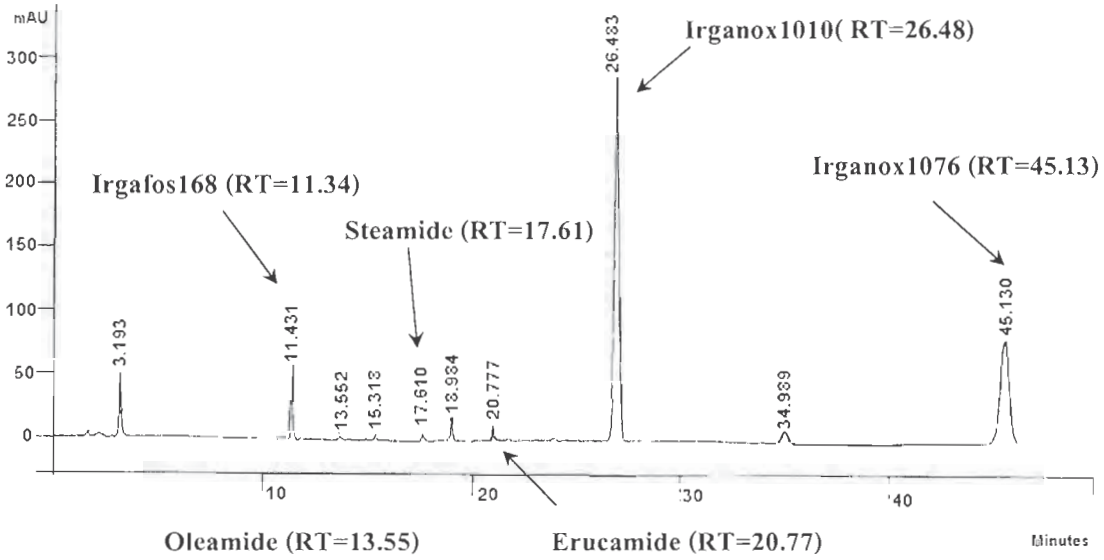
7	6x11	31	หูหิ้ว	PE
8	6x9	30	ถุงร้อน	PE
9	4x6	36	ถุงร้อน	PP
10	6x9	36	ถุงร้อน	PP
11	6x11	33	ถุงใส่น้ำเย็น	PE
12	6x9	38	ถุงร้อน	PE
13	6x12	37	ถุงร้อน	PE
14	4.5x7	33	ถุงร้อน	PP
15	6x9	36	ถุงร้อน	PP
16	6X10	35	ถุงร้อน	PP
17	6X9	37	ถุงร้อน	PP
18	10X15	41	ถุงร้อน	PP
19	6X9	30	ถุงร้อน	PE
20	7X11	83	ถุงพับใส	PP
21	7X11	37	ถุงร้อน	PP
22	6X9	33	ถุงร้อน	PP
23	8X12	21	ถุงร้อน	PP
24	6X9	44	ถุงเย็น	PE
25	6X9	33	ถุงร้อน	PP
26	5X8	34	ถุงร้อน	PP
27	6X10	30	ถุงร้อน	PP
28	6X9	37	-	PP
29	6X9	32	ถุงร้อน	PP
30	7X11	32	ถุงร้อน	PP

7.3 ชนิดสารเติมแต่งในถุงพลาสติก

ผลการวิเคราะห์สารเติมแต่งอ้างอิง Irganox 1076, Irgafos 168, Irganox 1010, Oleamide, Steamide และ Erucamide พบว่า สารแต่ละชนิดสามารถเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ลักษณะโครมาโทแกรมที่แยกจากกันอย่างเห็นได้ชัดเจน และมี retention time ที่ต่างกัน (ตารางที่ 7.3 และรูปที่ 7.2) และได้ค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง (area under curve/AUC) ดังตารางที่ 7.4

ตาราง 7.3 รีเทนชันไทม์ของสารเติมแต่งอ้างอิงความเข้มข้น 100 ppm ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่งที่ใช้ทำถุงพลาสติก

ชนิดสารเติมแต่ง	Retention Time (min)
Irganox 1076	45.130
Irgafos 168	11.341
Irganox 1010	26.483
Oleamide	13.620
Steamide	17.510
Erucamide	20.777



รูป 7.2 โครมาโทแกรมของสารเติมแต่งอ้างอิง

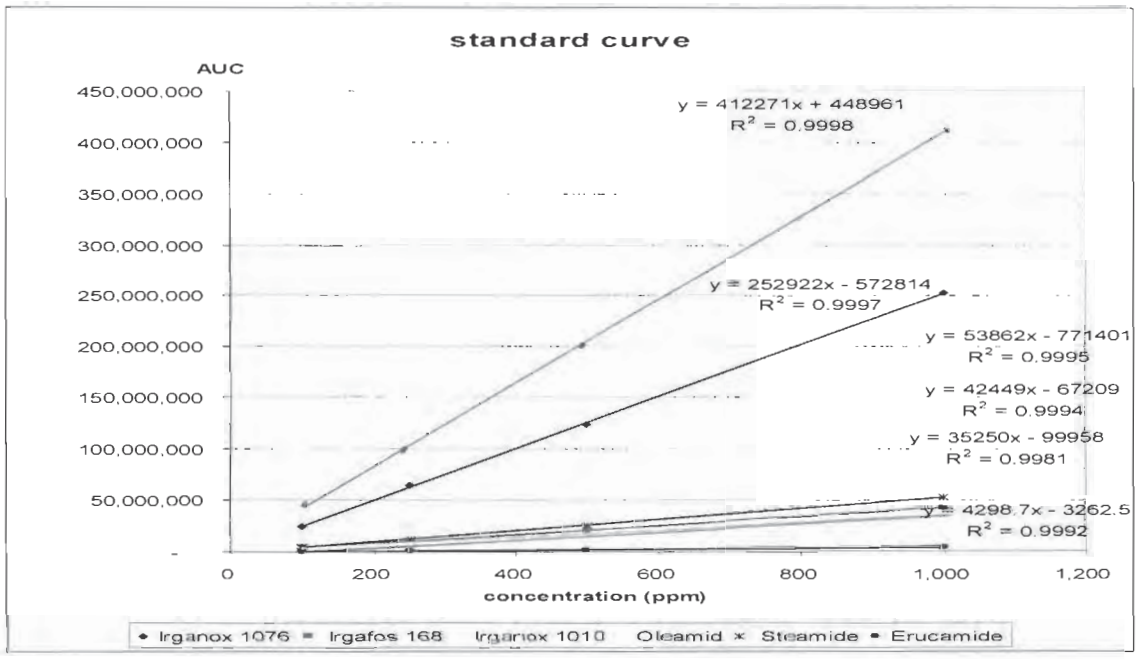
ตาราง 7.4 ค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้งของสารเติมแต่งอ้างอิง 6 ชนิด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่งที่ผสมในถุงพลาสติก

ชนิดสารเติมแต่ง	พื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง (min) ความเข้มข้น100 ppm	พื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง (min) ความเข้มข้น1000 ppm
Irganox 1076	24,877,986	253,265,504
Irgafos 168	4,503,225	251,881,344
Irganox 1010	43,491,308	414,104,416
Oleamide	35,573,500	35,929,235
Steamide	4,960,760	53,401,180
Erucamide	432,872	4,276,175

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งกับค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง พบว่าความเข้มข้นของสารเติมแต่งกับค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้งมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 100 ppm – 1,000 ppm โดยมีค่า correlation coefficients (R^2) ของ Irganox 1076, Irgafos 168, Irganox 1010, Oleamide, Steamide และ Erucamide เป็น 0.9997, 0.9994, 0.9998, 0.9996, 0.9995 และ 0.9992 ตามลำดับ (ตารางที่ 7.5 / รูปที่ 7.3)

ตาราง 7.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งชนิดต่างๆ กับ ค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง

