ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

MILK PRODUCTS SAFETY FROM ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUE

ฉฏาธร ชะเอม

CHATARTORN CHA-AIM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-054-332

ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

MILK PRODUCTS SAFETY FROM ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUE

ฉฏาธร ชะเอม

CHATARTORN CHA-AIM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-AI-M-054-332

ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

MILK PRODUCTS SAFETY FROM ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUE

ฉฏาธร ชะเอม

CHATARTORN CHA-AIM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562
KMITL-2019-AI-M-054-332

MILK PRODUCTS SAFETY FROM ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUE

CHATARTORN CHA-AIM

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

2019

KMITL-2019-AI-M-054-332

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

MILK PRODUCTS SAFETY FROM ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUES

ชื่อนักศึกษา นางสาวฉฏาธร ชะเอม

รหัสประจำตัว 58608062

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
ดร.วิรามศรี ศรีพจนารถ	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 12 กรกฎาคม 2562 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 22 เดือน กค. พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

นักศึกษา นางสาวฉฏาธร ชะเอม

รหัสประจำตัวนักศึกษา 58608062

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม

บทคัดย่อ

โครงการนมโรงเรียนเป็นกิจกรรมส่งเสริมการดื่มนมของนักเรียนในประเทศไทย เนื่องจากนมเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของทุกเพศ ทุกวัย และมีราคาถูก แต่นมที่เป็นแหล่งของไขมันอาจเป็นที่สะสมของสารเคมี โดยเฉพาะสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน งานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างนมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที จากผู้ประกอบการนมโรงเรียนในเขตลาดกระบัง วิเคราะห์ปริมาณไขมันในนม 3 ชนิด จำนวน 12 ตัวอย่าง พบปริมาณไขมัน 3.50, 3.03, 3.33 กรัมต่อ 100 กรัม โดยในนมพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณไขมันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย การสกัดและการวิเคราะห์หาสารตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยการเปรียบเทียบความสามารถในการสกัดระหว่างวิธี AOAC และ QuEChERS พบว่ามีความสามารถเทียบเท่ากัน จึงเลือกใช้วิธี QuEChERS เนื่องจากต้นทุนการวิเคราะห์ต่ำ และพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธี โดยมีความเป็นเส้นตรงในช่วง 0.01-0.20 ppm มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)ในช่วง 0.9953-0.9998 ค่า LOD, LOQ ของสารแต่ละชนิด อยู่ในช่วง 0.0003-0.0615 และ 0.0010-0.2050 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วงร้อยละ 80.95-110.00 การวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 13 ชนิด ได้แก่ Aldrin, Cis-Chlordane, Trans-Chlordane, Dieldrin, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, alpha-HCH, beta-HCH และ gamma-HCH ไม่พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนมทุกชนิด ภายใต้ขีดจำกัดของเครื่อง GC-MS ที่มีค่า LOD และ LOQ 0.003, 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษา เนื่องจากตัวอย่างที่วิเคราะห์มีปริมาณไม่เพียงพอในการเป็นตัวแทนของข้อมูล จึงใช้

ค่า LOQ, MRL และข้อมูลจากงานวิจัย เพื่อคำนวณปริมาณการได้รับสัมผัสและเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่าผู้บริโภค กลุ่มช่วงอายุ 3-12 ปี มีความเสี่ยงในการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนม จากการประเมินทั้ง 3 แบบ

Thesis Milk Products Safety from Organochlorine Pesticide Residues

Student Miss Chatartorn Cha-aim

Student ID. 58608062

Degree Master of Science

Program Food Safety Management

Year 2019

Thesis Advisor Dr. Pongsert Sriprom

ABSTRACT

The school milk supplement project is the encouragement of Thailand's student to drink milk. Milk is a perfect food source for everyone and cheap, but its high-fat content which may be causes of organochlorine pesticide residues. This research, the raw milk, pasteurized and UHT milk was collected from an entrepreneur who supplies to kindergarten and primary school in Ladkrabang area. Fat content in the sample are 3.50, 3.03, 3.33 g/100 g respectively and fat content in pasteurized milk is lower than Thailand's standard. Extraction and determination of organochlorine pesticides residue in milk sample were compared between AOAC and QuEChERS technique. The results showed that the extraction efficiency is not difference, Thus QuEChERS technique was selected because analysis cost was lower. The correlation coefficient (R^2), LOD, LOQ and %recovery was 0.9953 - 0.9998, 0.0003 - 0.0615, 0.0010 - 0.2050 and 80.95 - 110.00% respectively. The determination of 13 groups of organochlorine pesticide residues including Aldrin, Cis-Chlordane, Trans-Chlordane, Dieldrin, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, alpha-HCH, beta-HCH, and gamma-HCH. The results showed that not found pesticide residue in all sample.

Due to the small sample sizes, the health risk assessment in kindergarten and primary's student has calculated exposure by using LOQ, MRL, and previous research data, then comparing with the acceptable daily intake (ADI). The results indicated that

the consumer in age between 3-12 years has health risk effect from organochlorine pesticide residue from milk.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหา ให้ความรู้ ประสบการณ์แก่ข้าพเจ้า และช่วยเรียบเรียงแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ ดร.ระจิตร สุวพานิช และ ดร.วิรามศรี ศรีพจนารถ คณะกรรมการสอบ

ขอขอบคุณ คุณอิสระภาพ สุขอยู่ ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ คุณอุทัย พันธ์ยาง คุณกระหนกลักษณ์ ชลมาตร์ คุณธนวดี ศรีแก้ว คุณฑณากาญจน์ สุขอยู่ คุณภัททิรา เอี่ยมประโคน และคุณบริวัตร สืบจันทา ที่ช่วยในการเก็บตัวอย่างนมเพื่อการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณปภาดา ประจง ที่คอยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง GC-MS ดร.กฤษดา ปิติจะ ที่คอยให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและแก้ไขปัญหาเครื่อง GC-MS คุณอารีย์ เทศทัต เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ และคุณกาญจนา มานะมุ่งมงคลที่ช่วยเบิกอุปกรณ์ สารเคมีและดำเนินการเรื่องต่างๆ ขอบคุณทุนรายได้คณะอุตสาหกรรมเกษตร ปี 2562 ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกครอบครัว พี่น้องที่รู้จัก ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุน เป็นกำลังใจที่สำคัญ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าให้มีความรู้และทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จ

ฉฏาธร ชะเอม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ……I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……...…...III
กิตติกรรมประกาศ……..……..V
สารบัญ……..…...VI
สารบัญตาราง……....VIII
สารบัญรูป……...…..…X
บทที่ 1 บทนำ……1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย……..……..…1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……....……3
1.3 ขอบเขตการศึกษา……..…..3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ……..…….4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..……..…5
2.1 สารกำจัดศัตรูพืช……..……..…....5
2.2 นม……...……....8
2.3 เกณฑ์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในนมและผลิตภัณฑ์……....18
2.4 การประเมินความเสี่ยง……..……...20
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……23
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง……...……....…….30
3.1 เครื่องมือ เครื่องแก้วและอุปกรณ์……...……..……...30
3.2 สารเคมี……..……....31
3.3 ตัวอย่าง……..……..……....32
3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง……..……..……....32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง……...…….46
4.1 มาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมในประเทศไทย……....…..….46
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในนม……....…..….50
4.3 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน……....….51
4.4 การศึกษาความถูกต้องของวิธีการสกัดและการวิเคราะห์……..……....55
4.5 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในตัวอย่างนม……..…..59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 การประเมินความเสี่ยง……..…..…..….62
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ……...…….……71
บรรณานุกรม…….……...…..……73
ภาคผนวก ก…….……...……80
ภาคผนวก ข…….……....…..…..……79
ภาคผนวก ค…….……....…..…..…….87
ภาคผนวก ง…….……....…..…..……88
ภาคผนวก จ…….……....…..…..…….91
ประวัติผู้เขียน…….……...…..……....92

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ประเทศไทยประกาศห้ามใช้งาน.....7

2.2 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย ..…18

2.3 ข้อมูลการบริโภคนมของประชากรไทย……...……..21

2.4 ข้อมูลน้ำหนักตัวของประชากรไทย แบ่งตามเพศและกลุ่มอายุ…….…….22

2.5 ค่า ADI ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน……..…….…….23

2.6 ตารางแสดงการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนม
และผลิตภัณฑ์ของประเทศต่างๆ ……..…28

3.1 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างนม……..……32

3.2 ข้อมูลวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืช……....34

3.3 ตารางแสดงสภาวะเครื่อง GC-MS โปรแกรม Scan mode…….44

3.4 ตารางแสดงสภาวะเครื่อง GC-MS โปรแกรม Sim mode……..……....44

4.1 ปริมาณไขมันในตัวอย่างนม……..51

4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน……..……..53

4.3 ผลการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากวิธีต่างๆ……..……54

4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และ Retention time…….…...55

4.5 ค่า LOD และ LOQ ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน…….…56

4.6 ค่าร้อยละการกลับคืน……...…..57

4.7 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนมเมื่อพิจารณาค่าไขมันตามประกาศ
กระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387……...……..59

4.8 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี…….……..65

4.9 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี…….……..66

4.10 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี…….……..67

4.11 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี……...……..68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.12 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี……..……..…..69

4.13 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี……...……..…..70

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
2.1 แผนผังแสดงองค์ประกอบของน้ำนม……..……...……..……..….9
2.2 ขั้นตอนการผลิตนม ……...…..….10
3.1 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC official method 970.52 (2016)……..…..…35
3.2 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC ของ Ashnagar และคณะ (2009)……..…...37
3.3 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC ของ Heck และคณะ (2007)……...…....…39
3.4 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChER ของ In-Seek และคณะ (2012)……...……...40
3.5 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChER ของ Xianyu และคณะ (2014)……..……42
4.1 มาตรฐานที่ใช้กำกับดูแลการผลิตนม……..…...…46
4.2 โครมาโทแกรมของตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม……..58
4.3 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง Blank……...….58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกมาเป็นเวลานาน เพื่อทำให้ได้ผลผลิตที่ดีในปริมาณมาก เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติทำลายสิ่งมีชีวิตเป้าหมาย มีความร้ายแรง และมีความคงทนสูงในสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และถ่ายทอดสู่ห่วงโซ่อาหาร จากการชะลงสู่สิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อม รวมถึงดูดซึมในพืชต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น ดีดีที (Dichlorodiphenyltrichloroethane; DDT), อัลดริน (Aldrin), ดีลดริน (Dieldrin), ลินเดน (Lindane), คลอร์เดน (Chlordane), เฮปทาคลอร์ (Heptachlor) เป็นต้น ซึ่งมีความเป็นพิษมากและคงทนในสิ่งแวดล้อม จึงถูกระงับการใช้งานในประเทศต่างๆ รวมถึงประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมที่ห้ามใช้สารเคมีทางการเกษตรบางชนิดได้แก่ DDT เมื่อพ.ศ.2526 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2538) และ Lindane เมื่อพ.ศ. 2544 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2544) หลังจากระงับการใช้งานสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ยังคงพบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดิน และน้ำ ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปสู่พืชที่ใช้เลี้ยงสัตว์ และปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ และนม ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ได้ เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน ระเหยเป็นไอได้ต่ำ ย่อยสลายได้ยากด้วยปฏิกิริยาทางเคมีและชีวภาพ ทำให้การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในสิ่งแวดล้อมยาวนาน จากงานวิจัยของ Deti และคณะ (2014) พบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ Aldrin, Endosulfan และ DDT ปนเปื้อนในน้ำนมดิบของโคและแพะ จาก 4 เมือง ของประเทศเอธิโอเปีย ซึ่งได้มีการยกเลิกการใช้งานสารกลุ่มนี้เป็นเวลากว่า 20 ปี สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอียิปต์ของ Abou-Arab (1999) ที่พบว่ามีการตกค้างของ Lindane และอนุพันธ์ ในน้ำนมโคดิบ นมสเตอริไรส์ ชีส กรีกโยเกิร์ตและโยเกิร์ต หรือแม้กระทั่งบนที่ราบสูงชิงไห่-ทิเบต ที่ไม่มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูก (Pan และคณะ, 2014) ยังพบการตกค้างของ Endosulfan, DDT, Hexachlorocyclohexane; HCH, Hexachlorobenzene; HCB และ Polychlorinated Biphenyls; PCBs ในหญ้าเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งเนื้อ ตับ และน้ำนมของจามรี

ในประเทศไทยนมโค เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หาบริโภคได้ง่าย เหมาะสำหรับทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการนมโรงเรียนที่รัฐบาลจัดตั้งขึ้น ตั้งแต่ปีงบ พ.ศ. 2535 เพื่อส่งเสริมให้เด็กนักเรียนได้ดื่มนม แก้ปัญหาการขาดสารอาหารและภาวะทุพโภชนาการในเด็ก ตลอดจนช่วยสนับสนุนเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมให้สามารถขายน้ำนมดิบได้ ซึ่งน้ำนมมีส่วนประกอบ

ของไขมันสูง จึงควรมีการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างดังเช่นงานวิจัยในประเทศต่างๆ แต่ในประเทศไทยยังขาดข้อมูลการรายงานสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำนม ที่สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงได้ มีเพียงข้อมูลที่รายงานในลักษณะการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำนมเพียงส่วนหนึ่ง จากการสำรวจเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในน้ำนมโดยมาลินี ลิ้มโภคา และคณะ (2526) จากโคที่ศูนย์เลี้ยงโคนมหนองโพ จ.ราชบุรี ตรวจพบ p,p'-DDT, Aldrin, Dieldrin, Heptachlor และ Heptachlor epoxide ส่วนน้ำนมจากภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตรวจพบ Dieldrin, Heptachlor และ Heptachlor epoxide

กระบวนการผลิตนม สามารถแบ่งตามกระบวนการให้ความร้อนได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ พาสเจอไรส์ สเตอริไรส์ และยูเอชที (UHT) กระบวนการให้ความร้อนมีความสัมพันธ์แบบผันแปรในการลดลงของปริมาณการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช โดย Abou-Arab (1999) ได้ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อการลดลงของ Lindane และอนุพันธ์ พบว่าการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 15 วินาที และอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 65 และ 73 ตามลำดับ ส่วนการสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 84.4 สอดคล้องกับผลการทดลองของ Heck และคณะ (2007) ที่พบการลดลงของ Aldrin, HCH, HCB และ DDT ในน้ำนมดิบที่ผ่านการให้ความร้อนแบบพาสเจอไรส์ และยูเอชที ในประเทศบราซิล

นอกเหนือจากการวิเคราะห์หาสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในนม การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพทำให้ทราบว่ามีโอกาสได้รับอันตรายจากการบริโภคหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ในอาหาร (Maximun Residue Limits; MRLs) กำหนดโดยหน่วยงานสากลหรือหน่วยงานที่มีอำนาจทางกฎหมายของแต่ละประเทศ ค่า MRLs ใช้เป็นเกณฑ์ตรวจสอบสินค้าในการซื้อขายและมีการสุ่มตรวจสอบจากหน่วยงานที่ดูแลด้านความปลอดภัยทางอาหาร นอกจากนี้ดัชนีชี้วัดความปลอดภัยจากการบริโภคอาหารอีกอย่าง คือ ระดับที่ยอมรับได้ต่อวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) ภายใต้หลักการว่าหากได้รับสารชนิดหนึ่งในปริมาณที่กำหนดจากการบริโภคเข้าไปในร่างกายทุกวัน เป็นระยะเวลานาน จะไม่พบความเสี่ยงที่มีผลกระทบซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ตัวอย่างการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพดังเช่นการศึกษาของ Jonh และคณะ (2001) พบ HCH, Heptachlor และ Aldrin ในนมควาย ปริมาณ 2043, 284, 721 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ MRLs ของ WHO ที่กำหนดไว้ 100, 150, 100 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่าไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในนมโค พร้อมทั้งประเมินการได้รับสัมผัสและความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพในกลุ่มเด็กนักเรียน เนื่องจากนมโคเป็นอาหารที่นิยมบริโภคในกลุ่มเด็กนักเรียน ซึ่งเป็นวัยที่กำลังเจริญเติบโต

ระบบภูมิคุ้มกันของร่ายกายยังทำงานได้ไม่เต็มที่ จึงมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมาก หากได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในนม ได้แก่ นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที

1.2.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงการได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จากการบริโภคนม ในนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านตัวอย่าง

นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที ปริมาณตัวอย่างละ 500 มิลลิลิตร รวมจำนวน 12 ตัวอย่าง

1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

ผู้ประกอบการนมโรงเรียน ที่ได้รับการจัดสรรเขตพื้นที่การจำหน่ายนมโรงเรียนในเขตลาดกระบัง

โรงเรียนประถมศึกษาในเขตลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการ จ.ชลบุรี

1.3.3 ขอบเขตด้านข้อมูล

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตนมของประเทศไทย

ข้อมูลการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทยและต่างประเทศ ระหว่างปี พ.ศ.2523 ถึงปัจจุบัน

1.3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562

1.3.5 ขอบเขตของตัวแปร

ตัวแปรต้น การวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas chromatography mass spectrometry)

ตัวแปรตาม ความเป็นเส้นตรง (Linearity), ร้อยละการกลับคืน (Recovery), ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ)

ตัวแปรควบคุม ปริมาณตัวอย่าง, วิธีการวิเคราะห์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ทราบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จากหลักการของ AOAC และ QuEChERS

1.4.2 ทราบแนวโน้มปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมนมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ นมยูเอชที

1.4.3 ทราบแนวโน้มความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการบริโภคนม ในกลุ่มนักเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษา ช่วงอายุ 3-12 ปี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารกำจัดศัตรูพืช

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย (2535) เป็นกฎหมายที่กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการในการควบคุมวัตถุอันตรายประเภทต่างๆ ที่นำมาใช้งานในประเทศไทย คลอบคลุมวัตถุอันตรายทุกชนิด และให้อำนาจแก่กระทรวงอุตสาหกรรม ในการระบุชื่อหรือคุณสมบัติของวัตถุอันตรายชนิดของวัตถุอันตราย กำหนดเวลาการใช้บังคับและหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการควบคุมวัตถุอันตรายดังกล่าว โดยวัตถุอันตรายสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