สารเติมแต่ง	ความเข้มข้น (ppm)				R^2	สมการ Y = mX+c
	100	250	500	1,000		
Irganol1076	24,877,986	64,235,856	123,235,920	253,265,504	0.9997	Y = 252922X - 572814
Irgafos 168	4,503,225	10,536,936	20,583,120	42,637,888	0.9994	Y = 42449X - 67209
Irganox 1010	43,491,308	103,381,417	203,519,830	414,104,416	0.9998	Y = 412271X + 448961
Oleamid	3,283,350	9,383,350	16773500	35,371,809	0.9996	Y = 35483X - 190109
Steamide	4,960,760	12,760,944	25,437,120	53,401,180	0.9995	Y = 53862X - 771401
Erucamide	432,872	1,022,872	2,207,617	4,276,175	0.9992	Y = 4298.7X - 3262.5



รูป 7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเติมแต่งอ้างอิงกับค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง

ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ (precision) ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% relative standard deviation/RSD) ของ Irganox 1076, Irgafos 168, Irganox 1010, Oleamide, Steamide และ Erucamide เท่ากับ 2.52–3.18%, 1.60-2.75%, 1.37-2.72%, 1.15–2.74%, 1.55–2.83% และ 3.28 – 3.88% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7.6

ตาราง 7.6 ความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ (precision) ของสารเติมแต่งอ้างอิง 6 ชนิด

สารเติมแต่ง	ความเข้มข้น ppm	ค่าพื้นที่ใต้ยอดเส้นโค้ง			ความเข้มข้นที่วัดได้ (ppm)			เฉลี่ย x	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
Irganox 1076	100	25873105	24877986	24455060	105	101	99	101	2.88	2.84
	500	119415606	123235920	127302705	474	490	506	490	15.59	3.18
	1000	244147946	253265504	241362025	968	1,004	957	976	24.62	2.52
Irgafos 168	100	4435677	4503225	4359122	106	108	104	106	1.70	1.60
	500	20192041	20583120	21138864	477	486	500	488	11.21	2.30
	1000	44002300	42637888	41657217	1,038	1,006	983	1009	27.75	2.75
Irganox 1010	100	42447517	43491308	44756905	102	104	107	105	2.81	2.68
	500	201688152	203519830	193343839	488	493	468	483	13.16	2.72
	1000	403751806	414104416	412779282	978	1,003	1,000	994	13.66	1.37
Oleamide	100	3148733	3283350	3275142	94	98	98	97	2.13	2.20
	500	16421257	16773500	16738276	468	478	477	474	5.47	1.15
	1000	34947347	35371809	36822053	990	1,002	1,043	1012	27.70	2.74
Steamide	100	4926035	4960760	4732565	106	106	102	105	2.28	2.18
	500	24623132	25437120	26098485	471	487	499	486	13.72	2.83
	1000	52600162	53401180	51745743	991	1,006	975	991	15.37	1.55
Erucamide	100	414691	432872	448455	97	101	105	101	3.93	3.88
	500	2128143	2207617	2282676	496	514	532	514	17.98	3.50
	1000	4177823	4276175	4456630	973	996	1,037	1002	32.89	3.28

ข้อสังเกต การวิเคราะห์นี้ จะให้ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงในช่วง 100 -1,000 ppm และให้ค่า %RSD ระหว่าง1.15 – 3.88 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ไม่เกิน 15% ตามเอกสารอ้างอิงที่ 8 แสดงให้เห็นว่า

วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าว มีความแม่นยำในช่วงดังกล่าวมากพอที่จะนำมาใช้ทดสอบหาปริมาณสารเติมแต่งในถุงพลาสติกตัวอย่างได้ต่อไป

ตารางที่ 7.7-7.8 แสดงจากผลการทดลองวิเคราะห์หาสารเติมแต่งในเนื้อถุงพลาสติก PE และ PP โดยการสกัดด้วยสารละลายมาตรฐาน พบว่าปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติกชนิด PP นั้น มีปริมาณสาร Antioxidant ชนิด Irganox1010, Irganox1076 และ Irgafos168 ในช่วง 20-398 ppm, 20-532 ppm, 25-1,702 ppm ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าระดับปริมาณสูงสุดที่ FDA กำหนดไว้ที่ 5,000 , 2,500 และ 2,500 ppm และมีปริมาณสาร Lubricant ชนิด Erucamide, Stearamide และ Oleamide ในช่วง 81 – 964, 57 – 2,378 และ 6,691 – 1,224 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า 2,500 ppm ที่เป็นปริมาณสูงที่สุดที่ FDA ยอมรับได้เช่นเดียวกัน

ส่วนปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติกชนิด PE นั้น มีปริมาณสาร Antioxidant ชนิด Irganox1010, Irganox1076 และ Irgafos168 ในช่วง 14-283 ppm, 29-601 ppm, 99-647 ppm ตามลำดับ และมีปริมาณสาร Lubricant ชนิด Erucamide, Stearamide และ Oleamide ในช่วง 6 7–146, 425 – 533 และ 899 – 1184 ตามลำดับ ซึ่งผลทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยที่ FDA กำหนด

ตาราง 7.7. ปริมาณสารเติมแต่งในถุงตัวอย่างพลาสติก PP ที่สกัดด้วยสารละลายไซโครเฮกเซนและ 2-โพรพานอล

เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
1	0	456 ±4.51	0	0	0	0
2	1491 ±26.52	0	553 ±10.31	1224 ±33.24	306 ±11.42	0
5	0	415 ±5.10	57 ±7.73	0	0	0
6	1334 ±17.91	97 ±2.18	677 ±11.68	1216 ±31.46	398 ±1069	0
9	134 ±3.47	0	0	0	0	354 ±8.46
10	0	377 ±4.31	0	0	78 ±3.11	0
14	0	274 ±4.29	2378 ±18.61	0	68 ±1.94	0
15	0	699 ±6.33	0	0	52 ±2.04	0
16	0	574 ±5.91	0	0	97 ±2.62	0
17	483 ±5.99	0	0	0	32 ±1.51	0
18	516 ±11.36	0	359 ±12.85	921 ±28.65	0	521 ±10.56
20	206 ±6.90	0	194 ±4.37	0	233 ±2.89	0

21	1702 ±26.11	81 ±1.87	539 ±11.86	1198 ±25.91	352 ±3.17	0
22	887 ±13.50	0	0	0	20 ±2.13	498 ±11.28
23	620 ± 10.41	0	217 ±6.33	0	86 ±1.33	271 ±7.55
25	190 ±2.89	964 ±8.38	0	691 ±12.17	264 ±2.45	0
26	0	206 ±2.55	0	0	14 ±1.85	0
27	220 ±4.46	0	0	0	0	30 ±1.33
28	25 ±0.62	0	217 ±10.68	0	87 ±1.45	271 ±2.45
29	837 ±13.62	108 ±1.73	703 ±14.06	918 ±11.82	0	532 ±13.20
30	0	302 ±2.43	0	0	0	0

ตาราง 7.8. ปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างพลาสติกชนิด PE ที่สกัดด้วยสารละลายไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล

เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
3	167 ±1.53	0	533 ±10.55	0	283 ±4.67	29 ±1.33
4	647 ±11.29	0	425 ±9.67	899 ±11.83	112 ±2.11	601 ±15.74
7	165 ±2.10	0	0	0	14 ±1.35	275 ±6.89
8	617 ±25.88	101 ±1.04	0	1184 ±24.27	0	0
11	132 ±1.45	0	0	0	0	384 ±8.13
12	115 ±1.37	0	0	0	0	407 ±13.52
13	0	146 ±1.57	0	0	0	307 ±6.55
19	324 ±3.94	67 ±2.88	0	0	0	0
24	99 ±1.61	0	0	0	19 ±1.00	680 ±11.66

7.4 การย้ายที่ของสารเติมแต่งในเนื้อพลาสติก

ตารางที่ 7.9 - 7.12 แสดงผลข้อมูลการย้ายที่ของสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติกด้วยวิธีการสกัดของสารละลายจำลองอาหารได้แก่ นอร์มอลเฮปเทน เอทานอล และน้ำ พบว่าในสารละลายนอร์มอลเฮปเทน ได้ให้ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่า ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหารชนิดไขมันสามารถทำให้สารเติมแต่งในถุงพลาสติกเกิดการย้ายที่ได้ดีกว่า

ขอยกตัวอย่างการใช้สารละลายนอร์มอลเฮปเทน ค่าปริมาณการย้ายที่ของสาร Antioxidant ชนิด

Irganox1010, Irganox1076 และ Irgafos168 ในถุง PP อยู่ในช่วง 170-554 ppm, 54-511 ppm, 42-2,075 ppm ตามลำดับ และสาร Lubricant ชนิด Erucamide, Stearamide และ Oleamide ในช่วง 35 – 1510, 2 -- 448 และ 480 – 1,507 ตามลำดับ ในขณะที่ถุง PE ให้ปริมาณการย้ายที่ของสาร Antioxidant ชนิด Irganox1010, Irganox1076 และ Irgafos168 อยู่ในช่วง 0-0 ppm, 379-606 ppm, 270-1422 ppm ตามลำดับ และปริมาณสาร Lubricant ชนิด Erucamide, Stearamide และ Oleamide ในช่วง 172 – 1,199, 128 – 259 และ 1,588 – 1,617 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่วัดได้เหล่านี้ยังไม่เกินเกณฑ์กำหนดของ FDA

ตาราง 7.9 ปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างพลาสติกชนิด PP ที่สกัดด้วยสารละลายนอร์มัลเฮปเทน

เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
1	1138 ±23.33	173 ±2.07	128 ±2.11	989 ±21.64	0	0
2	603 ±4.53	241 ±2.38	153 ±2.53	1285 ±29.70	554 ±12.13	0
5	255 ±2.11	35 ±.077	0	798 ±12.65	0	511 ±13.59
6	244 ±2.17	492 ±3.64	286 ±5.93	1160 ±30.11	495 ±10.03	0
9	1557 ±30.41	1251 ±19.86	0	0	0	0
10	1529 ±25.82	218 ±5.55	203 ±7.69	1030 ±15.93	18 ±1.33	495 ±14.41
14	245 ±2.09	67 ±3.69	0	0	0	0
15	357 ±1.65	1380 ±10.61	0	0	0	0
16	0	327 ±3.66	0	0	0	0
17	0	174 ±2.84	0	0	0	0
18	0	93 ±2.18	0	0	458 ±10.65	0
20	419 ±7.80	169 ±2.31	143 ±4.51	0	200 ±3.46	0
21	310 ±4.66	118 ±2.69	0	0	0	0
22	0	0	2 ±1.84	1527 ±31.45	0	0
23	184 ±2.15	515 ±4.83	0	0	0	0
25	1129 ±26.57	133 ±1.84	0	0	0	53 ±1.33
26	2075 ±33.84	1510 ±32.59	196 ±2.95	0	170 ±5.18	160 ±3.03
27	311 ±2.85	396 ±3.85	0	0	0	54 ±1.15
28	42 ±1.48	333 ±4.33	9	480 ±10.68	0	0

29	922 ±21.69	877 ±16.36	448 ±2.36	1507 ±35.97	0	973 ±23.73
30	234 ±2.10	397 ±3.48	0	0	0	0

ตาราง 7.10 ปริมาณสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติกชนิด PE ที่สกัดด้วยสารละลายนอร์มัลเฮปเทน

เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
3	841 ±23.88	136 ±3.21	243 ±6.13	0	0	0
4	802 ±18.61	681 ±5.22	155 ±5.28	0	0	543 ±12.77
7	890 ±15.79	773 ±18.90	128 ±4.11	1588 ±21.88	0	606 ±15.19
8	1422 ±21.16	919 ±22.27	256 ±6.34	1617 ±27.23	0	0
11	1179 ±19.43	1199 ±15.55	0	0	0	0
12	270 ±2.55	0	0	0	0	0
13	496 ±8.74	445 ±4.98	0	0	0	0
19	1018 ±10.21	172 ±1.54	0	0	0	0
24	411 ±10.59	562 ±9.37	0	0	0	379 ±10.62

ตาราง 7.11 ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติกที่สกัดด้วยสารละลายเอทานอล

ชนิดพลาสติก	เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
PE	3	92 ±1.00	0	259 ±4.86	0	0	0
	7	0	39 ±3.55	14 ±2.62	310 ±3.37	0	0
	8	18 ±2.87	46 ±5.12	51 ±2.45	758 ±20.04	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	19	0	34 ±3.37	0	652 ±16.83	0	0
PP	2	19 ±3.25	55 ±3.29	63 ±2.44	132 ±3.66	0	0
	6	39 ±2.68	34 ±2.66	60 ±1.98	706 ±10.21	0	0
	9	20 ±3.11	0	18 ±1.51	298 ±4.37	0	4 ±1.03
	20	32 ±3.18	250 ±3.91	0	237 ±8.65	0	0
	27	0	0	60 ±2.46	0	0	0

ตาราง 7.12 ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในตัวอย่างถุงพลาสติก ที่สกัดด้วยน้ำ (95°C)

ชนิดพลาสติก	เลขที่ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
PE	3	0	0	0	100 ±4.05	0	0
	7	0	0	0	438 ±11.77	2 ±1.01	0
	8	187 ±4.12	330 ±4.68	0	0	0	7 ±1.95
	12	17 ±1.55	0	0	0	0	0
	19	17 ±2.39	0	0	0	0	7 ±2.44
PP	2	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	8	0	0	15 ±3.06
	9	3 ±1.64	0	0	0	0	0
	20	0	0	0	0	0	8 ±1.28
	27	0	0	0	0	0	0

ข้อสังเกตุ: การทดสอบการย้ายที่นี้ ใช้ตัวอย่าง PP/PE ทั้งหมดสำหรับสารละลายนอร์มอลเฮปเทน เพื่อให้มั่นใจกับผลที่ได้ แต่สำหรับกรณีใช้น้ำกับเอทานอลนั้น ได้สุ่มเลือกใช้ตัวอย่าง PP/PE ละ 5 ตัวอย่าง เนื่องจากผลที่ได้ ไม่แตกต่างกัน และไม่มีนัยสำคัญกับปริมาณที่ได้

ตารางที่ 7.13 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบวิเคราะห์การย้ายที่ของสารเติมแต่งในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน โดยการสกัดด้วยสารละลายมาตรฐาน และวิธี Migration test พบว่าให้ผลไปในทางเดียวกัน แต่วิธีการสกัดด้วยสารละลายไซโครเฮกเซน และ 2-โพรพานอล จะให้ปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งน้อยกว่าวิธีสกัดด้วยสารละลายนอร์มอลเฮปเทน แสดงให้เห็นว่าวิธีการใช้สารละลายจำลองอาหารจะช่วยในการตรวจสอบการย้ายที่ของสารเติมแต่งได้ดีกว่า

ตารางที่ 7.13 เปรียบเทียบปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งในถุงพลาสติก PE ด้วยวิธีสกัดด้วยสารละลายมาตรฐาน และวิธี Migration test

ชนิดพลาสติก	ตัวอย่าง	Irgafos 168 (ppm)	Oleamide (ppm)	Steamide (ppm)	Erucamide (ppm)	Irganox 1010 (ppm)	Irganox 1076 (ppm)
6	EX.TEST	1334 ±17.91	97 ±2.18	677 ±11.68	1216 ±31.46	398 ±1069	0
6	n-heptane	244 ±2.17	492 ±3.64	286 ±5.93	1160 ±30.11	495 ±10.03	0