วัตถุอันตรายชนิดที่ 1 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนด

วัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อนและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดด้วย

วัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาต

วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบดูแลวัตถุอันตรายทางการเกษตร และได้กำหนดให้สารกำจัดศัตรูพืชเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดที่ 2,3, และ 4 โดยกระทรวงสาธารณสุข (2560) ได้ให้คำนิยามของวัตถุอันตรายทางการเกษตรว่า หมายถึง สารที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ หรือ ควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือระหว่างกระบวนการผลิตสินค้า อาหาร หรืออาหารสัตว์ หรือเป็นสารที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก และให้หมายความรวมถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผล ก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ และยาสำหรับสัตว์

สารกำจัดศัตรูพืช แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ตามชนิดของสารเคมีได้ 4 ประเภท คือ

2.1.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ สารเคมีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันมาก คือ ดีดีที (DDT), ดีลดริน (Dieldrin), อัลดริน (Aldrin),

คลอร์เดน (Chlordane), ลินเดน (Lindane), เอนดริน (Endrin), เฮปทาคลอร์ (Heptachlor) เป็นต้น สารเคมีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่มีพิษต่อแมลงทุกชนิด และค่อนข้างจะสลายตัวช้า ทำให้พบตกค้างในห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อมได้นาน บางชนิดอาจตกค้างได้นานหลายสิบปี ปัจจุบันประเทศส่วนใหญ่ทั่วโลกจะไม่อนุญาตให้ใช้สารเคมีในกลุ่มนี้ เพราะผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

2.1.2 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เป็นกลุ่มที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ โดยสารเคมีในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันคือ มาลาไธออน (Malathion), อาซินอน (Diazinon), เฟนนิโตรไธออน (Fenitrothion), พิริมิฟอสเมธิล (Pirimiphos methyl), และไดคลอวอส (Dichlorvos หรือ DDVP) เป็นต้น สารเคมีในกลุ่มนี้จะมีพิษรุนแรงมากกว่ากลุ่มอื่น โดยเป็นพิษทั้งกับแมลงและสัตว์อื่นๆ ทุกชนิด แต่สารในกลุ่มนี้จะย่อยสลายได้เร็วกว่ากลุ่มออร์กาโนคลอรีน

2.1.3 กลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งมีคาร์บาริลเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยสารเคมีที่นิยมใช้ คือ คาร์บาริว (Carbaryl), คาร์โบฟุแรน (Carbofura), โพรพ็อกเซอร์ (Propoxur), เบนไดโอคาร์บ (Bendiocarb) สารเคมีในกลุ่มคาร์บาเมตจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่ากลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

2.1.4 กลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทอย เป็นสารเคมีกลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้น เป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชไพรีทรัม สารเคมีในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อแมลงสูง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ สารเคมีกลุ่มนี้มีราคาแพงจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้ สารเคมีในกลุ่มนี้ ได้แก่ เดลตาเมธริน (Deltamethrin), เพอร์เมธริน (Permethrin), เรสเมธริน (Resmethrin), และไบโอเรสเมธริน (Bioresmethrin) เป็นต้น

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นกลุ่มที่มีพิษร้ายแรง และตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน ด้วยผลกระทบนี้ ภายหลังประเทศต่างๆทั่วโลก จึงได้เริ่มประกาศห้ามใช้งานสารกลุ่มดังกล่าว รวมถึงประเทศไทย กระทรวงอุตสาหกรรมที่เป็นหน่วยงานผู้รับผิดชอบได้ออกประกาศห้ามใช้สารชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ประเทศไทยประกาศห้ามใช้งาน

ชื่อวัตถุอันตราย	ประเภทการใช้	ปีที่ห้ามใช้	เหตุผล
BHC	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	มีนาคม 2523	- มีพิษตกค้างนาน - เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง
Endrin	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	กรกฎาคม 2524	- มีพิษตกค้างนาน เสี่ยงภัยในการใช้และการบริโภค - มีพิษตกค้างในเมล็ดพืชที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ทำให้ถูกห้ามนำเข้าผลิตผลการเกษตร สิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่ศัตรูที่ต้องการกำจัด มีโอกาสได้รับอันตรายมาก - เป็นพิษต่อปลาสูงมาก
DDT	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	มีนาคม 2526	- เป็นสารที่มีอาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีพิษตกค้างนาน
Dieldrin	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	พฤษภาคม 2531	- เป็นสารที่มีพิษตกค้างนาน สะสมในสิ่งแวดล้อมในร่างกายมนุษย์และสัตว์ - ไม่มีการพิสูจน์ในเรื่องพิษเรื้อรังอย่างเด่นชัด - เสี่ยงภัยต่อการใช้มากกว่าสารชนิดอื่นๆ ในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีค่าความเป็นพิษต่ำกว่าสารชนิดอื่น
Aldrin	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	กันยายน 2531	- เป็นสารที่มีพิษตกค้างนาน สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์
Heptachlor	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	กันยายน 2531	- เป็นสารที่มีพิษตกค้างนาน สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์
Chlordane	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	พฤษภาคม 2543	- เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง - มีพิษตกค้างนาน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต - หลายประเทศห้ามใช้หรือจำกัดการใช้เนื่องจากมีสารใช้ทดแทนได้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสารกำจัดวัชพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ประเทศไทยประกาศห้ามใช้งาน (ต่อ)

ชื่อวัตถุอันตราย	ประเภทการใช้	ปีที่ห้ามใช้	เหตุผล
Beta-HCH (1,3,5/2,4,6-hexachloro-cyclohexane)	สารกำจัดแมลง (Insecticide)	ธันวาคม 2544	- มีผลในด้านพิษเรื้อรังต่อตับต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้ ตัวอ่อนผิดปกติ และทำให้เกิดเนื้องอก - มีความคงทนในสภาพแวดล้อม
Endosulfan (ยกเว้น CS formulation)	สารกำจัดแมลง	ตุลาคม 2547	- เป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำต่างๆ สูงมาก มีการนำไปใช้ผิดวัตถุประสงค์จากที่ขึ้นทะเบียนไว้ โดยนำไปใช้กำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว ทำให้ปลาและสัตว์น้ำตาย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่อมีการรั่วไหลออกจากนาข้าว

ที่มา: กระทรวงอุตสาหกรรม (2538, 2543, 2544, 2547)

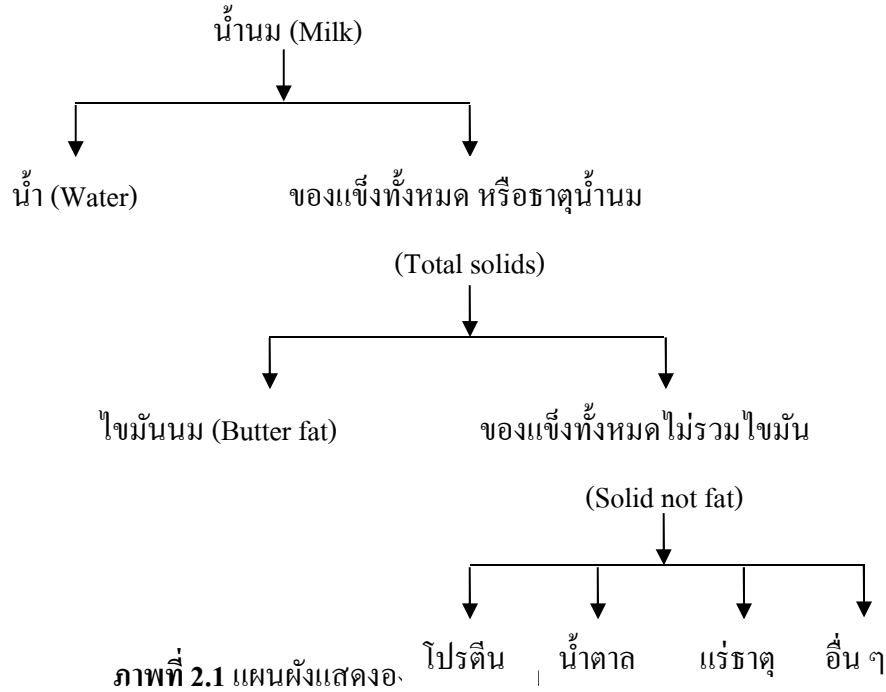
2.2 นม

"น้ำนม" (Milk) คือ ของเหลวที่กลั่นสร้างจากเต้านม ซึ่งได้จากการรีดออกมาจากเต้านมของแม่โค กระบือ แพะ หรือแกะ ที่มีสุขภาพดี หลังจากที่สัตว์นั้นคลอดลูกแล้ว 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะหมดน้ำนมเหลือง (Colostrum) ไม่ว่าจะผ่านกระบวนการแปรรูปหรือไม่ก็ตาม

2.2.1. ส่วนประกอบของนม นมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

2.2.1.1 น้ำ (Water) มีปริมาณมากที่สุดประมาณร้อยละ 87.25

2.2.1.2 ของแข็งทั้งหมดหรือธาตุน้ำนม (total solids) มีประมาณร้อยละ 12.25 ประกอบด้วยไขมันนม (butter fat) ประมาณร้อยละ 3-4 ของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมัน (solids not fat) ประมาณร้อยละ 8-9 เช่น น้ำตาล โปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน เป็นต้น (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แผนผังแสดงอ

ที่มา: สมชาย ศรีพูล (2555)

2.2.2 กระบวนการผลิตนม

กระบวนการผลิตของนม มีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และเพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษา กระทรวงสาธารณสุข (2556) ได้แบ่งกระบวนการให้ความร้อนเป็น 3 ประเภท ได้แก่

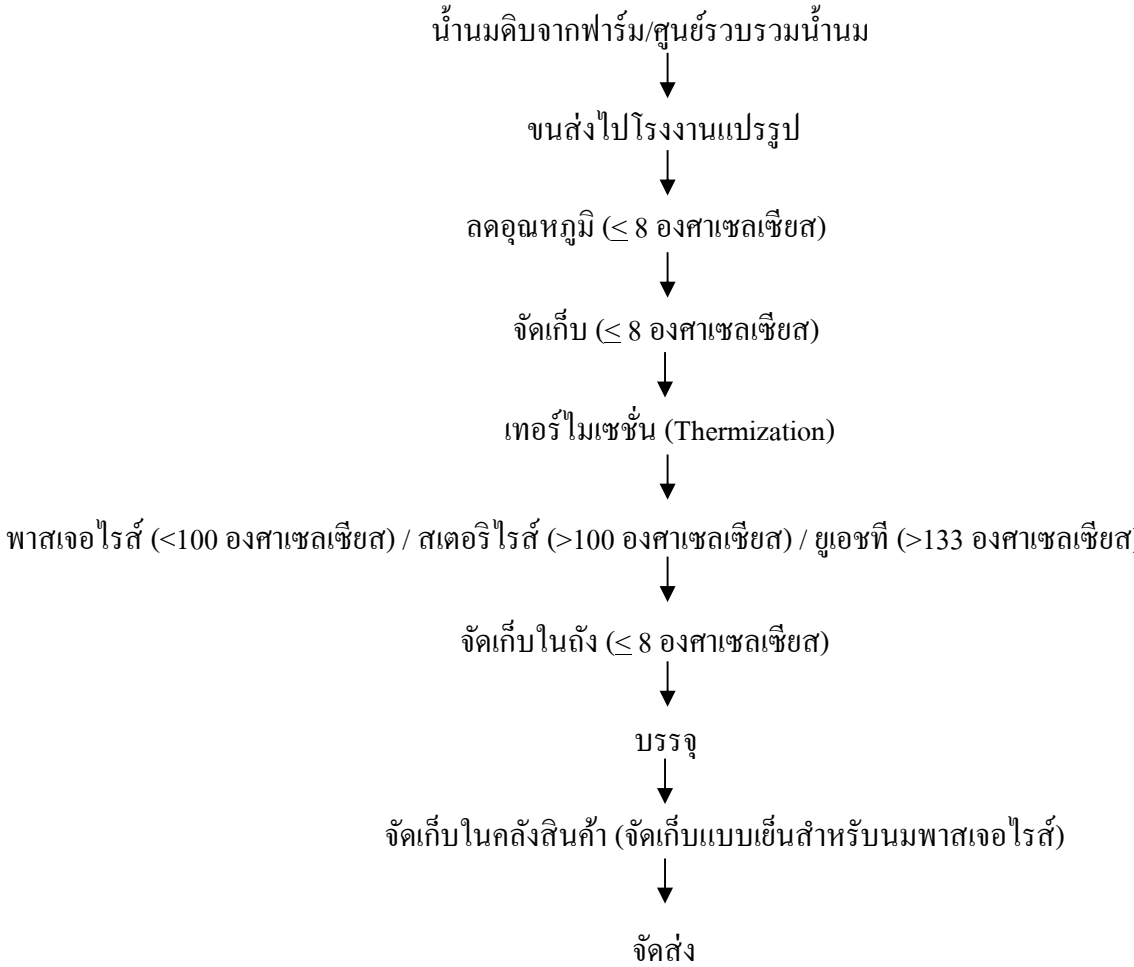
2.2.2.1 พาสเจอไรส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อุณหภูมิและเวลาอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

2 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

2.2.2.2 สเตอริไรส์ หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ของนมชนิดเหลวที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย

2.2.2.3 ยูเอชที หมายความว่า กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียสไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะและในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตนม

ที่มา: องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (2560)

2.2.3 มาตรฐานน้ำนมโค

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 350 เรื่องนมโค กำหนดน้ำนมโคสดหรือน้ำนมโค ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)

1 ต้องปราศจากเชื้อโรคอันอาจจะติดต่อคนได้ เช่น เชื้อที่ทำให้เกิดวัณโรค เชื้อที่ทำให้เกิดโรคแท้งติดต่อ เป็นต้น

2 ไม่มีน้ำนมเหลืองเจือปน

3 มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของ น้ำนมโคสด หรือน้ำนมโคชนิดนั้น

4 มีลักษณะเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

5 ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษ สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สารตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืช สารปฏิชีวนะ แอฟลาทอกซิน เป็นต้น

6 ไม่มีวัตถุกันเสีย

7 ไม่มีวัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล

8 มีโปรตีนนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.8 ของน้ำหนัก

9 มีเนื้อนมไม่รวมมันเนยและมันเนย ดังนี้

9.1 เนื้อนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมโคสดและน้ำนมโคชนิดเต็มมันเนย

9.2 เนื้อนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมันเนยมากกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก แต่ไม่ถึงร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมโคชนิดพร่องมันเนย

9.3 เนื้อนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.8 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมโคชนิดขาดมันเนย

10 จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

11 ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี. โคไล (*Escherichia coli*) ในน้ำนมโคสดหรือน้ำนมโค 0.1 มิลลิลิตร

12 ตรวจพบแบคทีเรียในน้ำนมโคสดหรือน้ำนมโคพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ได้ไม่เกิน 10,000 ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึง วันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก

13 ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ไม่เกิน 100 ในน้ำนมโคสดหรือน้ำนมโคพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต

14 ตรวจไม่พบแบคทีเรียในน้ำนมโคสเตอริไลส์และน้ำนมโคยูเอชที 0.1 มิลลิลิตร

2.2.4 การตรวจคุณภาพนม

การตรวจคุณภาพนมเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมนม เพราะสามารถบ่งชี้ถึงสภาพสุขลักษณะของนมว่าเหมาะสมที่จะนำมาบริโภคหรือทำผลิตภัณฑ์นมต่อไปหรือไม่

การตรวจคุณภาพนมอาจจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.2.4.1 การตรวจคุณภาพนมเบื้องต้น เป็นการตรวจคุณภาพนมดิบก่อนเข้าสู่ขบวนการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันนมดิบที่มีคุณภาพไม่ดีปนเปื้อนลงไปในนมคุณภาพดี และตรวจสอบว่านมดิบนั้นเหมาะสมที่จะนำมาบริโภคหรือทำผลิตภัณฑ์หรือไม่ ดังนี้

1 การตรวจโดยประสาทสัมผัส (Organoleptic test)

2 การตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature test)

3 การตรวจวัดความถ่วงจำเพาะ (Determination of Specific Gravity)

4 การตรวจเสถียรภาพของโปรตีนในนม ได้แก่ การตรวจการตกตะกอนของนมด้วยการต้มให้เดือด (Clot on boiling test)

5 การตรวจวัดความเป็นกรดของนม (Acidity test)

6 การตรวจจำนวนแบคทีเรียโดยใช้สีเป็นตัวบ่งชี้ (Dye reduction test)

2.2.4.2 การตรวจคุณภาพน้ำนมในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาจำนวนแบคทีเรียในน้ำนมและหาส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำนม รวมทั้งสิ่งเจือปนต่าง ๆในน้ำนมด้วย จำแนกได้ดังนี้

1 การตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทางจุลชีววิทยา

1.1 การตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำนม

1.2 การตรวจหาจำนวนแบคทีเรียแต่ละชนิด ได้แก่

- Coliform bacteria
- Proteolytic bacteria
- Lypolytic bacteria
- Thermophilic bacteria
- Thermoduric bacteria
- Psychrophilic bacteria
- Staphylococcus aureus

2 การตรวจหาจำนวนแบคทีเรีย โดยใช้สีเป็นตัวบ่งชี้

- Methyleneblue reduction test
- Resazurin reduction test

3 การหาส่วนประกอบและสิ่งเจือปนในน้ำนม

- การตรวจหาส่วนประกอบต่าง ๆ ในน้ำนม เช่น ไขมันนม โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย
- การตรวจหาการตกค้างของสารปฏิชีวนะในน้ำนม (Detection of Antibiotic Residues)
- การตรวจปริมาณจำนวน Somatic cell ในน้ำนม (Somatic cell count)
- การตรวจสอบน้ำนมจากแม่โคที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ (California Mastitis Test)