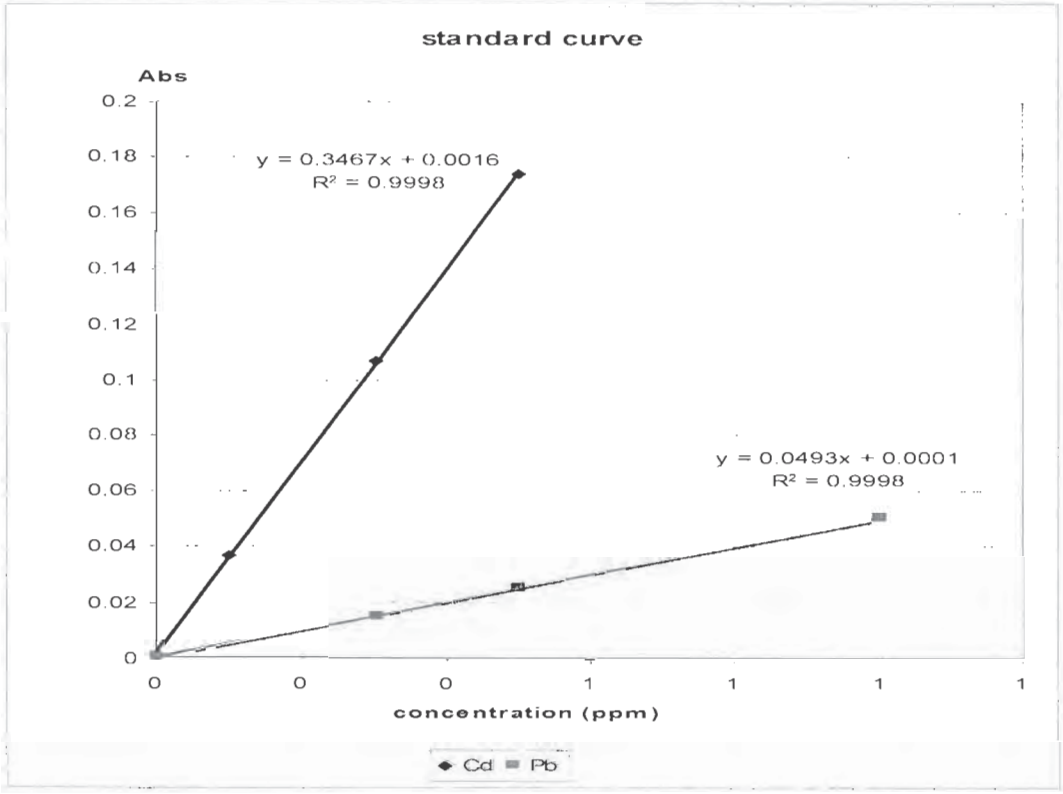
6	50% ethanol	39 ±2.68	34 ±2.66	60 ±1.98	706 ±10.21	0	0
6	water	0	0	8	0	0	15 ±3.06
7	EX.TEST	165 ±2.10	0	0	0	14 ±1.35	275 ±6.89
7	n-heptane	890 ±15.79	773 ±18.90	128 ±4.11	1588 ±21.88	0	606 ±15.19
7	50% ethanol	0	39 ±3.55	14 ±2.62	310 ±3.37	0	0
7	water	0	0	0	438 ±11.77	2 ±1.01	0
8	EX.TEST	617 ±25.88	101 ±1.04	0	1184 ±24.27	0	0
8	n-heptane	1422 ±21.16	919 ±22.27	256 ±6.34	1617 ±27.23	0	0
8	50% ethanol	18 ±2.87	46 ±5.12	51 ±2.45	758 ±20.04	0	0
8	water	187 ±4.12	330 ±4.68	0	0	0	7 ±1.95
12	EX.TEST	115 ±1.37	0	0	0	0	407 ±13.52
12	n-heptane	270 ±2.55	0	0	0	0	0
12	50% ethanol	0	0	0	0	0	0
12	water	17 ±1.55	0	0	0	0	0
20	EX.TEST	206 ±6.90	0	194 ±4.37	0	233 ±2.89	0
20	n-heptane	419 ±7.80	169 ±2.31	143 ±4.51	0	200 ±3.46	0
20	50% ethanol	32 ±3.18	250 ±3.91	0	237 ±8.65	0	0
20	water	0	0	0	0	0	8 ±1.28
27	EX.TEST	220 ±4.46	0	0	0	0	30 ±1.33
27	n-heptane	311 ±2.85	396 ±3.85	0	0	0	54 ±1.15
27	50% ethanol	0	0	60 ±2.46	0	0	0
27	water	0	0	0	0	0	0

8.5 การปนเปื้อนของสารโลหะหนัก

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักcd และ Pb กับค่าการดูดกลืนรังสี พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนัก cd และ Pb กับค่าการดูดกลืนรังสี มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0 ppm – 0.5 ppm และ 0 ppm – 1.0 ppm โดยให้ค่า correlation coefficients ของ cd และ Pb ที่ 0.9998 และ 0.9999 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7.14 และรูปที่ 7.4

ตาราง 7.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Cd และ Pb กับ การดูดกลืนรังสีด้วยเครื่อง AAS

โลหะหนัก	ความเข้มข้น (ppm)					R^2	สมการ Y = mX + c
	0.0	0.1	0.3	0.5	1.0		
Cd	0.0007	0.0367	0.1071	0.1740		0.9998	Y = 0.3467X - 0.0016
Pb	0.0002		0.0146	0.0252		0.9999	Y = 0.493X - .0001



รูป 7.4 ความความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารโลหะหนัก Cd และ Pb กับการดูดกลืนรังสี

ตารางที่ 7.15 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักแคดเมียม Cd และ ตะกั่ว Pb ในถุงพลาสติกที่สกัดด้วยสารละลายจำลองอาหารคือ น้ำ เอทานอล และ นอร์มอลเฮปเทน พบว่า ค่าของสารโลหะหนักทั้งสองที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ไม่เกินระดับอันตรายตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 295 กำหนด

ตาราง 7.15 ผลวิเคราะห์ปริมาณสารโลหะหนัก cd และ Pb ในถุงพลาสติก ที่สกัดด้วยสารละลายจำลองอาหาร 3 ชนิด

น้ำ 90 ^{0}C 30 นาที		น้ำหนักตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ppm)	
ตัวอย่าง	ยี่ห้อ	(g)100cm^2	Cd	Pb
1	ม้าทอง	0.322	<0.1	<0.3
2	แอลเอส	0.254	<0.1	<0.3

3	แอลเอส	0.312	<0.1	<0.3
4	จระเข้	0.251	<0.1	<0.3
5	ดาวทอง	0.324	<0.1	<0.3
6	เพชร	0.288	<0.1	<0.3
7	เพชร	0.302	<0.1	<0.3
8	ม้าทอง	0.266	<0.1	<0.3
9	ม้าทอง	0.309	<0.1	<0.3
10	กุญแจ	0.314	<0.1	<0.3
11	ปลาคู่ดาว	0.273	<0.1	<0.3
12	ห่าน	0.295	<0.1	<0.3
13	หมูบิน	0.279	<0.1	<0.3
14	จระเข้คู่	0.280	<0.1	<0.3
15	ระฆัง	0.318	<0.1	<0.3
16	อินทรีแดง	0.337	<0.1	<0.3
17	เรือใบคู่	0.303	<0.1	<0.3
18	หมากรุก	0.354	<0.1	<0.3
19	นกแก้ว	0.277	<0.1	<0.3
20	ปู	0.758	<0.1	<0.3
21	หงส์จีน	0.333	<0.1	<0.3
22	ช้างแดง	0.300	<0.1	<0.3
23	KP	0.196	<0.1	<0.3
24	เพชร	0.384	<0.1	<0.3
25	ปลาคู่ดาว	0.316	<0.1	<0.3
26	นกแก้ว	0.301	<0.1	<0.3
27	นกแก้ว	0.285	<0.1	<0.3
28	จระเข้	0.320	<0.1	<0.3
29	CHAMPION	0.267	<0.1	<0.3
30	LEADDER PRIZE	0.303	<0.1	<0.3