2.2.5 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม

คุณภาพและความปลอดภัยของนมและผลิตภัณฑ์ ปัจจัยสำคัญมาจากการเลี้ยงดูและจัดการในฟาร์ม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2552) จึงได้กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่องการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (มกษ.6402-2552) เพื่อส่งเสริมให้โคนมมีสุขภาพดี ผลิตภัณฑ์นมให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยกำหนดเกณฑ์

ครอบคลุมตั้งแต่การเลี้ยงที่ฟาร์มจนถึงการขนส่งน้ำนมดิบไปยังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ หรือโรงงานแปรรูป ดังนี้

2.2.5.1 องค์ประกอบฟาร์ม

- สถานที่ตั้ง ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เสี่ยงจากการปนเปื้อนของอันตรายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

- ผังและลักษณะฟาร์ม มีพื้นที่ขนาดเพียงพอ มีการวางผังฟาร์มที่เอื้อต่อการปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะและแยกพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นสัดส่วน

- โรงเรือน ต้องแข็งแรง ถูกสุขลักษณะ ง่ายต่อการบำรุงรักษาและทำความสะอาด อากาศสามารถถ่ายเทได้ดี มีแสงส่องสว่างเพียงพอในการปฏิบัติงาน มีเครื่องมือและอุปกรณ์เพียงพอ เก็บเป็นสัดส่วน

2.2.5.2 อาหารสำหรับโคนม

- ต้องมีคุณภาพและมาตรฐานตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์

- ภาชนะบรรจุอาหารโคนมต้องสะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวโค และการปนเปื้อนสู่น้ำนมโค รถบรรทุกที่ใช้ขนส่งอาหารสัตว์ต้องแห้งและสะอาด

- มีการตรวจสอบคุณภาพอาหารโคนมทางกายภาพในเบื้องต้น

- มีสถานที่เก็บอาหารโคนมแยกต่างหากและเก็บในสภาพที่ป้องกันการถูกทำลาย การปนเปื้อนและเสื่อมสภาพ

- โคนมทุกตัวสามารถเข้ากินอาหารได้ และได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอ เหมาะสมกับช่วงอายุและสายพันธุ์

2.2.5.3 น้ำ

- แหล่งน้ำใช้ในฟาร์มต้องอยู่ในบริเวณที่ป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งที่เป็นอันตราย

- มีน้ำสะอาดและเพียงพอสำหรับโคกิน และเหมาะสมสำหรับใช้ในฟาร์มตามวัตถุประสงค์

2.2.5.4 การจัดการฟาร์ม

- ให้มีคู่มือการจัดการฟาร์มที่แสดงให้เห็นรายละเอียดการปฏิบัติงานที่สำคัญภายในฟาร์ม ได้แก่ ระบบการเลี้ยงอาหารและน้ำสำหรับโคนม การจัดการฟาร์ม การจัดการด้านสุขภาพโคนม การรีดนม และเก็บรักษาน้ำนมดิบ

- บุคลากร มีจำนวนเหมาะกับจำนวนโคนมที่เลี้ยง มีความรู้ และได้รับการฝึกอบรมในการเลี้ยงโคนม มีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดี เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนและแพร่เชื้อ มีสัตวแพทย์ที่มีใบอนุญาตเป็นผู้ควบคุมฟาร์มโคนมกำกับดูแลด้านสุขภาพโคนม

- การทำความสะอาดและบำรุงรักษา โรงเรือน อุปกรณ์ ต้องสะอาด และบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีและถูกสุขลักษณะ โรงรีดนมและอุปกรณ์ต้องสะอาดและมีการฆ่าเชื้อ

2.2.5.5 สุขภาพสัตว์

- มีการเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีมาตรการป้องกันโรคเข้าสู่ฟาร์มจากบุคคลและยานพาหนะ ระบุแหล่งที่มาของโคนม มีการกักโรคและตรวจรับรองสุขภาพโคนมที่ซื้อเข้าใหม่ ตรวจติดตามสุขภาพโคนมประจำวัน กรณีเกิดโรคระบาดหรือสงสัยว่าเกิดโรคระบาดให้ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยโรคระบาดสัตว์

- การบำบัดโรค ต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม

2.2.5.6 สวัสดิภาพสัตว์

- ดูแลโคนมให้มีความเป็นอยู่ที่สบาย หากได้รับบาดเจ็บ ป่วย หรือพิการให้ปฏิบัติอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการทรมานสัตว์

2.2.5.7 สิ่งแวดล้อม

- กำจัดขยะ ของเสีย โดยวิธีที่เหมาะสม ไม่ให้เป็นแหล่งของกลิ่นและเชื้อโรค จนเกิดผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยและผู้อยู่ข้างเคียง หรือสิ่งแวดล้อม

- กรณีปล่อยน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ให้มีการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มก่อน

2.2.5.8 การผลิตน้ำนมดิบ

- ผู้รีดนม ต้องมีสุขภาพดี ปราศจากโรคติดต่อที่จะแพร่กระจายเชื้อมายังโคนมหรือน้ำนม ต้องปฏิบัติตามหลักสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดี

- การเตรียมแม่โคก่อนการรีด ต้องเตรียมแม่โคให้สะอาด ไม่เครียด มีการทดสอบความผิดปกติของน้ำนมก่อนรีดลงถังรวม กรณีที่ใช้ยากับโคนม ต้องพ้นระยะหยุดยาก่อนรีดน้ำนมเพื่อจำหน่าย และให้ส่งน้ำนมตรวจสอบยาปฏิชีวนะตกค้าง

- การรีดนม รีดนมให้ถูกต้องตามหลักวิธี อุปกรณ์และภาชนะรองรับน้ำนมดิบต้องสะอาด ผิวเรียบ ไม่มีรอยเชื่อมต่อ ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำนมดิบ และทำความสะอาดฆ่าเชื้อก่อนและหลังการใช้

- การขนส่งน้ำนมดิบ น้ำนมดิบที่รีดได้และบรรจุในถัง ต้องรีบขนส่งไปยังศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบหรือโรงงานแปรรูป หลังจากส่งน้ำนมต้องทำความสะอาดถังนมโดยเร็ว

- น้ำนมดิบ ต้องมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2.2.5.9 การบันทึกข้อมูล

- ให้บันทึกข้อมูลผลการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการฟาร์ม ที่มีผลต่อสุขภาพและการควบคุมโรค

- ให้เก็บรักษาบันทึกเป็นเวลาอย่างน้อย 3 ปี ยกเว้นข้อมูลทะเบียนประวัติโคนมให้เก็บไว้ตลอดอายุโคนม

2.2.6 การปฏิบัติที่ดีสำหรับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

น้ำนมดิบเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ แต่เนื่องจากผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย ซึ่งกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคทำให้ต้องมีศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบเพื่อทำการรวบรวมน้ำนมดิบก่อนส่งโรงงานแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมกระบวนการจัดการของศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ เพื่อให้ได้น้ำนมดิบที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน อีกทั้งเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้ออกประกาศ เรื่อง การปฏิบัติที่ดีสำหรับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ (มกษ.6401-2558) และออกกฎกระทรวงประกาศเป็นมาตรฐานบังคับในปี พ.ศ.2559 โดยมีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

2.2.6.1 สถานประกอบการและสิ่งอำนวยความสะดวก

- สถานที่ตั้ง อยู่ในบริเวณที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน

- อาคารปฏิบัติงาน มีโครงสร้างแข็งแรง ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา และสามารถป้องกันการปนเปื้อนข้ามที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำนมดิบและความปลอดภัยของผู้บริโภค การออกแบบภายในอาคารและการวางผังสายการผลิตเอื้อต่อการปฏิบัติงานอย่างถูกสุขลักษณะ มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานและจัดแบ่งพื้นที่ใช้งานเป็นสัดส่วน

- มีเครื่องจักรและอุปกรณ์เพียงพอ ติดตั้งในตำแหน่งเหมาะสม สะดวกในการปฏิบัติงานและการทำความสะอาด

- ปั๊ม วาล์ว ระบบท่อ และสายยางน้ำนมดิบ แข็งแรง สะอาด ถูกสุขลักษณะโดยเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับน้ำนมดิบทำด้วยวัสดุที่อนุญาตให้ใช้สัมผัสอาหาร ไม่เป็นสนิม ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำนมดิบและสามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง

- อุปกรณ์รับน้ำนมดิบต้องได้มาตรฐาน สะอาด เพียงพอ และเหมาะสมกับการใช้งาน

- อุปกรณ์สำหรับ ชั่ง ตวง วัด ให้ทำการสอบเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และทวนสอบอย่างเหมาะสม

- ในห้องปฏิบัติงานต้องมีแสงสว่าง การระบายอากาศที่เพียงพอ

- มีอุปกรณ์ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล และห้องสุขาเพียงพอต่อการใช้งาน

- มีพื้นที่พร้อมทั้งอุปกรณ์เพียงพอสำหรับล้างภาชนะบรรจุน้ำนมดิบ ภายหลังการเทน้ำนมดิบลงอ่างรับ

- มีระบบไฟฟ้าที่มีกำลังไฟเพียงพอกับการใช้งานภายในศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

- มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองไว้ใช้ในกรณีไฟฟ้าดับ หรือมีมาตรการจัดการน้ำนมดิบในช่วงเวลาไฟดับอย่างเหมาะสม

- น้ำที่ใช้สัมผัสโดยตรงกับน้ำนมดิบหรือพื้นผิวที่สัมผัสกับน้ำนมดิบต้องมีคุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และมีปริมาณเพียงพอ

- น้ำที่ใช้ภายในสถานที่ผลิตต้องเป็นน้ำสะอาด และมีการปรับคุณภาพน้ำตามความจำเป็น มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำใช้ตามมาตรฐานอย่างน้อยปีละครั้ง

2.2.6.2 การควบคุมการปฏิบัติงาน

- กำหนดเกณฑ์คุณภาพ และวิธีการตรวจรับน้ำนมดิบ รับน้ำนมดิบจากสมาชิกที่ขึ้นทะเบียนหรือศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบอื่น มีมาตรการควบคุมเวลาในการขนส่งน้ำนมดิบจากฟาร์มถึงศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ มีการจัดการให้สามารถนำน้ำนมดิบเข้าสู่กระบวนการลดอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว

- มีระบบทำความเย็น ที่มีกำลังทำความเย็นที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำนมดิบ กรณีใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ภายหลังรับน้ำนมดิบอุณหภูมิน้ำนมดิบต้องไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ทันทีหรือกรณีใช้ถังเก็บน้ำนมดิบชนิดมีระบบทำความเย็น อุณหภูมิน้ำนมดิบต้องไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง

- ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำเข้า-น้ำออก และอุณหภูมิน้ำนมดิบออกในตำแหน่งที่เหมาะสม และใช้งานได้ ให้บันทึกเวลาและอุณหภูมิน้ำเย็นก่อนและระหว่างการลดอุณหภูมิ บันทึกเวลาและอุณหภูมิน้ำนมดิบที่ผ่านการลดอุณหภูมิ

- เก็บรักษาน้ำนมดิบในถังเก็บที่สะอาด สามารถป้องกันการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา ถังเก็บน้ำนมดิบสามารถรักษาอุณหภูมิภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้บันทึกอุณหภูมิน้ำนมดิบเป็นระยะ

- มีแผนการตรวจสอบ วิเคราะห์คุณภาพน้ำนมดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการตรวจสอบได้มาตรฐาน มีวิธีการและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำนมดิบถูกต้องตามหลักวิชาการ

2.2.6.3 การบำรุงรักษาและการสุขาภิบาล

- มีมาตรการในการทำความสะอาดอาคารปฏิบัติงาน และสภาพแวดล้อมภายนอก

- มีมาตรการในการทำความสะอาดเครื่องจักร อุปกรณ์ รวมถึงอุปกรณ์ที่ต้องถอดหรือแยกชิ้นส่วนอย่างเหมาะสม

- มีระบบทำความสะอาดแบบไม่ถอดชิ้นส่วน (CIP) ที่เหมาะสม เพียงพอ และสามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ มีคู่มือการปฏิบัติงาน และบันทึกการตรวจสอบการ ได้แก่ระยะเวลาที่ใช้ทำความสะอาด อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ และอัตราการไหลเวียนของสารเคมีและน้ำ มีการตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีในระบบที่เหมาะสม

- มีโปรแกรมการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์

- มีมาตรการควบคุมและกำจัดสัตว์พาหะนำเชื้อ

- สารเคมีที่ไม่ใช้ในอาหาร เช่น สารทำความสะอาด น้ำมันหล่อลื่น รวมถึงภาชนะบรรจุสารเคมี ต้องมีการจัดการอย่างถูกสุขลักษณะ แยกเก็บเป็นสัดส่วน และมีฉลากระบุไว้อย่างชัดเจน

- มีวิธีการบำบัดน้ำเสีย ก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ มีวิธีการจัดการขยะ และของเสียอย่างเหมาะสม

2.2.6.4 สุขลักษณะส่วนบุคคล

- ผู้ปฏิบัติงานและผู้ขนส่งน้ำนมดิบต้องมีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีในขณะปฏิบัติงาน และผ่านการตรวจสุขภาพอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง มีการรักษาความสะอาดส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม ในขณะปฏิบัติงาน เช่น สวมชุดกันเปื้อน ที่คลุมผม ผ้าปิดปาก

- บุคคลภายนอกหรือผู้เยี่ยมชมที่เข้าในบริเวณปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดี

2.2.6.5 การขนส่ง

- รถขนส่งต้องมีฉนวนที่สามารถรักษาอุณหภูมิน้ำนมดิบ ให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส เมื่อถึงปลายทางรับน้ำนมดิบ

- มีวิธีเก็บตัวอย่างที่เป็นมาตรฐาน และเก็บตัวอย่างจากรถขนส่งเพื่อตรวจสอบคุณภาพก่อนออกจากศูนย์ฯ กรณีผลการตรวจไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดให้มีมาตรการแก้ไข

2.2.6.6 การตามสอบ (Traceability)

- มีระบบการตามสอบน้ำนมดิบ เพื่อให้ทราบแหล่งที่มาของน้ำนมดิบ

- มีวิธีการจัดการเกี่ยวกับข้อร้องเรียนของลูกค้า

2.2.6.7 การฝึกอบรม

- บุคลากรต้องได้รับการฝึกอบรมให้มีความรู้ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน เช่น กระบวนการผลิต สุขลักษณะและการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมดิบ

- มีแผนการอบรมบุคลากร และการประเมินผล

2.2.6.8 ระบบการส่งเสริมสมาชิก

- มีทะเบียนสมาชิกและข้อมูลของฟาร์มที่เป็นปัจจุบัน โดยต้องรับขึ้นทะเบียนสมาชิกไม่ซ้ำซ้อนกับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบอื่น

- มีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมและมีกิจกรรมในการส่งเสริมการผลิตน้ำนมดิบของสมาชิกให้มีคุณภาพ เช่น การฝึกอบรมสมาชิก

- มีระบบการประเมินคุณภาพน้ำนมดิบของสมาชิก มีการแจ้งข้อมูลคุณภาพน้ำนมดิบและผลการประเมินให้สมาชิกรับทราบ

- กำหนดช่วงเวลารับซื้อน้ำนมดิบที่แน่นอน กำหนดราคารับซื้อน้ำนมดิบตามคุณภาพ

2.2.6.9 ระบบเอกสารและการบันทึกข้อมูล

- มีการบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ การสอบเทียบอุปกรณ์และเครื่องมือ การปรับสภาพน้ำใช้ในกระบวนการผลิตและผลการตรวจคุณภาพน้ำใช้ การควบคุมกระบวนการรับน้ำนมดิบ การลดอุณหภูมิ บันทึกอุณหภูมิ การตรวจสอบคุณภาพ การเก็บรักษา การขนส่ง ผลการตรวจคุณภาพน้ำนมดิบในขั้นตอนต่างๆ การทำความสะอาด และการบำรุงรักษาอาคาร สถานที่ เครื่องมือ

และอุปกรณ์ การควบคุมสัตว์พาหะนำเชื้อและสารเคมี การควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคล ประวัติการฝึกอบรม กิจกรรมการส่งเสริมและผลการประเมินคุณภาพน้ำนมดิบของสมาชิก

- ให้เก็บบันทึกข้อมูลไว้อย่างน้อย 3 ปี

2.3 เกณฑ์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในนมและผลิตภัณฑ์

ประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืช เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคนมและผลิตภัณฑ์ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ภาคผนวก ก) จึงได้รวบรวมปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ ของแต่ละหน่วยงานในประเทศไทย ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ประกาศฯ 387[1]	มกษ.9002[2]	มกอช.9003[3]
Aldrin	0.006F	-	0.006F
Dieldrin		-	
Chlordane	0.002F	-	0.002F
DDT	0.02F	-	0.02F
Endrin	0.0008F	-	0.0008F
Heptachlor	0.006F	-	0.006F
Chlorpyrifos	-	0.02	-
Carbaryl	-	0.05	-
Carbendazim / Benomyl	-	0.05	-
Carbosulfan	-	0.05	-

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ต่อ)

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ประกาศฯ 387[1]	มกษ.9002[2]	มกอช.9003[3]
Cypermethrin	-	0.05F	-
2,4-D	-	0.01	-
Deltamethrin	-	0.05F	-
Dichlorvos	-	0.02	-
Dicofol	-	0.1F	-
Dithiocarbamates	-	0.05	-
Dimethoate	-	0.05	-
Diazinon	-	0.02F	-
Triazophos	-	0.01	-
Paraquat	-	0.005	-
Pirimiphos-methyl	-	0.01	-
Profenofos	-	0.01	-
Fenvalerate	-	0.1F	-
Fenitrothion	-	0.01	-
Methidathion	-	0.001	-
Methomyl	-	0.02	-
Acephate	-	0.02	-
Abamectin	-	0.005	-
Ethephon	-	0.05	-

[1] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง

[2] มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด

[3] มาตรฐานสินค้าเกษตร มกอช. 9003-2547 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

หมายเหตุ : อักษร F ที่ระบุตามหลังค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของนมสำหรับสารพิษตกค้างที่ละลายได้ในไขมัน หมายถึง ค่ากำหนดสำหรับนมและผลิตภัณฑ์นม ในการนำค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดมาใช้ให้พิจารณาจากปริมาณไขมันในนมและผลิตภัณฑ์นม ดังนี้

1 กรณีมีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 2 ให้ใช้ค่าครึ่งหนึ่งของค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของนมแทน

2 กรณีมีปริมาณไขมันมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2 ให้ใช้ค่า 25 เท่าของค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของนมที่กำหนด เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์นมหรือผลิตภัณฑ์นมทั้งหมดที่แสดงค่าเป็นปริมาณสารพิษตกค้างต่อน้ำหนักของไขมันนม

2.4 การประเมินความเสี่ยง

สถาบันอาหาร (2555) ได้นิยามการประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) หมายถึง กระบวนการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเป็นพิษต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ เช่น การบาดเจ็บ การเจ็บป่วยหรือตาย ที่เกิดขึ้นจากการได้รับสารพิษ สารเคมี หรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลของการประเมินความเสี่ยงจะเป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้บริหารความเสี่ยง ใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนดำเนินการหรือออกมาตรการควบคุมต่างๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมี สารพิษ เชื้อโรค ในสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ อากาศ ดิน และอาหาร ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อเป็นการคุ้มครองสุขภาพ และความปลอดภัยของผู้บริโภคในประเทศ การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสรุปผลการประเมินความเสี่ยง กระทำโดยผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง การประเมินความเสี่ยงประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

2.4.1 การแสดงถึงความเป็นอันตราย (Hazard Identification) เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปว่าการได้รับสารเคมีที่กำลังสนใจอยู่นั้นมีผลเสียต่อสุขภาพหรือไม่ เนื่องจากมีสารเคมีเพียงไม่กี่สารเท่านั้นที่มีข้อมูลความเป็นพิษในมนุษย์อย่างแน่ชัด ดังนั้น hazard identification ของสารเคมีจึงรวมถึงผลการศึกษาในสัตว์ทดลองด้วย การประเมินความเสี่ยงจะหยุดเพียงแค่ขั้นตอน hazard identification เท่านั้น ถ้าไม่พบว่าการได้รับสารเคมีที่กำลังศึกษาอยู่นี้ทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์

2.4.2 การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose - Response Evaluation) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษที่เกิดขึ้นทั้งเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณ (quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และอาจมีบางส่วนที่ได้จากการศึกษาในมนุษย์ การคำนวณความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีจะทำได้ต้องทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณของ dose - response สำหรับสารนั้นด้วย ในขั้นตอนนี้แบ่งสารเคมีเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.4.2.1 สารไม่ก่อมะเร็ง (non - carcinogen) รวมถึงสารก่อมะเร็งที่ไม่มีผลต่อยีน (non -genetic carcinogen) และความเป็นพิษอย่างอื่นที่ไม่ใช่การเกิดมะเร็ง (non - carcinogenic effects) จากสารก่อมะเร็ง แนวความคิดเกี่ยวกับสารไม่ก่อมะเร็ง คือ สารเคมี

กลุ่มนี้แสดง threshold ซึ่งหมายถึงปริมาณสารเคมีที่มากที่สุด เมื่อได้รับเข้าไปทุกวันแล้วจะไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ

2.4.2.2 สารก่อมะเร็งที่มีผลต่อยีน (genetic carcinogen) สำหรับสารก่อมะเร็งจะใช้แนวความคิดที่ว่าสารกลุ่มนี้ไม่มี threshold ซึ่งหมายความว่า ไม่ว่าจะได้รับสารปริมาณมากน้อยเพียงใดก็ตามแม้เพียง 1 โมเลกุลก็มีโอกาสที่จะเกิดมะเร็งได้

2.4.3 การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคนหรือประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการประเมินความเสี่ยง ทั้งนี้เพราะความเป็นพิษของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารนั้น และความรุนแรงของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณของสารที่ได้รับ ดังนั้นถ้าการประเมินปริมาณสารที่ได้รับผิดพลาดจากความเป็นจริง การคำนวณความเสี่ยงก็จะมีความคลาดเคลื่อนสูง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณการได้รับสัมผัส} = \frac{\text{ปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่กำหนดในอาหาร} \times \text{ปริมาณการบริโภคอาหาร}}{\text{น้ำหนักตัวผู้บริโภค}} \qquad (2.1)$$

โดย ปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่กำหนดในอาหาร จากประกาศของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ข้อมูลการบริโภคอาหารและข้อมูลน้ำหนักตัวของประชากรไทย สำรวจโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลการบริโภคนมของประชากรไทย (มิลลิลิตรต่อคนต่อวัน)

กลุ่มอายุ (ปี)	ปริมาณนมที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมด (per capita)		ปริมาณนมที่บริโภคเฉพาะกลุ่มผู้ที่บริโภค (eater only)	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5	ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5
0-2.9 ปี	115.84	900.00	315.43	1,250.00
3-5.9 ปี	180.12	880.00	296.19	1,000.00
6-12.9 ปี	85.88	500.00	230.51	600.00
13-17.9 ปี	73.38	400.00	237.83	450.00
18-34.9 ปี	48.42	250.00	227.02	450.00
35-64.9 ปี	25.69	200.00	207.36	400.00
65 ปีขึ้นไป	23.89	200.00	191.51	500.00

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559)

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลน้ำหนักตัวของประชากรไทย แบ่งตามเพศและกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุ (ปี)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		
	เพศชาย	เพศหญิง	รวมเพศ
0-2.9 ปี	10.85±3.15	10.24±3.33	10.55±3.25
3-5.9 ปี	17.47±4.40	17.02±4.12	17.25±4.27
6-12.9 ปี	32.57±12.85	34.31±12.84	33.38±12.87
13-17.9 ปี	56.28±15.77	50.79±11.83	53.42±14.13
18-34.9 ปี	67.1±15.78	59.63±15.88	63.12±16.27
35-64.9 ปี	65.88±12.86	61.75±11.35	63.53±12.19
65 ปีขึ้นไป	58.54±11.96	53.06±10.74	55.77±11.69

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559)

2.4.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk characterization) เป็นการรวบรวมเอาข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของ 3 ขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อใช้คำนวณความเสี่ยง สรุปถึงความน่าจะเป็นที่จะเกิดอันตรายและความรุนแรงของอันตรายที่เกิดจากการได้รับสารพิษ และเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มประชากรที่ศึกษา

$$\text{ค่าความเสี่ยง} = \frac{\text{ปริมาณการได้รับสัมผัส}}{\text{ADI}} \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ Acceptable daily intake; ADI คือ ค่าความปลอดภัยที่กำหนดโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ (ตารางที่ 2.5)

ผลจากการคำนวณที่ได้ พิจารณาค่าความเสี่ยงได้ดังนี้

ค่าความเสี่ยง $\leq$ ร้อยละ 100 หมายถึง มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคต่ำ

ค่าความเสี่ยง > ร้อยละ100 หมายถึง มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคสูง

ตารางที่ 2.5 ค่า ADI ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

สารกำจัดศัตรูพืช	ADI (mg/kg bw)	ปีที่ประเมิน
Aldrin และ Dieldrin	0.0001	1994
Chlordane	0.0005	1994
DDT	0.01	2000
Endrin	0.0002	1994
Heptachlor และ Heptachlor epoxide	0.0001	1994

ที่มา: WHO (2019)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมและผลิตภัณฑ์ ได้รับความสนใจจากนักวิจัยในประเทศต่างๆ และมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เช่น Garrido และคณะ (1994) ได้ศึกษาสาร alpha-HCH, beta-HCH, Lindane, sigma-HCH, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Chlordane, อนุพันธ์ของ DDT และ Methoxychlor ในนมสเตอริไลซ์ของประเทศสเปน พบการปนเปื้อนสารกลุ่มดังกล่าวถึงร้อยละ 90 โดยพบการปนเปื้อนของ Chlordane มากที่สุดถึงร้อยละ 47.5 สอดคล้องกับในประเทศบราซิล ได้ตรวจสอบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้าง ได้แก่ alpha-HCH, Lindane, Aldrin, HCB, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT และ PCB ในน้ำนมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที จากเมือง Rio Grande do Sul ประเทศบราซิล พบ HCB และ p,p'-DDE ในทุกตัวอย่าง และพบ p,p-DDE, o,p'-DDD, Lindane และ PCB 180 ในความเข้มสูง 11.9 นาโนกรัมต่อกรัม, 7.38 นาโนกรัมต่อกรัม, 6.09 นาโนกรัมต่อกรัม, 5.31 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (Heck และคณะ, 2007) หรือแม้กระทั่งในประเทศจอร์แดน หลังจากที่มีการประกาศห้ามใช้งาน Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor และ HCB ในปี ค.ศ. 1981 และห้ามใช้ DDT ในปี ค.ศ. 1995 หลังจากนั้นได้ศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในผลิตภัณฑ์จากนมจำนวน 233 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำนม เนย ชีส labaneh และโยเกิร์ต พบว่าผลิตภัณฑ์ร้อยละ 9 ปนเปื้อน beta-HCH ร้อยละ 8.5 ปนเปื้อน p,p'-DDE ร้อยละ 6 ปนเปื้อน alpha-HCH และร้อยละ 2.1 ปนเปื้อน gamma-HCH สามารถเรียงลำดับผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนมากไปน้อย ได้ดังนี้ labaneh > ชีส > โยเกิร์ต > เนย > น้ำนม และในการทดสอบครั้งนี้ไม่พบการปนเปื้อนของ Aldrin, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'DDE, o,p'-DDT, p,p'-DDT, Dieldrin, beta-Endosulfan, Endrin และ HCB ในทุกตัวอย่าง (Salem และคณะ, 2009) Kampire และคณะ (2011) ได้ตรวจสอบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้าง ในน้ำนมดิบและนมพาสเจอร์ไรส์ ที่เมืองกัมปาลา ประเทศยูกันดา

โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี อิเล็กตรอนแคปเจอร์ดีเทคเตอร์ (GC-ECD) และยืนยันผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ Aldrin, Dieldrin, alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Lindane, DDT และอนุพันธ์ โดยพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอย่างน้อย 1 ชนิด ในทุกตัวอย่างที่ทดสอบ ในปีเดียวกัน Bayat และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมพาสเจอไรส์และสเตอริไลส์ที่วางขายในประเทศอิหร่านจำนวน 54 ตัวอย่าง พบ HCH, HCB และอนุพันธ์ของ DDT สูงถึงร้อยละ 94.4, 72.2 และ 66.6 ของตัวอย่าง โดยพบ gamma-HCH, beta-HCH ในปริมาณที่สูงถึง 13.49 และ 11.7 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และ Witczak และคณะ (2013) ตรวจสอบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในน้ำนมดิบ จำนวน 15 ตัวอย่าง ในประเทศโปแลนด์ ด้วยเครื่อง GC-MS พบ p,p'-DDE, p,p'-DDT, Heptachlor และ Aldrin ในระดับสูง สำหรับโปแลนด์มีการห้ามใช้ Lindane เป็นเวลามากกว่า 20 ปี แต่จากการศึกษายังคงตรวจพบสารดังกล่าว สอดคล้องกับประเทศเอธิโอเปียที่ Deti และคณะ (2014) ทำการตรวจสอบการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในน้ำนมดิบของโคและแพะ ที่เก็บตัวอย่างจาก 4 เมือง ด้วยเครื่อง GC-MS พบ Aldrin, alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, DDT และอนุพันธ์ โดยสารเหล่านี้ได้ยกเลิกการใช้งานเป็นเวลากว่า 20 ปี พบสาร DDT และอนุพันธ์ ปริมาณสูงในทุกตัวอย่าง โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยของสาร DDT สูงถึง 328.5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากมีการใช้ในทางสาธารณสุขเพื่อควบคุมโรคไข้เลือดออกและสะสมในสิ่งแวดล้อม ค่าของ Aldrin และ alpha-Endosulfan ที่พบในตัวอย่างทั้งหมดสูงกว่า EU MRL ที่ 6 และ 50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ทวีปเอเชียก็มีการศึกษาเรื่องนี้เช่นกัน ดังเช่น John และคณะ (2001) ศึกษาการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมวัวชนิด toned milk และ whole milk และนมควาย ในประเทศอินเดีย ระหว่างปี 1993-1996 ด้วยเครื่อง GC-ECD พบว่า ทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนของ DDT และอนุพันธ์, alpha-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, Heptachlor, Heptachlor epoxide และ Aldrin โดยในนมควายพบ HCH, Heptachlor และ Aldrin เฉลี่ย 2043, 284 และ 721 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ของ WHO ที่ 100, 150 และ 150 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม การปนเปื้อนสามารถเรียงลำดับได้ ดังนี้ นมควาย > toned milk > whole milk หรือแม้กระทั่งนมมารดาก็มีแนวโน้มการปนเปื้อนจากสารกลุ่มนี้ จากการศึกษาในนมมารดา อายุระหว่าง 18-30 ปี ของ Hajjar และ Al-Salam (2016) จาก 4 เมือง (Al-Hassa, Al-Khobar, Al-Jubali, Al-Dammam) ทางภาคตะวันออกของซาอุดิอาระเบีย โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS เพื่อตรวจสอบ p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, DDT, Endrin, Dieldrin, Heptachlor epoxide พบว่าสารที่พบในตัวอย่างมากที่สุดคือ p,p'-DDE ร้อยละ 82.5 และ p,p'-DDD ร้อยละ 70% ส่วน DDT พบที่ระดับ 0.37, 0.32, 0.30 และ 0.46 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับในประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมักดำเนินการในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ และสัตว์น้ำ เช่น หอย เป็นหลัก ในน้ำนมมีการศึกษาจำนวนน้อย มาลินี ลิ้มโภคา และคณะ (2526) ได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างน้ำนมสดที่เก็บจากศูนย์รับนมของกลุ่มเลี้ยงโคนมหนองโพ จ.ราชบุรี พบ p,p'-DDT, Aldrin และ Dieldrin ในปริมาณที่ไม่สูงมาก ยกเว้น 1 ตัวอย่างที่พบ p,p'-DDT 27.9 ppb และ Dieldrin 12.2 ppb นอกจากนี้ยังตรวจพบ Heptachlor และ Heptachlor epoxide 5 ตัวอย่างใน 18 ตัวอย่าง ในปริมาณ 2.7 – 5.7 ppb ในขณะที่ตัวอย่างน้ำนมสดที่เก็บจากภาควิชาสัตวบาล วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตรวจไม่พบ p,p'-DDT แต่พบ Dieldrin, Heptachlor และ Heptachlor epoxide ในทุกตัวอย่าง ซึ่งแสดงถึงการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม รวมถึง ประเสริฐ หิรัญณรงค์ชัย (2548) ศึกษาปริมาณสารประกอบกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนมโค ได้แก่ alpha-BHC, gamma-BHC, Heptachlor, Aldrin, alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endosulfan sulfate, DDE, DDD และ DDT โดยใช้ตัวอย่างน้ำนมในเขตจังหวัดราชบุรี ด้วยเครื่อง GC-ECD ค่า LOD, LOQ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.19-0.83 และ 0.57-2.50 ไมโครกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนมโค 36 ตัวอย่าง ไม่พบสารประกอบกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทั้ง 10 ชนิด

ในกระบวนการผลิตนม การให้ความร้อนมีผลให้ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชลดลงได้ เช่น การศึกษาของ Abou-Arab (1999) ถึงผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อการลดลงของ Lindane และอนุพันธ์ พบว่าการให้ความร้อนแบบต่างๆ เช่น พาสเจอไรส์ สเตอริไรส์ และการต้ม สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ การพาสเจอไรส์ ที่ 72 องศาเซลเซียส 15 วินาที และ 63 องศาเซลเซียส 30 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 65 และ 73 ตามลำดับ การสเตอริไรส์ที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 84.4 และการต้มเป็นระยะเวลา 5, 10, 15 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 75, 79.6 และ 85.4 ตามลำดับ นอกจากกระบวนการให้ความร้อนแล้วกระบวนการผลิตและการจัดเก็บยังมีผลต่อการลดลงของ Lindane เช่น กระบวนการผลิตโยเกิร์ตสามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 1.4 และเมื่อจัดเก็บในตู้เย็นที่ระยะเวลา 1, 2, 3 วัน สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 2, 3.6 และ 8.6 ตามลำดับ ซึ่งอาจเกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต สอดคล้องกับ Bayat และคณะ (2011) ที่ศึกษาปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมพาสเจอไรส์และสเตอริไลซ์ที่วางขายในประเทศอิหร่าน มีการเปรียบเทียบผลของการให้ความร้อนต่อปริมาณสารเคมีพบว่าปริมาณ p,p'-DDE มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างนม 2 ชนิด โดยที่สารตัวอื่นให้ผลไม่แตกต่างกัน

การเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมมีผลต่อความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการวิเคราะห์ วิธีการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนม จะแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1 ขั้นตอนการสกัด (Extraction method) เป็นการสกัดสารเป้าหมายออกจากตัวอย่าง โดยทั่วไปนิยมใช้ วิธีการแบบเดิม คือ การสกัดด้วยตัวทำละลายแบบ liquid-liquid extraction โดยในการศึกษาต่างๆเลือกใช้ตัวทำละลายแตกต่างกันออกไป เช่น Hexane, Petroleum ether, Acetone, Acetonitrile, Methanol เป็นต้น ซึ่งวิธีนี้ใช้เวลานาน ใช้แรงงานมาก ราคาสารละลายแพง และเกิดปริมาณของเสียมาก แต่ก็ยังมีวิธีอื่นที่ได้รับการพัฒนาและนำมาใช้สกัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนม เช่น Witczak และคณะ (2013) ใช้วิธี Soxhlet extraction โดยใช้ Hexane และ Acetone เป็นตัวทำละลาย วิธี Soxhlet มักจะสกัดได้มีประสิทธิภาพ เมื่อมีปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชจำนวนมาก อย่างไรก็ตามเทคนิคหากสภาวะไม่เหมาะสม อาจทำให้ค่าร้อยละการกลับคืนต่ำ การสกัดด้วยวิธีนี้จะใช้พลังงานความร้อนมาก เวลานาน และใช้ตัวทำละลายปริมาณมาก