บทที่ 8
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การสำรวจนำตัวอย่างถุงพลาสติกใส่อาหารและเครื่องดื่มจากชุมชนใหญ่ 6 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร ได้ตัวอย่างมากมายทั้งจากการไปซื้อที่ร้านขายถุง หรือได้จากผู้ขายโดยตรง แยกออกมาได้ 30 ยี่ห้อ ซึ่งจำนวนยี่ห้อจริงทั้งหมดและจำนวนผู้ผลิตมีกี่แห่ง จาก 311 โรงงาน นั้นไม่ทราบแน่ชัด แต่คาดว่าไม่เกิน 100 แห่ง ดังนั้นจึงถือว่าจำนวนตัวอย่างนี้น่าจะเป็นตัวแทนกลุ่มของถุงพลาสติกที่ใช้ในกรุงเทพมหานครได้ ที่น่าสนใจ พบว่าถุงพลาสติกที่ใช้ส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เป็นถุงร้อน หรือ พอลิโพรพิลีน (PP) และร้อยละ 30 เป็นถุงเย็น หรือพอลิเอทิลีน (PE) และจำนวนครึ่งหนึ่งของถุงพลาสติกในกลุ่มของถุง PE ได้มีการระบุข้างถุงว่าเป็นถุงร้อนซึ่งเป็นการระบุให้ใช้งานผิดประเภท เนื่องจาก PE มีสมบัติทนความร้อนได้ไม่ดี เมื่อนำไปบรรจุอาหารหรือเครื่องดื่มร้อน อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้โมเลกุลของPE และสารเติมแต่งบางส่วนย้ายที่ออกจากถุง ไปสู่อาหารและเครื่องดื่มได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการพิจารณาถึงความปลอดภัยในการใช้ถุงพลาสติกเพื่อบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม

นอกจากนี้จากการทดสอบหาสารเติมแต่งในเนื้อถุงพลาสติก ยังมีการพบสารเติมแต่งหลายชนิดทั้งที่เป็นตัวต้านออกซิเดชันและสารหล่อลื่นที่เข้าข่ายเป็นสารอันตรายตามข้อกำหนดของ FDA ประเทศอเมริกา เช่น พบตัวต้านออกซิเดชัน Irganox 1076 และ Irgafos168 ปนเปื้อนอยู่ในถุงพลาสติก PE มากกว่าสารเติมแต่งชนิดอื่นๆ และพบสารหล่อลื่น Oleamide, Erucamide, Steamide และตัวต้านออกซิเดชัน Irganox 1010 ปนเปื้อนในถุงพลาสติก PP แต่ระดับปริมาณยังต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด ในขณะที่การทดลองการย้ายที่ของสารเติมแต่งเหล่านี้ในสารละลายอาหารจำลองประเภทไขมันที่แทนด้วยตัวทำละลายนอร์มัลเฮปเทน ให้แนวโน้มปริมาณการย้ายที่ของสารเติมแต่งได้มากกว่ากลุ่มสารละลายอาหารจำลองประเภทแอลกอฮอล์ และน้ำ ไม่ว่าถุงพลาสติกนั้นจะเป็น PE หรือ PP ก็ตาม โดยผลของการทดสอบการย้ายที่ด้วยวิธีใช้สารละลายอาหารจำลองได้ให้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยวิธีสกัดใช้สารละลายมาตรฐาน

ที่น่าสนใจคือ ข้อกำหนดตามมาตรฐานอาหารและยาของประเทศประเทศไทยหรือประกาศกระทรวงสาธารณะสุขฉบับที่ 295 ยังไม่มีการระบุปริมาณสารเติมแต่งที่มีได้ในถุงพลาสติกใส่อาหารและเครื่องดื่ม ยกเว้นปริมาณสารโลหะหนักเท่านั้น

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนักแคดเมียม (Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ในถุงตัวอย่าง พบมีปริมาณน้อยมาก จากการสกัดด้วยน้ำ แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยในการนำไปใส่อาหารและเครื่องดื่ม โดยโอกาสของการปนเปื้อนของสารโลหะหนักในอาหารและเครื่องดื่มนั้นจะเกิดได้น้อย

สำหรับเครื่องมือ HPLC ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารเติมแต่ง ได้มีการทดสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ ด้วยการรายงานผล %ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในขณะที่เครื่อง

FTIR และ AAS นั้นไม่ได้ทำการทดสอบ แต่มีการเปรียบเทียบมาตรฐานเครื่องทุกครั้งที่มีการวิเคราะห์สารตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะในการศึกษาเรื่องความปลอดภัยของถุงพลาสติกใส่อาหารนี้ในครั้งต่อไป ควรเพิ่มสารละลายจำลองอาหารอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น สารละลายกรดแอซิติก 4% ที่สามารถเป็นตัวแทนอาหารหรือเครื่องดื่มประเภทที่มีความเป็นกรด-เบส (pH) ต่ำกว่า 5.0 เนื่องจากการใช้สารละลายกรดแอซิติก 4% ไม่เหมาะสมกับเทคนิค HPLC แต่ต้องใช้เทคนิค Gas Chromatography (GC) แทน รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อการย้ายที่ ได้แก่ อุณหภูมิ และระดับความเข้มข้นของอาหารเครื่องดื่ม เป็นต้น นอกจากนี้ควรศึกษาผลของการย้ายที่ของสารเติมแต่งที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานผิวของถุง เพราะจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้หมึกพิมพ์หลุดลอกได้ ซึ่งในอนาคตการพิมพ์ถุงใส่อาหาร/เครื่องดื่มจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน เพื่อประชาสัมพันธ์และโฆษณาสินค้า และเมื่อมีการหลุดลอกของหมึกพิมพ์ ก็อาจจะมีผลอันตรายต่อผู้บริโภคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

บทที่ 9
เอกสารอ้างอิง

1. W.M. Heiserman (2007) *Interfacial behavior of common food contact polymer additives*, Journal of Colloid and Interface Science no. 311, p. 587–594.

2. Council Directive 85/572/EEC. (1985) *Laying down the list of simulants to be used for testing migration of constituents of plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs*, Official Journal of European Communities L 372, p. 0014 - 0021

3. J.R. Startin, M. Sharman, M.D. Rose, and J. Gilber (1987) *Migration from plasticized films into foods. 1. Migration of di-(2-ethylhexy) adipate from PVC films*. J. of Foods Additives and Contaminants

4. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 295 (2548) *กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุที่ทำจากพลาสติก*

5. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 92 (2548) *กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุ และการห้ามใช้วัสดุใดเป็น เป็นภาชนะบรรจุอาหาร*

6. แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสมบูรณ์, Principle and techniques of instrumental analysis, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ชวนพิมพ์, 2534.

7. The Infrared Spectroscopy Committee of the Chicago Society for Coatings Technology, An Infrared Spectroscopy Atlas for the Coatings Industry, Federation of Societies for Coating Technology ,1980.