2 ขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (Clean-up procedure) ขั้นตอนนี้เป็นการทำความสะอาดเพื่อช่วยแยกสารเป้าหมายจากการรบกวนที่เป็นไปได้ วิธีที่นิยมใช้คือใช้โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำช่วยดึงน้ำออกจากจากตัวทำละลายในการสกัด และกรองผ่าน florisil column, alumina column เป็นต้น

3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantification method) สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน มีคุณสมบัติไม่มีขั้วและระเหยได้อย่างง่าย ดังนั้นเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (GC) จึงเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด โดยสามารถเลือกใช้ Detector ได้หลายชนิด เช่น electron-capture detection (ECD), และ mass spectrometry (MS) โดยเทคนิค GC-ECD เป็นวิธีการตรวจจับที่ใช้มากที่สุดภายใต้ detection limit ที่ยอมรับ

เมื่อตรวจสอบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนมแล้ว การนำค่าที่ตรวจวัดได้มาพิจารณาความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ ก็เป็นการประเมินความเสี่ยงในรูปแบบหนึ่ง โดยเกณฑ์ที่นิยมใช้อ้างอิงคือ EU Directive, FAO/WHO หรือมาตรฐานของหน่วยงานที่กำกับดูแลด้านความปลอดภัยอาหารของแต่ละประเทศ ในงานวิจัยมีการเปรียบเทียบค่า 2 รูปแบบ คือ Maximum Residue Limit (MRL) และ Acceptable Daily Intake (ADI) ค่า MRL คือ ระดับปริมาณสารพิษซึ่งตกค้างสูงสุดในอาหาร มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัมของผลิตอาหาร ค่า MRL ใช้เพื่อเป็นเกณฑ์ในการค้าขายว่าจะต้องไม่มีปริมาณสารพิษตกค้างโดยจะกำหนดไว้ในระดับที่ต่ำกว่าระดับความปลอดภัยของสารพิษตกค้างที่ร่างกายสามารถรับได้ในแต่ละวันตลอดชีวิต ที่คิดตามน้ำหนักตัวของผู้บริโภค เรียกว่าค่า ADI ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับความปลอดภัย

งานวิจัยที่มีการเปรียบเทียบค่า MRL เช่น Kampire และคณะ (2011) พบ Lindane ในน้ำนมดิบและนมพาสเจอร์ไรส์ ค่าเฉลี่ย 0.026 และ 0.022 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไขมัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่า

มาตรฐานที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไขมัน และพบ Dieldrinในน้ำนมดิบค่าเฉลี่ย 0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไขมัน ซึ่งค่าสูงกว่า MRL 0.006 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไขมัน ที่กำหนดโดย FAO แสดงถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคนมในประเทศยูกันดา สอดคล้องกับ John และคณะ (2001) ที่พบน้ำนมควาย ในประเทศอินเดีย ปนเปื้อน HCH, Heptachlor และAldrin เฉลี่ย 2043, 284 และ 721 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ของ WHO ที่ 100, 150 และ 150 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาค่า ADI ร่วมด้วยจะพบว่าไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ ดังเช่น Garrido และคณะ (1994) พบการปนเปื้อน Chlodrain ในนมสเตอริไลส์ของประเทศสเปน โดยค่าที่ตรวจพบเกินมาตรฐาน Directive 86/386/EC ที่ 0.05 ppm ถึงร้อยละ 32 แต่เมื่อคำนวณระดับที่ยอมรับได้ต่อวัน (ADI) เปรียบเทียบกับข้อมูลจาก FAO/WHO พบว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคนม ส่วนในประเทศบราซิล Heck และคณะ (2007) ได้ประเมินปริมาณการบริโภคนมในแต่ละวันของเด็กนักเรียนประถมศึกษาที่ Santa Maria พบค่าปริมาณการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Lindane, Aldrin และ DDT ตกค้าง ต่ำกว่าค่า ADI ของ FAO สอดคล้องกับการศึกษาของ Bayat และคณะ (2011) ได้คำนวณ EDI จากข้อมูลการบริโภคนมของประชากรอิหร่านปริมาณ 282 กรัม/วัน เปรียบเทียบกับ MRL ของ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) และ ADI ของ FAO/WHO พบว่าไม่มีค่าที่เกินมาตรฐาน รวมถึง Witczak A. และคณะ (2013) พบ p,p'-DDE, p,p'-DDT, Heptachlor และ Aldrinในระดับสูงในน้ำนมดิบของโปแลนด์ โดยค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่า MRL แต่มีตัวอย่างร้อยละ 20 ที่พบค่ามากกว่าค่าที่กระทรวงสาธารณสุขโปแลนด์กำหนดไว้ แต่เมื่อประเมินปริมาณการบริโภคนมของผู้ใหญ่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ในปริมาณ 3.5 ลิตรต่อวัน พบว่าสารในปริมาณที่ตรวจพบไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในนมมารดา ทางภาคตะวันออกของซาอุดิอาระเบียของ Hajjar และ Al-Salam (2016) พบ Dieldrin และHeptachlor มีต่ำกว่าค่า MRL ที่ FAO/WHO แต่เมื่อคำนวณเปรียบเทียบค่า ADI ของการบริโภคนมแม่ของทารก พบว่า Dieldrin สูงกว่า ADI ของ European Food Safety Authority (EFSA) และ Heptachlor มีค่ามากกว่า ADI 2-4 เท่า

จากการศึกษาข้างต้นทำให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม และสามารถถ่ายทอดสู่นมโคได้ ซึ่งปริมาณที่พบมีทั้งต่ำและสูงกว่ามาตรฐาน แสดงถึงความเสี่ยงในการบริโภคน้ำนม

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศต่างๆ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)

ผู้วิจัย	ประเทศ/เมือง	ชนิดตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Chlodrain	Lindane	∑DDT	Heptachlor	Heptachlor Epoxide
Garrido และคณะ (1993)	Spain	Pasteurized cow milk	GC-ECD	0.00300	0.02600	-	0.06700	-	0.05600	0.00200	0.02600
Abou-Arab (1993)	Egypt	Raw cow milk	GC-ECD	-	-	-	-	0.01600	-	-	-
		Sterilized cow milk		-	-	-	-	0.01000	-	-	-
Heck และคณะ (2007)	Brazil	Raw cow milk	GC-ECD	0.00600	-	-	-	0.00700	0.03000	-	-
		Pasteurized cow milk		0.00100	-	-	-	0.00300	0.01100	-	-
		Sterilized cow milk		0.00100	-	-	-	0.00800	0.01400	-	-
Salem และคณะ (2009)	Jordan	Milk	GC-ECD	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	0.02700	0.02600	n.d.
		Butter		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	0.00900	n.d.	n.d.
		Cheese		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	0.06400	n.d.	n.d.
		Labaneh		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	0.00600	n.d.	n.d.
		Yoghurt		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	0.03200	n.d.	n.d.

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) ตารางแสดงการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนมและผลิตภัณฑ์ของประเทศต่างๆ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)

ผู้วิจัย	ประเทศ/เมือง	ชนิดตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Chlodrain	Lindane	∑ DDT	Heptachlor	Heptachlor Epoxide
Kampire และคณะ (2011)	Uganda	Raw cow milk	GC-ECD	0.00900	0.00700	-	-	0.02600	0.05200	-	-
		Pasteurized cow milk		0.00600	0.00500	-	-	0.02200	0.04100	-	-
		Whole milk		0.40000	-	-	-	0.03400	0.22000	1.12200	0.29300
		Buffalo milk		0.72100	-	-	-	0.07200	0.59600	2.04300	3.74100
Witczak และคณะ (2013)	Poland	Cow milk	GC-MS	0.00186	0.00010	0.00016	-	0.00068	-	0.00154	0.00001
Deti และคณะ (2014)	Ethiopia	Raw cow milk	GC-MS	0.01160	-	-	-	-	0.31213	-	-
		Raw goat milk		ND	-	-	-	-	0.30031	-	-
Pan และคณะ (2014)	China	Yak milk	HRGC–HRMS		-	-	-	-	0.00100	-	-
Hajjar และ Al-Salam (2016)	Saudi Arabia	Human milk	GC-MS	-	0.00034	0.00022	-	0.00034	0.00036	-	0.00138

ND คือ Not detection

n.d. คือ Non-detection

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 เครื่องมือ เครื่องแก้วและอุปกรณ์

3.1.1 กรวยแยกสาร 250 มิลลิลิตร (Witeg, Germany)

3.1.2 กระบอกตวง 10 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.3 กระบอกตวง 50 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.4 กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.5 ขวดรูปชมพู่ 150 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.6 ชุดขาตั้งและแคลมป์จับ

3.1.7 บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

3.1.8 บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

3.1.9 บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.10 หลอดทดลอง 75 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)

3.1.11 ถ้วยระเหย (Jipo, Czech republic)

3.1.12 ช้อนตักสาร

3.1.13 หลอดหยด

3.1.14 หลอดเซนตริฟิวส์ 50 มิลลิลิตร (Griner, Germany)

3.1.15 หลอดเซนตริฟิวส์ 500 มิลลิลิตร (Griner, Germany)

3.1.16 ไมโครปิเปต ขนาด 10-100 ไมโครลิตร (Rainin, USA)

3.1.17 ไมโครปิเปต ขนาด 100-1000 ไมโครลิตร (Gilson, France)

3.1.18 ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร (HBG, Germany)

3.1.19 ปิเปตขนาด 15 มิลลิลิตร (HBG, Germany)

3.1.20 ปิเปตขนาด 25 มิลลิลิตร (Witeg, Germany)

3.1.21 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)

3.1.22 เครื่องหมุนเหวี่ยงตัวอย่าง (Centurion scientific, England)

3.1.23 เครื่องเขย่าไขมัน (Jeiotech, Korea)

3.1.24 เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) (Scientific Industries, USA)

3.1.25 เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography Mass Spectrometry; GC-MS) (Trace 1300, Thermo Fisher Scientific, USA)

3.1.26 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary evaporator) (Buchi, Switzerland)

3.1.27 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Binder, Germany)

3.1.28 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Memmert, Germany)

3.1.29 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.30 ตู้ดูดควัน (Prolab laboratory, Thailand)

3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดไฮโดรคลอริก (HCl 37%) (AR grade, RCI Lacscan, Thailand)

3.2.2 กรดอะซีติก (Acetic acid glacial) (AR grade, Carlo Erba Reagents, France)

3.2.3 อะซิโตน (Acetone) (AR grade, RCI Lacscan, Thailand)

3.2.4 โทลูอีน (Toluene) (AR grade, Merck, USA)

3.2.5 เมทานอล (Methanol) (Ultra Resi-Analyzed, J.T.Baker, USA)

3.2.6 โพแทสเซียมออกซาเลต (Potassium oxalate) (ACS grade, VWR International, LLC, England)

3.2.7 อีเทอร์ (AR grade, RCI Lacscan, Thailand)

3.2.8 ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether 40-60) (AR grade, VWR International, LLC, England)

3.2.9 โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (Reagent grade, Merck, USA)

3.2.10 โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate anhydrous) (AR grade, Merck, USA)

3.2.11 โซเดียมอะซีเตดไตรไฮเดรต (Sodium acetate trihydrate) (Reagent grade, Merck, USA)

3.2.12 แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate heptahydrate) (AR grade, Merck, USA)

3.2.13 เอทานอล (Ethanol) (AR grade, Merck, USA)

3.2.14 เฮกเซน (Hexane) (AR grade, Honey well, Korea)

3.2.15 อะซีโตไนไตรล์ (Acetonitrile) (HPLC grade, Honey well, Korea)

3.2.16 โซเดียมอะซิเตต (Sodium acetate trihydrate) (AR grade, Merck, USA)

3.2.17 ฟลอริซิล (Florisil) (PR grade, Merck, USA)

3.2.18 สารมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Dr.Ehrenstorfer, Germany)

3.2.19 น้ำ DI (Deionized water)

3.3 ตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างนมโคจากผู้ประกอบการนมโรงเรียน 2 แห่ง ได้แก่ นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที 2 ตัวอย่าง/แห่ง ตัวอย่างละ 500 มิลลิลิตร รวม 12 ตัวอย่าง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส เพื่อรอทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างนม

ประเภทของนม	รหัสตัวอย่าง	ลำดับ	แหล่งที่มาของนม
นมดิบ	A1	1	จ.นครราชสีมา
		2	จ.นครราชสีมา
	A2	3	จ.สระบุรี
		4	จ.สระบุรี
นมพาสเจอร์ไรส์	B1	5	จ.นครราชสีมา
		6	จ.นครราชสีมา
	B2	7	จ.สระบุรี
		8	จ.สระบุรี
นมยูเอชที	C1	9	จ.นครราชสีมา
		10	จ.นครราชสีมา
	C2	11	จ.สระบุรี
		12	จ.สระบุรี

ที่มาของนม: เลือกจากผู้ประกอบการนมโรงเรียนที่ได้รับการจัดสรรพื้นที่การจำหน่ายนมโรงเรียนในเขตลาดกระบัง

3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.4.1 การเตรียมเครื่องแก้ว

นำเครื่องแก้วที่จะใช้ในการทดลองมาทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้ว ล้างน้ำประปา ล้างด้วยน้ำกลั่น ชะด้วยอะซีโตน นำไปอบในตู้อบลมร้อน 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ยกเว้นเครื่องแก้ววัดปริมาตร ชะด้วยอะซีโตนก่อนนำมาใช้งาน

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในนม ตามวิธี In-house method base on AOAC 954.02, 989.05 (2016)

เตรียมถ้วยระเหยโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบมาใส่ใน โถดูดความชื้นเป็นเวลา 30-40 นาที หลังจากนั้นนำถ้วยมาชั่งแล้ว

จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทำตัวอย่าง Blank โดยเติมน้ำ DI ใส่หลอดทดลอง 2 กรัม และชั่งตัวอย่างนมใส่หลอดทดลองประมาณ 2 กรัม แล้วจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบาๆให้เข้ากัน นำตัวอย่างที่ได้ไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เทตัวอย่างที่ย่อยแล้วลงในกรวยแยก แล้วเติมเอทานอล 10 มิลลิลิตร และอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดฝากรวยแยกให้สนิท นำไปติดตั้งกับเครื่องเขย่าไขมันแล้วเขย่าด้วยความเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที เมื่อครบกำหนดเติมปิโตรเลียม อีเทอร์ 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าอีกครั้งเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ เปิดฝากรวยแยก แล้วไขสารชั้นล่างเก็บในหลอดทดลองหลอดเดิม ส่วนชั้นบนไขใส่ถ้วยระเหยที่เตรียมไว้ นำตัวอย่างที่เก็บในหลอดทดลองมาสกัดด้วยตัวทำละลายครั้งที่ 2 และไขสารละลายชั้นบนใส่ในถ้วยระเหยรวมกับสารละลายรอบแรก นำถ้วยระเหยที่มีสารละลายมาตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควัน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำถ้วยระเหยมาอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำถ้วยระเหยออกจากตู้อบแล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30-40 นาที นำมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน และคำนวณปริมาณไขมันในนมตามสมการที่ 3.1

$$\text{ปริมาณไขมัน (กรัม ต่อ 100 กรัม)} = \frac{\left(\text{น้ำหนักถ้วยรวมน้ำหนักไขมัน} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า}\right) - \text{Blank}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4.3 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

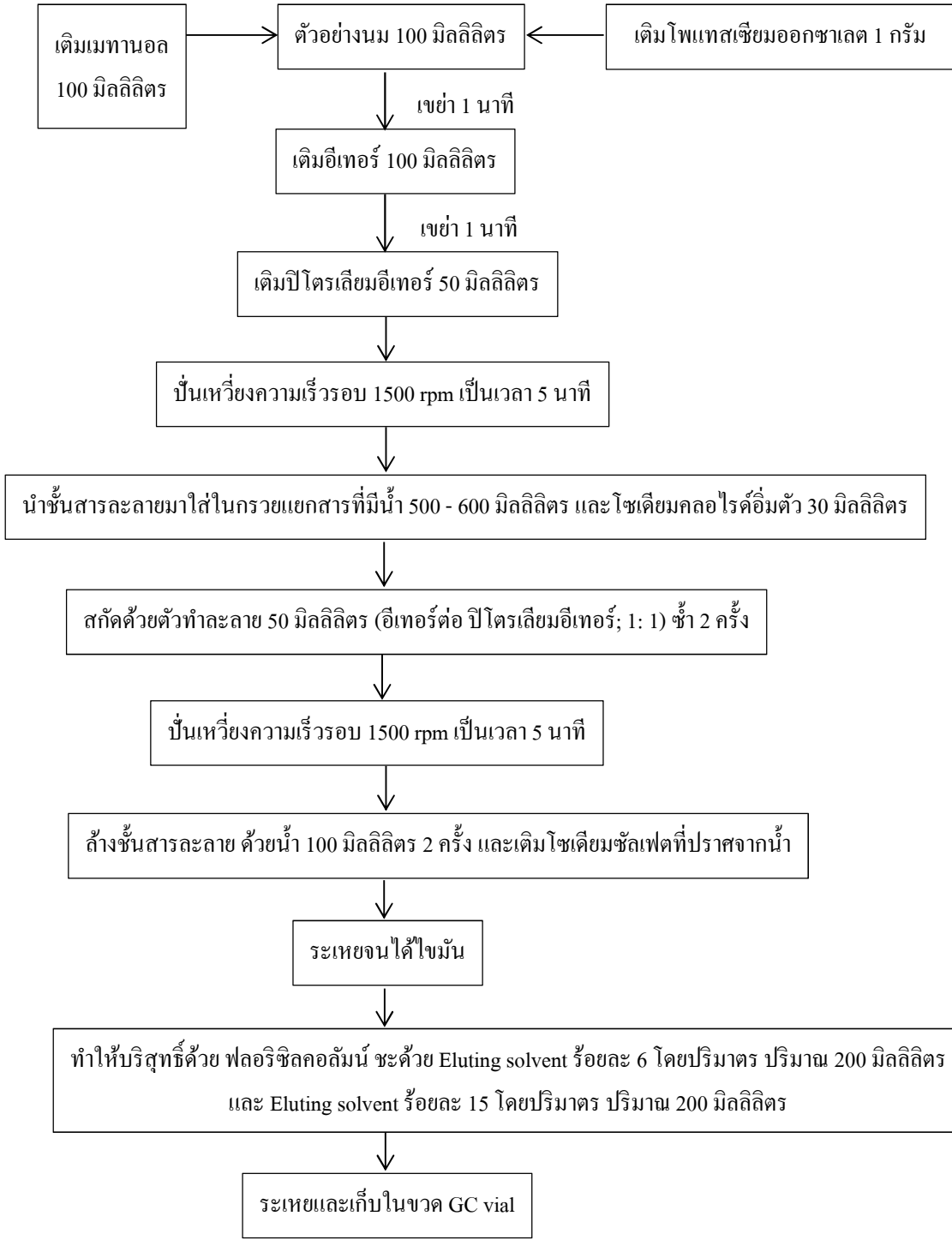
การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนระหว่างหลักการ AOAC และ QuEChER โดยการเติมสารละลายมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 15 ชนิด ความเข้มข้น 0.10 ppm ลงในตัวอย่างนมแล้วทำการสกัดตาม 5 วิธี ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืช

หลักการ	วิธีอ้างอิง	รหัสวิธีการสกัด
AOAC	AOAC official method 970.52 (2016)	A
	Ashnagar และคณะ (2009)	B
	Heck และคณะ (2007)	C
QuEChER	In-Seek และคณะ (2012)	D
	Xianyu และคณะ (2014)	E

3.4.3.1 การสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC official method 970.52 (2016) (ภาพที่ 3.1)

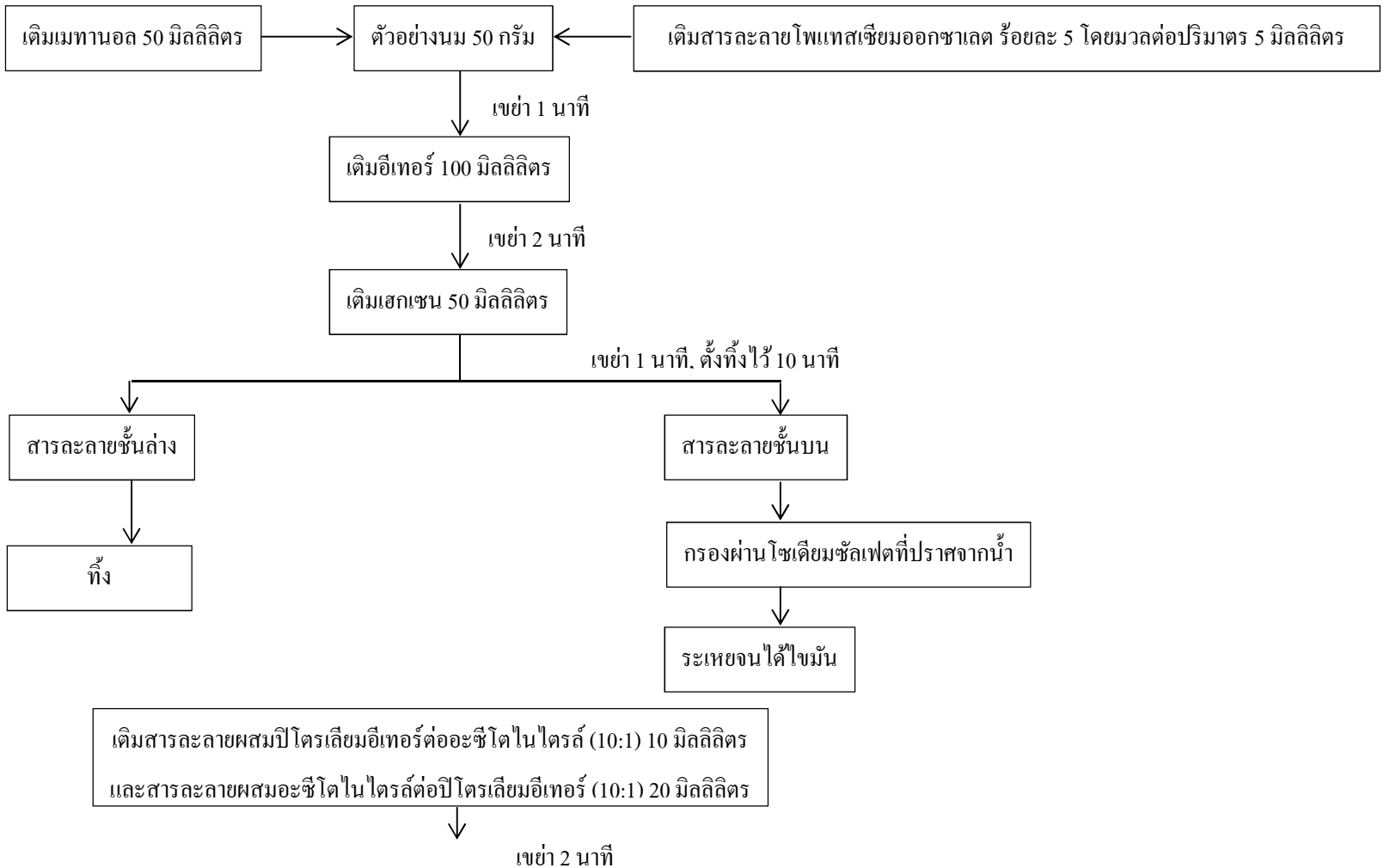
นำตัวอย่างนม 100 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 100 มิลลิลิตร และโพแทสเซียมออกซาเลต 1 กรัม ผสมให้เข้ากัน เติมอีเทอร์ 50 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 50 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบ 1500 rpm เป็นเวลา 5 นาที นำชั้นสารละลายส่วนบนมาใส่ในกรวยแยกสารที่มีน้ำ 500 - 600 มิลลิลิตร และโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว 30 มิลลิลิตร สกัดซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยตัวทำละลาย 50 มิลลิลิตร (อีเทอร์ต่อปิโตรเลียมอีเทอร์; 1:1) นำไปปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบ 1500 rpm เป็นเวลา 5 นาที เพื่อแยกชั้นสารละลายออก ผสมสารที่สกัดได้ในแต่ละครั้งเข้าด้วยกัน ล้างด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และเติมโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ เพื่อดึงน้ำออกจากตัวอย่าง ระเหยสารละลายออกจนได้ไขมัน แล้วจึงทำให้บริสุทธิ์ด้วยฟลอริซิลคอลัมน์ ชะด้วย Eluting solvent ร้อยละ 6 โดยปริมาตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เพื่อสกัด Aldrin, DDE, DDD, o,p'-DDT, p,p'-DDT, Heptachlor และ Heptachloe epoxide ชะด้วย Eluting solvent ร้อยละ 15 โดยปริมาตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เพื่อสกัด Dieldrin และ Endrin จากนั้นระเหยเก็บใน GC vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatography Mass Spectrometry; GC-MS โปรแกรม Scan mode



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC official method 970.52 (2016)

3.4.3.2 การสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC ของ Ashnagar และคณะ (2009) (ภาพที่ 3.2)

ชั่งตัวอย่างนม 50 กรัม ใส่ในกรวยแยกสาร เติมสารละลายโพแทสเซียมออกซาเลต ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 50 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเติมอีเทอร์ 100 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ 2 นาที จึงเติมเฮกเซน 50 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้สารละลายแยกชั้น สารละลายชั้นล่างแยกออกทิ้ง สารละลายชั้นบนนำไปกรองผ่านโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ แล้วระเหยจนได้ไขมัน เทไขมันลงในกรวยแยกสาร เติมสารละลายผสมปิโตรเลียมอีเทอร์ต่ออะซีโตไนไตรล์ (10:1) 10 มิลลิลิตร และสารละลายผสม อะซีโตไนไตรล์ต่อปิโตรเลียมอีเทอร์ (10:1) 20 มิลลิลิตร เขย่า 2 นาที ชั้นอะซีโตไนไตรล์แยกเก็บไว้ ชั้นปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ล้างซ้ำด้วยสารละลายผสมอะซีโตไนไตรล์-ปิโตรเลียมอีเทอร์ (10:1) 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำชั้นอะซีโตไนไตรล์เทรวมกัน เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร จำนวน 500 มิลลิลิตร แล้วเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 100 มิลลิลิตร เขย่า 2 นาที สารละลายชั้นล่างให้เททิ้ง ส่วนสารละลายชั้นบนล้างด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แยกน้ำชั้นล่างทิ้ง และนำไปผ่านโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ นำไประเหยจนปริมาตรเหลือ 1 มิลลิลิตร แล้วจัดเก็บในขวด GC vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC-MS โปรแกรม Scan mode

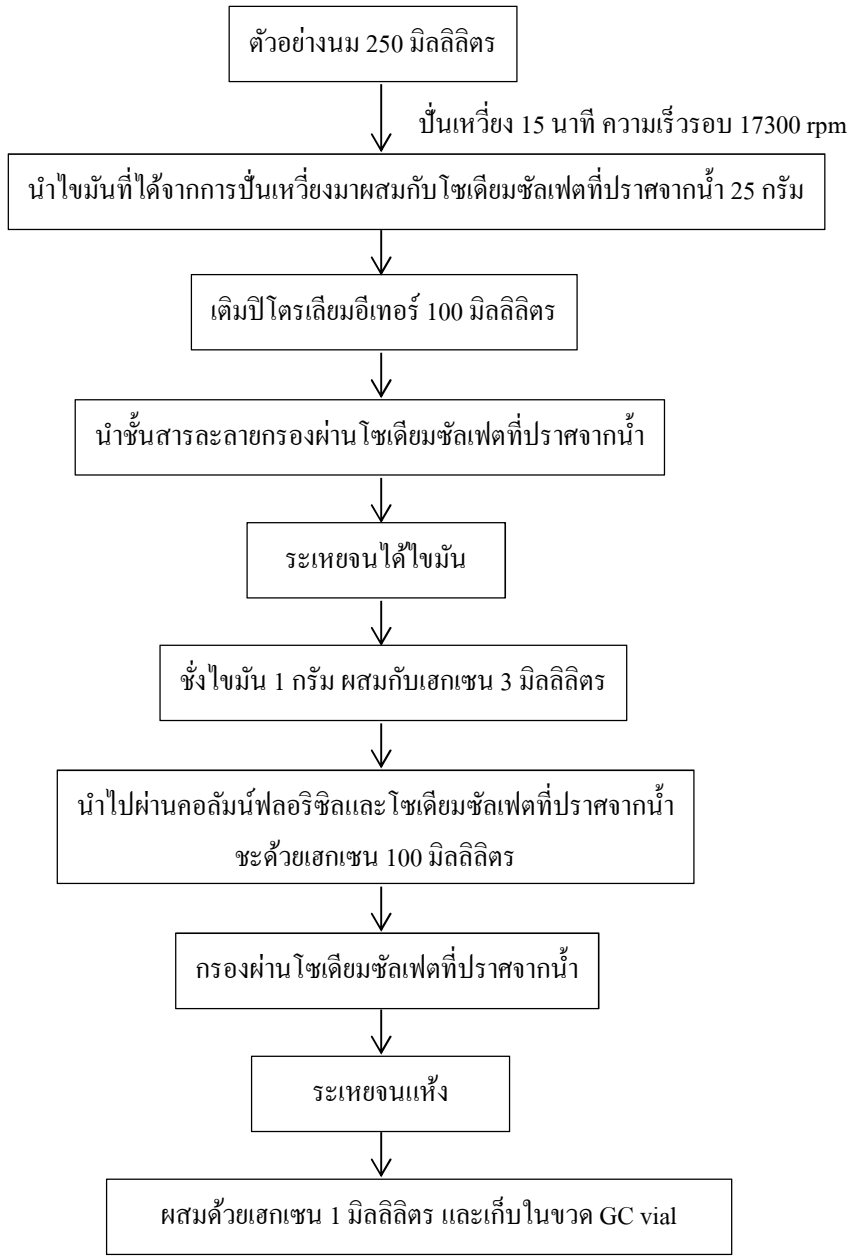


ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธีAOAC ของ Ashnagar และคณะ (2009)

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธีAOAC ของ Ashnagar และคณะ (2009) (ต่อ)

3.4.3.3 การสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC ของ Heck และคณะ (2007) (ภาพที่ 3.3)

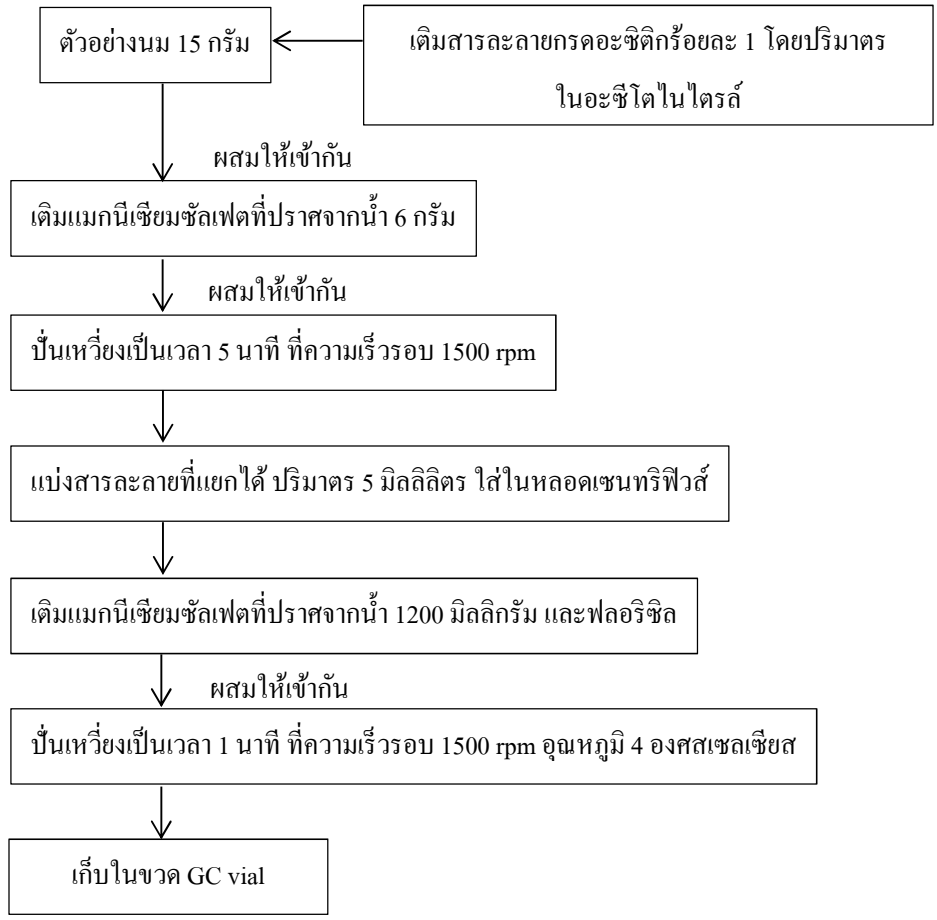
นำตัวอย่างนม 250 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาที ที่ความเร็วรอบ 17300 rpm นำไขมันที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงมาผสมกับโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 25 กรัม และเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำชั้นสารละลายกรองผ่านโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ และนำไประเหยจนได้ไขมัน ชั่งไขมัน 1 กรัมผสมกับเฮกเซน 3 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปผ่านคอลัมน์ที่ประกอบด้วยฟลอริซิลและโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 15 กรัม ชะคอลัมน์ด้วยเฮกเซน 100 มิลลิลิตร นำสารละลายมากรองผ่านโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำอีกครั้ง นำไประเหยจนแห้ง และผสมด้วยเฮกเซน 1 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวด GC vial นำไปวิเคราห์ด้วยเครื่องมือ GC-MS โปรแกรม Scan mode



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี AOAC ของ Heck และคณะ (2007)

3.4.3.4 การสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChERของ In-Seek และคณะ (2012) (ภาพที่ 3.4)