8. J. Lindholm (2004) *Development and Validation of HPLC Methods for Analytical and Preparative Purposes* Ph.D. Dissertation, Uppsala University, Sweden p.35

บทที่ 10
ประวัตินักวิจัย

1. **หัวหน้าโครงการ (รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย)**

รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย จบการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ. 2524 และรับราชการเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 เป็นต้นมา รับผิดชอบการเรียนการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2527 ได้แยกเป็นภาควิชาฯ จบการศึกษาปริญญาเอกด้านเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ณ. London College of Printing / London Institute ประเทศอังกฤษในปีพ.ศ. 2531 และกลับมาทำงานที่ภาควิชาฯ จนถึงปัจจุบัน

ความเชี่ยวชาญจะเกี่ยวข้องกับ เทคโนโลยีการพิมพ์ ระบบพิมพ์แบบต่างๆ การทำมาตรฐานการพิมพ์ การพิมพ์บรรจุภัณฑ์ วัสดุพิมพ์ การควบคุมคุณภาพการพิมพ์ และการรับรู้สี

งานวิจัยมีอย่างต่อเนื่องในสาขาที่เกี่ยวข้อง ตีพิมพ์โดยเฉลี่ยปีละ 1 เรื่อง ในวารสารนานาชาติฐาน ISI

2. **นักวิจัย (รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กีรติพิบูลย์)**

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กีรติพิบูลย์ จบการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเคมีเทคนิค ในปี พ.ศ. 2519 และจบการศึกษาปริญญาโท/เอก สาขา Fermentation Technology คณะวิศวกรรมศาสตร์ จาก Hiroshima University ประเทศญี่ปุ่น รับราชการเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 รับผิดชอบด้านการเรียนการสอน และงานวิจัย

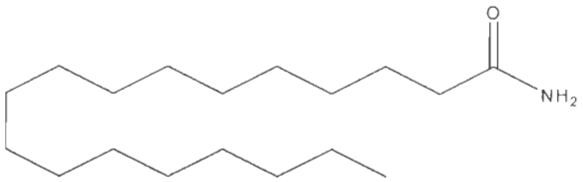
รศ.ดร.สุวิมล กีรติพิบูลย์ มีความเชี่ยวชาญด้าน Food safety and Quality Management และ Micro-biological Risk Assessment มีความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม ซึ่งได้สนับสนุนให้เดินทางไปอบรมและดูงานที่ต่างประเทศทุกปี

ปัจจุบันมีผลงานตีพิมพ์เฉลี่ยปีละ 3 เรื่อง ในวารสารนานาชาติฐาน ISI

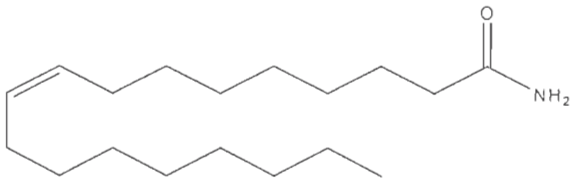
ภาคผนวก
ชื่อทางเคมีและสูตรโครงสร้างสารเติมแต่งที่ใช้ในการทดลอง

สารเติมแต่งที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อทางการค้า	ชื่อทางเคมี
1. Irganox 1076	Octadecyl-3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyhydrocinnamate
2. Irganox 1010	Tetrakis [methylene-3-(3',5'-di-tert-butyl-4'hydroxyphenyl)-propionate]
3. Irganox 168	Tris(2,4-di-tert-butylphenyl)phosphate
4. Oleamide	9-Octadecanoic acid amide
5. Steamide	Octadecanoic acid amide
6. Erucamide	cis-13-Docosenic acid amide

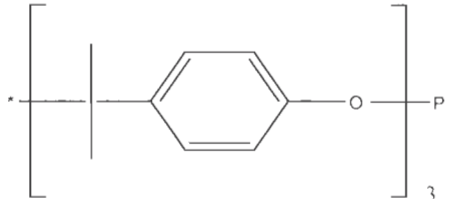


Stearamide

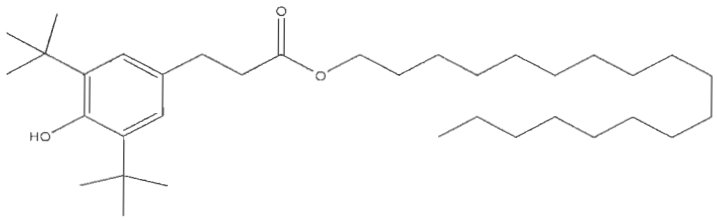


Oleamide

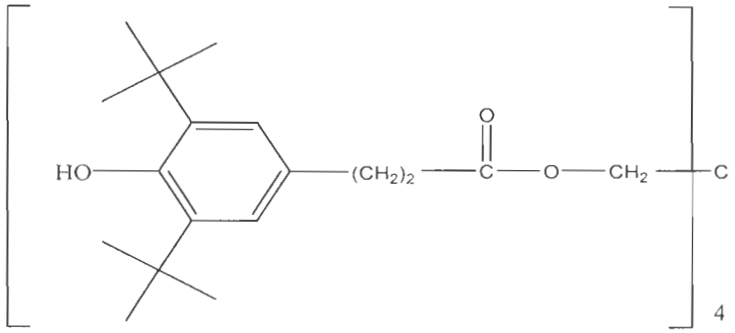
Erucamide



Irgafos 168



Irganox1076



Irganox1010

อัฐพงศ์ ทองด้วง และ อรัญ หาญสืบสาย

วิเคราะห์ความปลอดภัยของถุงพลาสติกใส่อาหารตามท้องถนนในกรุงเทพมหานคร

เอกลักษณ์อย่างหนึ่งของกรุงเทพมหานคร ที่ผู้มาเยือนจากต่างประเทศมักจะกล่าวถึงบ่อย ได้แก่ การซื้อขายสินค้าอาหาร ของว่าง และเครื่องดื่ม ตามท้องถนน และพื้นที่ในตรอกซอยต่างๆ ทั้งที่ทางหน่วยงานภาครัฐกำหนดให้ และทำเองอิสระ ที่เรียกกันทั่วไปว่า หาบเร่ รถเข็น ปัจจุบันได้รับการจัดระเบียบให้ดูเรียบร้อย เป็นหน้าตาของประเทศมากขึ้น แต่สิ่งที่น่าเป็นห่วงในสายตาของผู้พบเห็นคือ ความปลอดภัยของสินค้าประเภทอาหารและเครื่องดื่ม ที่ผู้ขายเองทำไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งถุงที่ใช้บรรจุที่ไม่แน่ใจว่าใช้ถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้ทำถุงเป็นอันตรายหรือเปล่า เพราะคนไทยในยุคสมัยนี้ ชอบซื้ออาหารและเครื่องดื่มสำเร็จรูปใส่ถุงไปรับประทานในที่ทำงานหรือที่บ้านมากขึ้น

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญที่ถุงพลาสติกใส่อาหารและเครื่องดื่มที่ผู้ขายตามท้องถนนใช้อยู่ นำมาทดสอบประเภทพลาสติกและสำรวจว่าผู้ขายใช้ถุงใส่ประเภทอาหารเครื่องดื่มอย่างเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้กระบวนการทางเคมีทำการวิเคราะห์ หากลุ่มสารเติมแต่งที่เข้าข่ายเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ตามเกณฑ์มาตรฐาน **FDA** ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศญี่ปุ่น ที่ใช้ข้อกำหนดเดียวกัน ตัวอย่างได้แก่ ตัวต้านออกซิเดชัน **Irganox** 1010 /1076 และ **Irgafos** 168 รวมทั้งสารหล่อลื่น ที่เป็นอันตราย เช่นกัน ซึ่งคาดว่าในอนาคต ทั้งมาตรฐาน **FDA** และญี่ปุ่นจะต้องกำหนดเกณฑ์การยอมรับขึ้นมา สำหรับประเทศไทย ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 295 พ.ศ. 2548 ยังไม่ได้ระบุกลุ่มสารเติมแต่งที่อยู่ในข่ายอันตราย ยกเว้นสารปนเปื้อนโลหะหนัก

ประเภทถุงพลาสติก

ถุงพลาสติกบรรจุอาหารและเครื่องดื่มที่ใช้กันในท้องตลาดทั่วไป จะรู้จักกันในชื่อว่า ถุงเย็น และ ถุงร้อน ซึ่งมีความหมายว่าให้ใช้กับอาหารร้อน และอาหารเย็น ได้ตามลำดับ