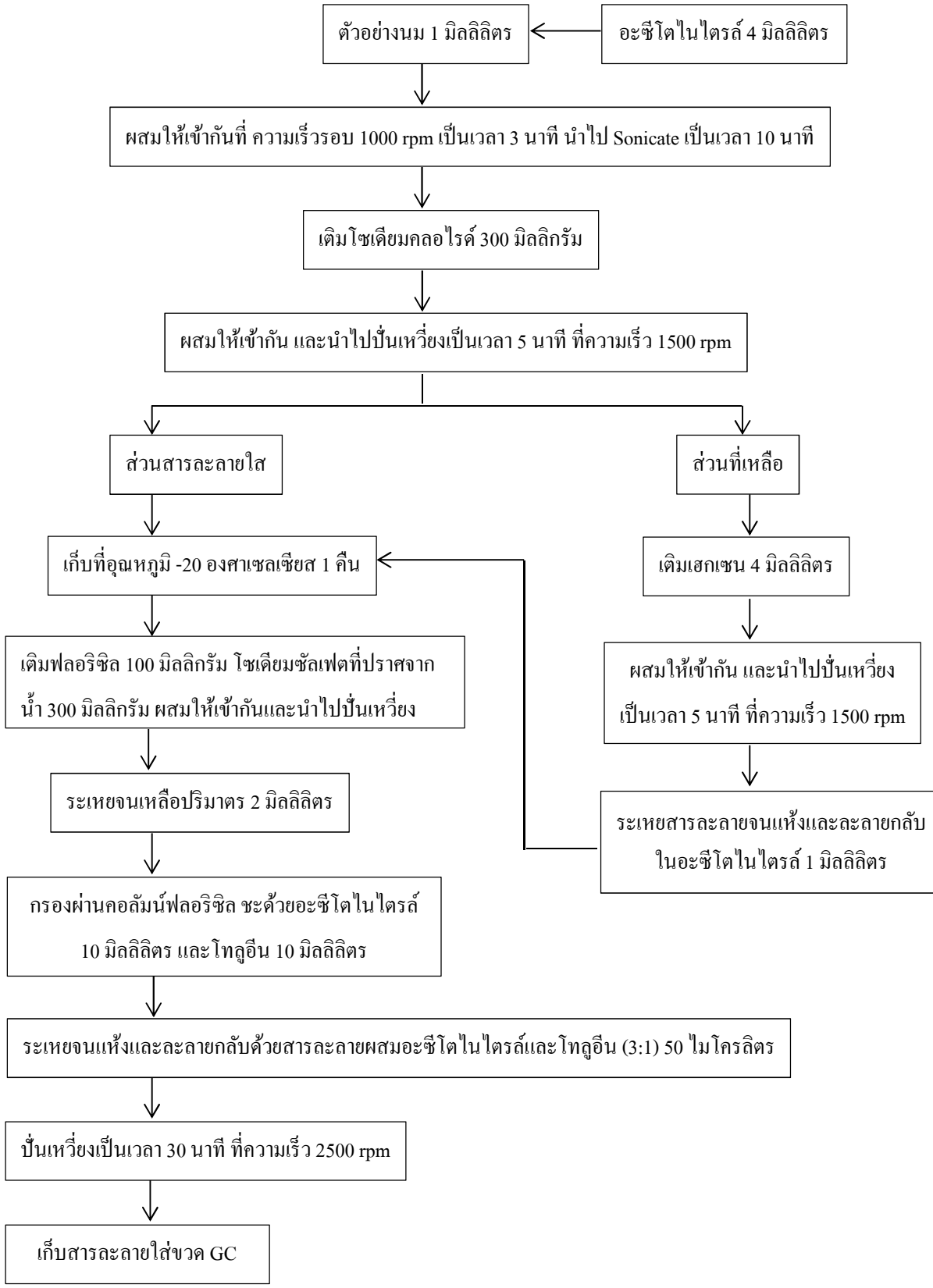
ชั่งตัวอย่างนม 15 กรัม ใส่ในหลอดเซนทริฟิวส์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 1 โดยปริมาตรในอะซีโตไนไตรล์ ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร ที่ความเร็วรอบสูงสุด เติมแมกนีเซียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 6 กรัม และผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm แบ่งสารละลายที่แยกได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเซนทริฟิวส์ขนาด 15 มิลลิลิตร เติมแมกนีเซียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 1200 มิลลิกรัมและฟลอริซิล ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง เขย่าสาร 30 วินาที นำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 1 นาที ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บสารละลายขวด GC vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC-MS โปรแกรม Scan mode



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChER ของ In-Seek และคณะ (2012)

3.4.3.5 การสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChER ของ Xianyu และคณะ (2014) (ภาพที่ 3.5)

ตวงตัวอย่างนม 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเซนทริฟิวส์ขนาด 15 มิลลิลิตร เติมอะซีโตไนไตรล์ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร ความเร็วรอบ 1000 rpm เป็นเวลา 3 นาที นำไป Sonicate เป็นเวลา 10 นาที แล้งจึงเติมโซเดียมคลอไรด์ 300 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร ความเร็วรอบ 1000 rpm เป็นเวลา 2 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็ว 1500 rpm แยกส่วนที่เป็นสารละลายเก็บไว้ ส่วนที่เหลือเติมเฮกเซน 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร ความเร็วรอบ 1000 rpm เป็นเวลา 3 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็ว 1500 rpm นำส่วนที่เป็นสารละลายไประเหยจนแห้ง และละลายกลับในอะซีโตไนไตรล์ 1 มิลลิลิตร รวมสารละลายที่เก็บไว้ทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน นำไปแช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส 1 คืน หลังจากนั้นนำมาเติมฟลอริซิล 100 มิลลิกรัม โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ 300 มิลลิกรัม ผสมให้เข้ากันและนำไปปั่นเหวี่ยง หลังจากนั้นนำไประเหยจนเหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วจึงนำมากรองผ่านคอลัมน์ฟลอริซิล โดยใช้อะซีโตไนไตรล์ 10 มิลลิลิตร และโทลูอีน 10 มิลลิลิตร ชะสารที่ต้องการสกัด นำไประเหยจนแห้ง และละลายกลับด้วยสารละลายผสมอะซีโตไนไตรต์และโทลูอีน (3:1) 50 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 30 นาที ที่ความเร็ว 2500 rpm เก็บสารละลายใส่ขวด GC vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC-MS โปรแกรม Scan mode



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างตามวิธี QuEChER ของ Xianyu และคณะ (2014)

3.4.4 การศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์

3.4.4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีน 15 ชนิด ได้แก่ Aldrin, Cis-Chlordane, Trans-Chlordane, Oxy-Chlordane, Dieldrin, p,p'-DDD, p,p'-DDE, o,p'-DDT, p,p'-DDT, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, alpha-HCH, beta-HCH และ gamma-HCH ที่ 5 ระดับความเข้มข้นคือ 0.01, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 ppm นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ตามสภาวะการทดลอง หาค่าความชัน (Slope) จุดตัดแกน y (Intercept) และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)

3.4.4.2 การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) และความเข้มข้นต่ำสุด ที่สามารถรายงานได้ (LOQ)

หาได้โดยการเติมสารมาตรฐานที่ค่าความเข้มข้น 0.01 ppm ลงใน sample blank วัดค่าอย่างน้อย 7 ซ้ำ และหาค่า SD ตามสมการที่ 3.2 และ 3.3

$$LOD = 3\ SD \tag{3.2}$$

$$LOQ = 10\ SD \tag{3.3}$$

3.4.4.3 การคำนวณค่าร้อยละของการกลับคืน (Recovery)

เตรียมสารมาตรฐานออร์กาโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 0.01, 0.10, 0.20 ppm วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ตามสภาวะการทดลอง และค่าร้อยละของการกลับคืน จากสมการที่ 3.4

$$\text{ค่าร้อยละของการกลับคืน} = \frac{100\ \text{x}\ (\text{ความเข้มข้นที่วัดได้} - \text{ความเข้มข้นตัวอย่างเริ่มต้น})}{\text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงไป}} \tag{3.4}$$

3.4.4.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง Blank

เตรียมตัวทำละลายผสมเฮกเซนต่อโทลูอีน (1:1) สกัดตามนำวิธีที่สามารถสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้มากที่สุดจากข้อ 3.4.2 นำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โปรแกรม Sim mode เพื่อตรวจสอบการรบกวนของสัญญาณ

3.4.5 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในนม

นำวิธีที่สามารถสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้มากที่สุดจากข้อ 3.4.2 มาสกัดหาสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในตัวอย่างนมที่เก็บมาจากสถานที่ต่างๆ และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS โปรแกรม Sim mode

3.4.6 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชด้วยเครื่อง GC-MS

นำตัวอย่างที่สกัดได้มาตรวจวัดชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี รุ่นTrace 1300 คอลัมน์ชนิด Capillary column (stx®-CL Pesticides) ขนาด 30 เมตร x 0.32 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร ที่ต่อด้วยตัวตรวจวัดชนิดแมสสเปคสเปคโทรมิเตอร์ (GC-MS) โดยมีสภาวะดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสภาวะเครื่อง GC-MS โปรแกรม Scan mode

สภาวะ	รายละเอียด
Inlet	250 องศาเซลเซียส
Oven program	50 องศาเซลเซียส (3 นาที), 30 องศาเซลเซียส/นาที to 180 องศาเซลเซียส (10 นาที), 6 องศาเซลเซียส/นาที to 220 องศาเซลเซียส (11 นาที), 5 องศาเซลเซียส/นาที to 250 องศาเซลเซียส (10 นาที)
Flow rate	Helium, 1 ml/นาที
MS transfer line	250 องศาเซลเซียส
Ion source temperature	230 องศาเซลเซียส
Injection volume	1 µl

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงสภาวะเครื่อง GC-MS โปรแกรม Sim mode

สภาวะ	รายละเอียด
Inlet	250 องศาเซลเซียส
Oven program	35 องศาเซลเซียส (1 นาที), 35 องศาเซลเซียส/นาที to 190 องศาเซลเซียส (10 นาที), 155 องศาเซลเซียส/นาที to 250 องศาเซลเซียส (3 นาที)
Flow rate	Helium, 1.2 ml/นาที
MS transfer line	250 องศาเซลเซียส
Ion source temperature	230 องศาเซลเซียส
Injection volume	1 µl

3.4.7 การประเมินความเสี่ยง

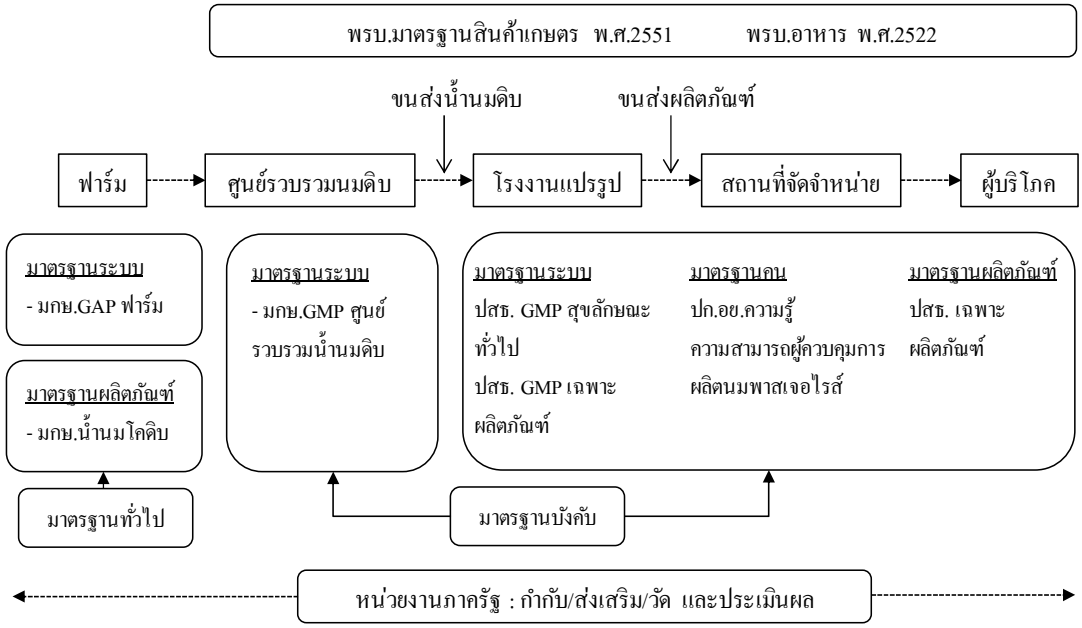
นำข้อมูลปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างนม จากผลการทดลองในข้อ 3.4.5 มาประเมินการได้รับสัมผัสทางการบริโภคของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ Aldrin, Dieldrin, Chlordane, DDT, Endrin และ Heptachlor ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง โดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย และข้อมูลข้อมูลน้ำหนักของประชากรนักเรียนช่วงอายุ 3-12 ปี ที่จัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ปี 2559 ตามสมการที่ 2.1

จากนั้นทำการประเมินความเสี่ยงของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยการเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสัมผัสกับค่า acceptable daily intake (ADI) โดยใช้สมการที่ 2.2

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 มาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมในประเทศไทย

เพื่อเป็นการควบคุมดูแลนมและผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จากอันตรายด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ หน่วยงานของภาครัฐได้มีการออกมาตรฐานเพื่อใช้กำกับดูแลผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่อาหาร ทั้งที่เป็นมาตรฐานแบบทั่วไปและมาตรฐานแบบบังคับ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 มาตรฐานที่ใช้กำกับดูแลการผลิตนม
ที่มา: ดัดแปลงจากสุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย และคณะ 2556

4.1.1 มาตรฐานฟาร์มโคนม

การกำกับดูแลคุณภาพและความปลอดภัย เริ่มจากต้นทางของห่วงโซ่อาหารคือฟาร์มที่ทำการเลี้ยงโคนม มาตรฐานแบบทั่วไปฉบับแรกประกาศโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง มาตรฐานฟาร์มโคนมและการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย พ.ศ.2542 เป็นเกณฑ์ขั้นพื้นฐานสำหรับฟาร์มโคนมที่ต้องการขึ้นทะเบียนรับรองมาตรฐานฟาร์มกับกรมปศุสัตว์ โดยกำหนดหัวข้อที่ต้องปฏิบัติได้แก่

1 องค์ประกอบฟาร์ม ต้องพิจารณาที่ตั้ง เนื้อที่กว้างขวางเพียงพอ จัดแบ่งพื้นที่เป็นสัดส่วน มีแผนผังอย่างชัดเจน

2 การจัดการฟาร์ม ด้านโรงเรือนต้องมีแผนการทำสะอาดอย่างเหมาะสม ด้านบุคลากรต้องมีสัตวแพทย์ที่มีใบอนุญาตประกอบการบำบัดโรคสัตว์ชั้นหนึ่ง และใบอนุญาตผู้ควบคุมฟาร์มโคนมจากกรมปศุสัตว์ แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรอย่างชัดเจนและมีการตรวจสุขภาพประจำปี ด้านการจัดการฟาร์ม ต้องมีคู่มือการจัดการฟาร์มที่แสดงให้เห็นระบบงานในฟาร์ม ด้านระบบการบันทึกข้อมูล ต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารฟาร์ม การจัดการด้านการผลิตอาหารสัตว์

3 การจัดการด้านสุขภาพสัตว์ มีระบบเฝ้าระวัง ควบคุมและป้องกันโรคจากในและนอกฟาร์ม

4 การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ต้องมีการกำจัดสิ่งปฏิกูลต่างๆอย่างเหมาะสม

5 การผลิตน้ำนม กำหนดการเตรียมแม่โค การรีดนมที่ถูกต้อง

6 การเก็บรักษาและการขนส่งน้ำนมดิบ โดยมีวิธีการปฏิบัติสำหรับเกษตรกรและศูนย์รวมน้ำนมดิบ หลังจากนั้นมีการพัฒนาปรับปรุงตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม (มกษ.6402-2552) โดยแยกข้อกำหนดให้ชัดเจนและคลอบคลุมมากขึ้นในหัวข้อ อาหารสำหรับโคนม น้ำที่ใช้ในฟาร์ม สุขภาพสัตว์ สวัสดิภาพสัตว์ และสิ่งแวดล้อม

4.1.2 มาตรฐานศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เป็นผู้กำหนดมาตรฐานของศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบซึ่งเป็นมาตรฐานทั่วไป ภายใต้ประกาศมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีสำหรับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ (มกอช.6401-2548) มีข้อกำหนด 13 ข้อ ได้แก่

1 องค์ประกอบของศูนย์รวมรวมน้ำนมดิบ

2 การจัดการภายในศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ

3 การจัดการเครื่องมือเครื่องจักร และอุปกรณ์รับน้ำนมดิบ

4 การจัดการระบบทำความเย็นน้ำนมดิบ

5 การจัดการถังเก็บน้ำนมดิบ

6 การจัดการระบบทำความสะอาดเฉพาะที่

7 การจัดการระบบบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์

8 การจัดการระบบสาธารณูปโภค

9 การจัดการระบบขนส่งและรถขนส่งน้ำนมดิบ

10 การจัดการระบบรับซื้อน้ำนมดิบ

11 การจัดการด้านบุคลากร

12 มาตรฐานความปลอดภัยและการจัดการระบบสิ่งแวดล้อม

13 การจัดการควบคุมคุณภาพน้ำนมดิบ

ต่อมาได้มีการทบทวนแก้ไขให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป และยกระดับคุณภาพการปฏิบัติของศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ โดยปรับปรุงข้อกำหนด เช่น การรับวัตถุดิบ การส่งเสริมสมาชิก ตามประกาศมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติที่ดีสำหรับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ (มกษ.6401-2558) และมีการพิจารณาประกาศเป็นมาตรฐานบังคับในปี พ.ศ.2559

4.1.3 มาตรฐานสุขลักษณะสถานที่ผลิต

นมโค เป็นอาหารควบคุมเฉพาะตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 หมายถึง อาหารที่เป็นกลุ่มที่เสี่ยงอันตรายมาก รัฐดูแลเข้มงวดทั้งทางด้านสถานที่ผลิตและผลิตภัณฑ์ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีประกาศที่เกี่ยวข้องกับสถานที่แปรรูปผลิตภัณฑ์นม ดังนี้

1 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 พ.ศ.2543 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารว่าด้วยสุขลักษณะทั่วไป (GMP ทั่วไป) สถานที่ตั้งและอาคารผลิต เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิต การควบคุมกระบวนการผลิต การสุขาภิบาล การบำรุงรักษาและทำความสะอาด บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงาน ประกาศฉบับนี้มีผลบังคับใช้กับอาหาร 57 ชนิด จึงได้มีการออกประกาศเพิ่มเติมสำหรับนมพาสเจอไรส์

2 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 298 พ.ศ. 2549 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอไรส์ โดยข้อกำหนดด้าน GMP มีความเฉพาะเจาะจงต่อกระบวนการผลิตมากขึ้น เน้นให้ผู้ควบคุมการผลิต ต้องมีคุณสมบัติและความรู้เกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยวิธีพาสเจอร์ไรส์ตามความเหมาะสม และเพิ่มข้อกำหนดในหัวข้อบันทึกและรายงานผล

3 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 พ.ศ. 2556 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษา อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด กระบวนการผลิตนมนอกจากการให้ความร้อนแบบพาสเจอไรส์แล้วยังมีแบบสเตอริไรส์ยูเอชที โดยบรรจุในภาชนะต่างๆ เช่น กล่อง กระป๋อง ประกาศฉบับนี้จึงคลอบคลุมกระบวนการเหล่านี้ โดยเน้นที่กระบวนการฆ่าเชื้อ เครื่องมือฆ่าเชื้อ การศึกษายืนยันกระบวนการฆ่าเชื้อ คุณสมบัติของผู้ควบคุมกระบวนการผลิตและผู้กำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

4.1.4 มาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2552 หน่วยงานรัฐจึงได้ออกประกาศควบคุมผลิตภัณฑ์เพื่อกำกับดูแลคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นม ควบคู่กับการดูแลสถานที่