ถุงเย็น เป็นถุงมีลักษณะค่อนข้างใส นิ่ม ทำมาจากเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene, **PE**) มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก น้ำหนักเบา เหนียว และทนต่อแรงกระแทกได้ดี ผลิตขึ้นทั้งในรูปแบบที่มีความหนาแน่นต่ำและสูง โดยชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density polyethylene, LDPE) จะนำไปใช้ใส่อาหารและเครื่องดื่ม รวมทั้งขนมปัง และขนมหวานต่างๆ

ถุงร้อน ส่วนใหญ่ทำมาจากเม็ดพลาสติก พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, **PP**) มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก โครงสร้างเป็นแบบเส้นตรง มีความเป็นผลึกสูง และจุดหลอมเหลวประมาณ 160–170 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นต่ำ 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่ละลายในสารละลายใดๆที่อุณหภูมิห้อง มีความคงทนต่อกรดและด่างได้ดี และทนต่อความร้อนสูง เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าพอลิเอทิลีน นอกจากนี้ยังมีสมบัติเชิงกลที่ดี เช่น ความเหนียว ความแข็งแรงสูง เป็นพลาสติกที่เหมาะสำหรับทำถุงบรรจุอาหารร้อนได้ดี

สารเติมแต่ง (Additives)

สารเติมแต่งมีหลายชนิดที่ผสมในเนื้อถุงพลาสติก แต่ที่เข้าข่ายเป็นอันตรายและควรได้รับตรวจสอบ ตามข้อกำหนดของ FDA และประเทศญี่ปุ่น ส่วนใหญ่จะเป็นสารเติมแต่งประเภทที่ช่วยให้เนื้อพลาสติกมีสมบัติอ่อนนุ่ม ไม่กรอบและอายุใช้งานนาน ตัวอย่างกลุ่มสารเติมแต่งเหล่านี้ ได้แก่

2.1 สารหล่อลื่น (Lubricant) ใช้ปรับสมบัติการไหลของเนื้อพลาสติก ลดการเสียดทานของเนื้อพลาสติกในกระบวนการผลิตให้มีความเรียบ อ่อนนุ่ม ใช้งานง่าย ส่วนใหญ่เป็นสารพวกแคลเซียมสเตรียเรต พอลิเอทิลีน อิมัลชั่น เป็นต้น ตัวอย่างสารประเภทนี้ เช่น Oleamide, Erucamide และ Steamide

2.2 ตัวต้านออกซิเดชัน (Anti-oxidant) ป้องกันหรือชะลอกระบวนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อพลาสติก ที่ทำให้เกิดการสลายตัวได้ อนึ่ง ออกซิเจน เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการดังกล่าวได้ พบว่า Irganox 1076, Irganox 1010 และ Irgafos 168 เป็นตัวต้านออกซิเดชันที่ถูกนำไปใช้มากในบรรจุภัณฑ์อาหาร ซึ่งสารเติมแต่งกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นทั้ง hydrophilic และ hydrophobic ซึ่งทำให้สารเติมแต่งชนิดนี้เคลื่อนที่ไปที่ผิวของเนื้อพลาสติกได้ [1] เนื่องจากเป็นสารเคลื่อนย้ายที่ได้ FDA จึงกำหนดปริมาณสูงสุดที่มีได้ในผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร แสดงไว้ในตารางที่ 1 ในขณะที่ปริมาณของสารหล่อลื่น ยังไม่ได้กำหนด

ตาราง 1.
เกณฑ์กำหนดปริมาณตัวต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) ตามมาตรฐาน FDA

Anti-oxidant	Structure	CAS No	FDA (CFR21)	
			section	Limitation
Irganox 1010		6683 -19-8	§ 178.2010	0.5wt% (PE/PP)
Irganox 1076		2082 -79-3	§ 178.2010	0.25wt% (PE/PP)
Irgafos 168		31570 -04-4	§ 178.2010	0.2wt%(PE) 0.25wt%(PP)

* Limitation=weight in a polymer

§178.2010 「Antioxidants and/or stabilizers for polymers」

ตาราง 2.
โครงสร้างสารหล่อลื่น ที่มาตรฐาน FDA ยังไม่ได้กำหนดปริมาณยอมรับ

Lubricant	Structure	CAS No	FDA (CFR21)	
			section	Limitation
Erucamide	$C_{21}H_{41}CONH_2$	112-84-5	§178.3860	-
Steamide	$C_{17}H_{35}CONH_2$	124-26-5	§181.28	-
Oleamide	$C_{17}H_{33}CONH_2$	301-02-0	§181.28	-

§178.3860 「Release agents」
§181.28 「Release agents」

จากตารางที่ 1 และ 2 แสดงว่า สถาบัน **FDA** แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ให้ความสำคัญในการพิจารณาระดับอันตรายของตัวต้านออกซิเดชันมากกว่าสารหล่อลื่น ในขณะที่ประเทศญี่ปุ่นสนใจสารทั้งสองกลุ่มพร้อมๆกัน ซึ่งคาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ ประเทศญี่ปุ่นจะมีเกณฑ์กำหนดระดับอันตรายของสารหล่อลื่นกำกับพร้อมกับตัวต้านออกซิเดชัน

การย้ายที่ (Migration)

การย้ายที่ หรือไมเกรชัน เป็นปรากฏการณ์ของการถ่ายโอนมวลสาร (Mass Transfer) ระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหารที่สัมผัส ปรากฏการณ์นี้เป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์เชิงเคมีและเชิงกายภาพระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหาร โดยทั่วไปการย้ายที่มักเป็นผลเสียต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร พบว่าการย้ายที่ของสารนี้ สามารถเกิดได้ทั้ง 2 ทิศทาง ระหว่างอาหารหรือเครื่องดื่มกับภาชนะบรรจุ สารที่เคลื่อนย้ายเรียกว่า **ไมแกรนท์ (Migrant)**

Council of directive 76/893/EEC[2] ได้ระบุว่า บรรจุภัณฑ์ใดๆที่ใช้บรรจุอาหารและเครื่องดื่ม จะต้องไม่มีการย้ายที่ของสารเคมีต่างๆ ไปสู่อาหารในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภค หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในอาหาร หรือทำให้คุณภาพรสชาดของอาหารเสื่อมลงจนไม่เป็นที่ยอมรับ

Startin et al.[3] ศึกษาปริมาณ **diethylhexyl adipate (DEHA)** ซึ่งเป็นสารเติมแต่งกลุ่มพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มหด **PVC** ที่สัมผัสกับอาหารชนิดต่างๆ พบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ **DEHA** ปนเปื้อนในอาหารได้แก่ อาหารที่มีไขมันสูง จะพบ **DEHA** มาก ความชื้นในอาหารสูงจะพบ **DEHA** มาก ปริมาณ **DEHA** ที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง และเวลาในการเคลื่อนย้าย **DEHA** จะเร็วมากในชั่วโมงแรกที่ฟิล์มสัมผัสอาหาร และอัตราการย้ายที่จะค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 295 พ.ศ. 2548[4, 5] กำหนดให้ตรวจการย้ายที่ของพลาสติก วิธีการทดสอบใช้หลักการสกัดด้วยอาหารจำลอง ซึ่งมี 4 ชนิด (ตารางที่ 3) เลือกใช้ตามชนิดของอาหาร หน่วยงานของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบการย้ายที่และให้บริการ ได้แก่ กองอาหาร กระทรวงสาธารณสุข และกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตาราง 3.
อาหารจำลองสำหรับการทดสอบการย้ายที่ด้วยวิธีการสกัด

ชนิดอาหาร	อาหารจำลอง
อาหารที่มีความเป็นกรด - ด่าง เกิน 5	น้ำ
อาหารที่มีความเป็นกรด - ด่าง ไม่เกิน 5	กรดแอซิติก ร้อยละ 4
อาหารที่มีแอลกอฮอล์	เอทานอล ร้อยละ 20
ไขมัน น้ำมัน และอาหารที่มีไขมัน	นอร์มัลเฮปเทน (n-Haptane)

ที่มา: กระทรวงสาธารณสุข (2548)

ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างถุง 41 ยี่ห้อ ด้วยวิธีการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรด เพื่อหาชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำถุงนั้นๆ พบว่า ร้อยละ 76 เป็นถุง PP และร้อยละ 10 เป็นถุง PE ที่น่าสนใจคือการนำไปใช้งานของพ่อค้าและแม่ค้า **ถ้าเป็นถุง PP จะตรงกับที่ระบุหน้าซองว่าเป็นถุงร้อน ทำให้ผู้ขายใช้งานได้ถูกต้อง** และมีเพียง 6 แห่งเท่านั้น ที่นำไปใส่ของเย็นและอื่นๆ ในที่นี้หมายถึง ขนมทั่วไป ไม่ร้อนไม่เย็น ในขณะที่**ถุง PE ที่วิเคราะห์ได้ จะไม่ตรงกับที่ระบุไว้หน้าซอง พบว่ามี 5 ยี่ห้อ ที่ระบุผิด**โดยระบุหน้าซองว่าเป็นถุงร้อน แต่จากการวิเคราะห์เนื้อพลาสติกกลายเป็นประเภท PE ซึ่งจะต้องใช้ใส่อาหารและเครื่องดื่มเย็นเท่านั้น แสดงถึง**อันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้บริโภคได้ กรณีนำไปใส่ของร้อน** ถ้ามีการละลายหรือการย้ายที่ของสารเติมแต่งในเนื้อถุงพลาสติกเข้าไปในอาหารหรือเครื่องดื่ม

สำหรับการวิเคราะห์หาสารเติมแต่งด้วยวิธีการสกัด ผ่านเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง **(HPLC)** กับตัวอย่างพลาสติกที่ทราบประเภทแล้ว พบกลุ่มสารเติมแต่งที่อยู่ในข่ายที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ดังนี้

- กลุ่มตัวต้านออกซิเดชัน (anti-oxidant)
  - Irganox 1076
  - Irgafos 168
  - Irganox 1010
- กลุ่มสารหล่อลื่น (lubricant)
  - Oleamide
  - Steamide
  - Erucamide

ถุง **PE** ส่วนใหญ่จะผสมตัวต้านออกซิเดชัน **Irganox** 1076 และ **Irgafos** 168 ที่ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 600 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักพลาสติก 1 กรัม **(ug/g)** หรือ 0.06 **wt%** และมีเพียงตัวอย่างเดียวที่มีการผสมสารหล่อลื่นและ **Irganox** 1010 ด้วยปริมาณ 427 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักพลาสติก 1 กรัม หรือ 0.04 **wt%**

สำหรับถุง **PP** ทุกตัวอย่างมีการผสมสารหล่อหลื่น **Oleamide** และ **Erucamide** ด้วยปริมาณรวมระหว่าง 500–2,000 **ug/g material** ในขณะที่ตัวต้านออกซิเดชัน จะเป็นชนิด **Irganox** 1010 ทุกตัวอย่าง ปริมาณ ไม่เกิน 500 **ug/g material** (0.05 **wt%**) และพบ **Irgafos** 168 ในบางตัวอย่าง ด้วยปริมาณสูงสุดที่ 896 **ug/g material** (0.09 **wt%**)

จากระดับปริมาณของตัวต้านออกซิเดชันทั้งสามที่วิเคราะห์ได้ในเนื้อถุงพลาสติกทั้ง **PE** และ **PP** นั้น พบว่ายังอยู่ไม่เกินระดับ **Limitation** ของ **FDA** กำหนด (ดู ตารางที่ 1) เช่น Irganox 1010 และ 1076 จะต้องมีปริมาณไม่เกิน 0.5 และ 0.25 **wt%** ตามลำดับ ส่วน **Irgafos** 168 ไม่เกิน 0.2 **wt%** สำหรับ **PE** และ 0.25 **wt%** สำหรับ **PP** ดังนั้นถุงทั้งสองประเภทที่ผลิตในประเทศไทยจึงสามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนระดับปริมาณของสารหล่อลื่นในถุง **PP** จะยังไม่พิจารณา เพราะทั้ง **FDA** และ ประเทศญี่ปุ่น ยังไม่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามปริมาณที่วิเคราะห์ได้ยังไม่สูงเกินไปมากนัก เมื่อเทียบกับปริมาณของสารตัวต้านออกซิเดชัน

ส่วนผลการทดสอบการย้ายที่ของสารเติมแต่งกับอาหารจำลอง 4 ชนิด ***พบปริมาณของสารเติมแต่งดังกล่าวอยู่ในสารละลายนอร์มัลเฮปเทน แสดงให้เห็นถึงความเป็นไขมัน และน้ำมันของอาหารที่บรรจุอยู่มีส่วนกระตุ้นให้เกิดการย้ายที่*** ซึ่งผู้บริโภคควรให้ความสนใจ และระมัดระวังเป็นพิเศษกว่าอาหารหรือเครื่องดื่มที่ไม่ใช่ไขมัน ตัวอย่างอาหารประเภทนี้ เช่น อาหารคาวทั่วไป แกง ข้าวมันไก่ และน้ำซุป เป็นต้น

สรุป

ถุงพลาสติกที่พ่อค้าแม่ค้าใช้ตามท้องถนนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ายังมีการใช้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากมีการระบุฉลากผิดพลาดจากร้านขายถุง โดยเฉพาะถุง PE ซึ่งน่าจะเป็นถุงเย็น แต่ร้านขายถุงระบุฉลากเป็นถุงร้อน ทำให้ผู้ใช้นำไปใส่อาหารและเครื่องดื่มร้อน โดยไม่รู้ตัว และอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ สำหรับการตรวจหาสารเติมแต่งกลุ่มตัวต้านออกซิเดชันและสารหล่อลื่น ที่เข้าข่ายอันตราย ด้วยวิธีการสกัดนั้น ได้ตรวจพบจริง ไม่ว่า Irganox 1010, Irganox 1076 หรือ Irgafos 168 แต่ระดับปริมาณยังไม่เกินเกณฑ์กำหนดของ FDA ในขณะที่ปริมาณของสารหล่อลื่น ก็อยู่ในระดับพอๆกับตัวต้านออกซิเดชัน

อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญอยู่ที่เมื่อถุงเหล่านี้มีการบรรจุใส่อาหารประเภทไขมัน หรือมีน้ำมันแล้ว เกิดการย้ายที่ของสารเติมแต่งไปผสมกับอาหารนั้นๆ ถึงแม้ว่าปริมาณสารเติมแต่งในเนื้อถุงพลาสติกจะยังไม่เกินข้อกำหนดมาตรฐาน แต่ถ้ามีการสะสมในร่างกายมากขึ้นเรื่อยๆ ก็อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

เอกสารอ้างอิง

1. **W.M. Heiserman** (2007) *Interfacial behavior of common food contact polymer additives,* Journal of Colloid and Interface Science no. 311, p. 587594.

2. **Council Directive 85/572/EEC.** (1985) *Laying down the list of simulants to be used for testing migration of constituents of plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs,* Official Journal of European Communities L 372, p. 0014 – 0021

3. **J.R. Startin, M. Sharman, M.D. Rose, and J. Gilber** (1987) *Migration from plasticized films into foods. 1. Migration of di-(2-ethylhexy) adipate from PVC films.* J. of Foods Additives and Contaminants

4. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 295** (2548) *กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุที่ทำจากพลาสติก*

5. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 92** (2548) *กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุ และการห้ามใช้วัสดุใดเป็น เป็นภาชนะบรรจุอาหาร*