ผลิต กระทรวงสาธาณสุขได้กำหนดมาตรฐานนมโคฉบับแรก คือ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 พ.ศ. 2522 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต โดยเน้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์และสารปฏิชีวนะสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง หลังจากนั้นมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เช่น ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 149 พ.ศ. 2536 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 2) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 218 พ.ศ. 2544 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 3) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 265 พ.ศ. 2545 เรื่อง นมโค ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 282 พ.ศ. 2547 เรื่อง นมโค (ฉบับที่ 2) จนถึงประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 350 พ.ศ. 2556 เรื่อง นมโค ในปัจจุบัน

นอกจากนี้เพื่อเป็นการตรวจติดตามปริมาณสารตกค้างต่างๆจากสิ่งแวดล้อมที่อาจปนเปื้อนเข้าสู่อาหารและถ่ายทอดถึงผู้บริโภค จึงมีการกำหนดมาตรฐานสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น มาตรฐานสินค้าเกษตร มกอช. 9003-2547 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง แต่ข้อมูลตรวจติดตามความปลอดภัยของนมจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในประเทศไทยจากการศึกษาวิจัยมีค่อนข้างน้อย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงศึกษาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในนม โดยทำการศึกษาวิธีการสกัดที่เหมาะสมและวิเคราะห์เชิงปริมาณ ดังนี้

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในนม

4.3 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

4.4 การศึกษาความถูกต้องของการวิเคราะห์

4.4.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

4.4.2 การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ)

4.4.3 การคำนวณค่าร้อยละของการกลับคืน (Recovery)

4.4.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง Blank

4.5 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในนม

4.6 การประเมินความเสี่ยง

ตัวอย่างนมที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที ที่เก็บตัวอย่างจากผู้ประกอบการในโครงการนมโรงเรียน ตามรายละเอียดการจัดสรรเขตพื้นที่การจำหน่ายนมโรงเรียน ในพื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 1/2561 (ภาคผนวก ก)

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในนม

นม มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ น้ำและของแข็ง ซึ่งได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล และแร่ธาตุ สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโรคลอรีนมีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน จึงมีโอกาสที่จะสะสมอยู่ในไขมันของนมเป็นหลัก ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง จึงให้พิจารณาปริมาณไขมันในนมเพื่อการกำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เมื่อทำการวิเคราห์หาปริมาณไขมันในนมด้วยวิธี Inhouse method base on AOAC 954.02, 989.05 (AOAC, 2016) พบว่า นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที มีปริมาณไขมัน 3.50, 3.03, 3.33 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยคุณภาพของนมโคในประเทศไทย มีเกณฑ์กำหนดจากหลายหน่วยงาน เช่น มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 6003-2553) เรื่อง น้ำนมโคดิบ กำหนดให้มีปริมาณไขมัน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3.35 โดยน้ำหนัก มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 6003-2548) เรื่อง น้ำนมดิบ แบ่งน้ำนมดิบ ออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ โดยชั้นดีมาก ปริมาณไขมันมากกว่าร้อยละ 4, ชั้นดี ปริมาณไขมันระหว่างร้อยละ 3.6-4, ชั้นมาตรฐาน ปริมาณไขมันระหว่างร้อยละ 3.2-6 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 350) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมโค กำหนดให้มีปริมาณไขมัน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไขมันในนมพาสเจอร์ไรส์บางตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนด ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับข้อมูลจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2556) ที่รวบรวมข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพนมโรงเรียน ระหว่างปี 2553-2555 จำนวน 450 ตัวอย่าง พบค่าไขมันต่ำกว่ามาตรฐานร้อยละ 0.9

ตารางที่ 4.1 ปริมาณไขมันในตัวอย่างนม

ประเภทของนม	รหัสตัวอย่าง	ลำดับ	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	เฉลี่ย
นมดิบ	A1	1	3.74	3.50±0.20
		2	3.42	
	A2	3	3.28	
		4	3.55	
นมพาสเจอร์ไรส์	B1	5	3.03	3.03±0.16
		6	2.86	
	B2	7	2.97	
		8	3.24	
นมยูเอชที	C1	9	3.28	3.33±0.16
		10	3.21	
	C2	11	3.56	
		12	3.27	

4.3 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ปัจจุบันการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีหลากหลายวิธี วิธีมาตรฐานแบบดั้งเดิมคือ วิธี AOAC 970.52 โดยใช้หลักการ liquid-liquid extraction ที่ใช้เวลานาน และใช้ตัวทำละลายปริมาณมาก จึงได้เกิดการพัฒนาเทคนิคใหม่ขึ้น เรียกว่า QuEChERS (quick, easy, cheap, effective, rugged and safe) ซึ่งได้รับยอมรับอย่างเป็นทางการ โดยวิธีนี้ใช้ตัวอย่างและตัวทำละลายปริมาณน้อย สามารถเตรียมได้อย่างง่าย รวดเร็ว มีค่าใช้จ่ายน้อย และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งมีค่าร้อยละการกลับคืนที่ดี การศึกษานี้จึงเปรียบเทียบวิธีการสกัด ระหว่างหลักการ AOAC และ QuEChER จำนวน 5 วิธี เมื่อเปรียบเทียบสภาวะการสกัด พบว่ากระบวนการสกัดแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การสกัดสารที่ต้องการ และการทำให้บริสุทธิ์ ดังตารางที่ 4.2

ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัด พิจารณาจากการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จำนวน 15 ชนิด ที่ทำการเติมสารละลายมาตรฐานลงในตัวอย่างและสกัดโดยวิธีต่างๆ พบว่าการสกัดด้วยวิธี AOAC แบบ C สามารถตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืช 10 ชนิด รองลงมาคือการสกัดแบบ A ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืช 9 ชนิด และการสกัดแบบ B ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด ในขณะที่การสกัดด้วยวิธี QuEChERS แบบ D สามารถตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืช 10 ชนิด ส่วนการสกัดแบบ E ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชเพียง 1 ชนิด รายละเอียดการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชของแต่ละวิธีสกัด แสดงดังตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดที่ดีที่สุดจากวิธี

AOAC และ QuEChERS คือแบบ C และแบบ D พบว่าแบบ C ใช้ตัวทำละลายหลายชนิดเพื่อกำจัดสิ่งรบกวน ในขณะที่แบบ D ใช้กรดแอซีติกช่วยรักษาสารกำจัดศัตรูพืชที่ต้องการสกัดให้มีความเสถียร อีกทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดด้วยการหมุนเหวี่ยงแบบแช่เยือกแข็ง (freezing centrifugation) โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลการตรวจพบที่เท่ากัน แต่วิธี QuEChERS เป็นวิธีที่มีต้นทุนการสกัดที่น้อยกว่า งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การสกัดแบบ D ในการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในนม โดยทำการศึกษาความถูกต้องของวิธีการสกัดและการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

วิธีการสกัด		การสกัด		การทำให้บริสุทธิ์	
		ตัวทำละลาย	สภาวะการสกัด	สารทำให้บริสุทธิ์	สภาวะการทำให้บริสุทธิ์
AOAC	A	เมทานอล, อีเทอร์ และ ปิโตรเลียม อีเทอร์	เติมโพแทสเซียมออกซาเลต	ฟลอริซิล	-
	B	ปิโตรเลียม อีเทอร์	หมุนเหวี่ยงแยกเฉพาะไขมันจากนมมาสกัด	ฟลอริซิล	-
	C	เมทานอล, อีเทอร์ และเฮกเซน	เติมโพแทสเซียมออกซาเลต	ปิโตรเลียม อีเทอร์ และอะซีโตไนไตรล์	ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในการทำ Lipid-lipid partitioning
QuEChERS	D	อะซีโตไนไตรล์	เติมกรดแอซีติกในตัวทำละลาย	ฟลอริซิล	ใช้การหมุนเหวี่ยงแบบแช่เยือกแข็งช่วยทำให้บริสุทธิ์
	E	อะซีโตไนไตรล์ และเฮกเซน	ใช้ Sonicator ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด	ฟลอริซิล	-

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากวิธีต่างๆ

ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	วิธีการสกัด				
		AOAC			QuEChER	
		A	B	C	D	E
1	Aldrin	-	✓	-	✓	-
2	Cis-Chlordane	✓	-	-	✓	✓
3	Trans-Chlordane	✓	-	✓	-	-
4	Oxy-Chlordane	✓	-	-	-	-
5	Dieldrin	✓	-	✓	✓	-
6	p,p'-DDD	✓	✓	✓	-	-
7	p,p'-DDE	-	✓	-	✓	-
8	o,p'-DDT	✓	-	✓	-	-
9	p,p'-DDT	✓	-	✓	✓	-
10	Endrin	✓	-	✓	✓	-
11	Heptachlor	-	-	✓	✓	-
12	Heptachlor epoxide	-	✓	✓	-	-
13	alpha-HCH	-	✓	✓	✓	-
14	beta-HCH	✓	-	-	✓	-
15	gamma-HCH	-	-	✓	✓	-
จำนวนที่ตรวจพบ		9	5	10	10	1

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง ตรวจพบ

\- หมายถึง ตรวจไม่พบ

4.4 การศึกษาความถูกต้องของวิธีการสกัดและการวิเคราะห์

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ระหว่างวิธี AOAC 970.52 และ QuEChERS พบว่าวิธี QuEChERS แบบ D มีประสิทธิภาพในการสกัดได้ดีและมีต้นทุนการสกัดที่น้อย จึงทำการเลือกวิธีนี้เพื่อใช้ในการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในนม และได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการสกัดและวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การสร้างกราฟมาตรฐาน โดยเติมสารมาตรฐานผสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 ppm แล้วพลอตกราฟระหว่างความเข้มข้น (x) และพื้นที่ใต้กราฟ (y) เพื่อหาสมการเส้นตรงและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) พบว่าสารละลายมาตรฐานผสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนทุกชนิดมีค่า R^2 มากกว่า 0.9950 (AOAC, 2016) แสดงถึงความสามารถของวิธีการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนโดยเครื่อง GC-MS ตามสภาวะที่กำหนด โดย Aldrin มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9953 Cis-Chlordane มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9989 Trans-Chlordane มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9993 Dieldrin มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9997 p,p'-DDD มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9985 p,p'-DDE มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9956 p,p'-DDT มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9954 Endrin มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9969 Heptachlor มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9988 Heptachlor epoxide มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9998 alpha-HCH มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9997 beta-HCH มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9988 gamma-HCH มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9991 และสารแต่ละชนิดมี retention time ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และกราฟมาตรฐานของสารกำจัดศัตรูพืชดังแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และ Retention time

ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	Retention time (นาที)
1	Aldrin	0.9953	7.86
2	Cis-Chlordane	0.9989	8.86
3	Trans-Chlordane	0.9993	8.70
4	Dieldrin	0.9997	9.37
5	p,p'-DDD	0.9985	9.80
6	p,p'-DDE	0.9956	8.94
7	p,p'-DDT	0.9954	10.28
8	Endrin	0.9969	9.72
9	Heptachlor	0.9988	7.51

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) และ Retention time

ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	Retention time (นาที)
10	Heptachlor epoxide	0.9998	8.55
11	alpha-HCH	0.9997	6.61
12	beta-HCH	0.9988	7.07
13	gamma-HCH	0.9991	6.97

4.3.2 ผลค่าการหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ)

นำผลการสร้างกราฟมาตรฐานของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากข้อ 4.2.1 คำนวณหาค่า LOD และ LOQ ตามสมการที่ 3.2 และ 3.3 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า LOD และ LOQ ของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

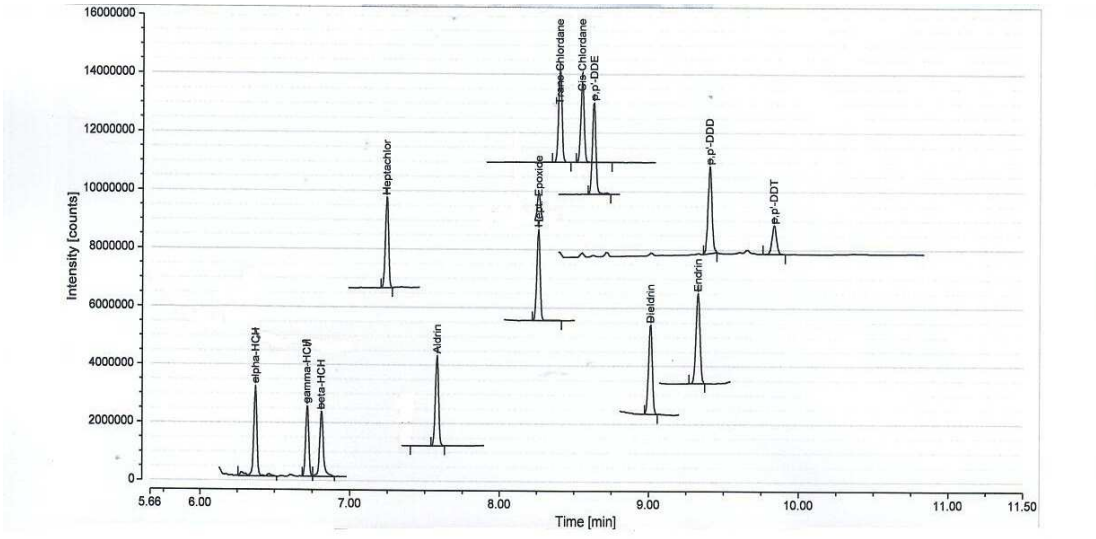
ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	LOD	LOQ
1	Aldrin	0.0123	0.0410
2	Cis-Chlordane	0.0078	0.0260
3	Trans-Chlordane	0.0075	0.0250
4	Dieldrin	0.0012	0.0040
5	p,p'-DDD	0.0207	0.0690
6	p,p'-DDE	0.0183	0.0610
7	p,p'-DDT	0.0552	0.1840
8	Endrin	0.0615	0.2050
9	Heptachlor	0.0093	0.0310
10	Heptachlor epoxide	0.0009	0.0030
11	alpha-HCH	0.0003	0.0010
12	beta-HCH	0.0138	0.0460
13	gamma-HCH	0.0075	0.0250

4.3.3 ผลค่าร้อยละของการกลับคืน (Recovery)

การเติมสารละลายสารมาตรฐาน ที่ระดับความเข้มข้น 0.01 0.10 และ 0.20 ppm พบว่ามีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 80.95 - 110 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ของ AOAC (2016) ที่กำหนดช่วงการยอมรับไว้ที่ร้อยละ 80 - 110 โดยโครมาโทแกรมของตัวอย่างที่เติมสารละลายสารมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน แสดงดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.6 ค่าร้อยละการกลับคืน

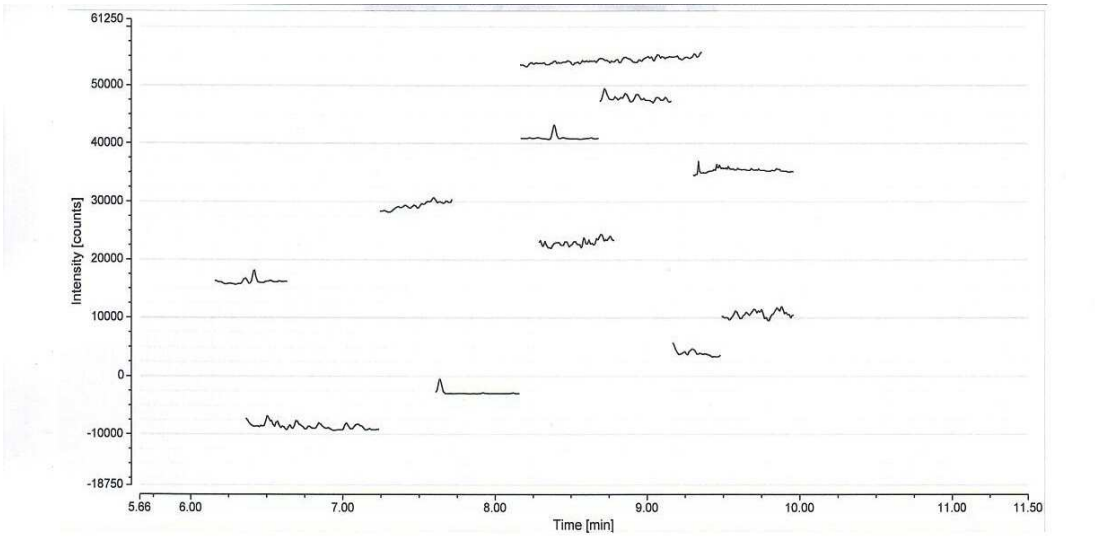
ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ค่าร้อยละการกลับคืน
1	Aldrin	82.59 - 105.10
2	Cis-Chlordane	83.00 - 108.11
3	Trans-Chlordane	81.99 - 109.60
4	Dieldrin	96.00 - 102.09
5	p,p'-DDD	92.06 - 99.00
6	p,p'-DDE	92.43 - 110.00
7	p,p'-DDT	82.56 - 108.24
8	Endrin	108.90
9	Heptachlor	88.75 - 107.88
10	Heptachlor epoxide	84.40 - 103.95
11	alpha-HCH	80.95
12	beta-HCH	83.97 - 85.00
13	gamma-HCH	107.26



รูปที่ 4.2 โครมาโทแกรมของตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

4.3.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง Blank

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง Blank ไม่พบสัญญาณรบกวนที่ใกล้เคียงกับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โครมาโทแกรมของตัวอย่าง Blank แสดงดังภาพที่ 4.3



รูปที่ 4.3 โครมาโทแกรมของตัวอย่าง Blank

4.5 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในตัวอย่างนม

จากการทดสอบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในตัวอย่างนมดิบ นมพาสเจอร์-ไรส์ และนมยูเอชที โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างจากสถานที่ต่างๆ จำนวนตัวอย่างรวม 12 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ผลการทดสอบไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในตัวอย่างนมทุกชนิด ในการตรวจวัดที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (Limit of detection; LOD) 0.003 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (Limit of quantitation; LOQ) 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังภาคผนวก ค เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดในผลิตภัณฑ์นมที่ยอมรับได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ตารางที่ 2.2) โดยพิจารณาปริมาณไขมันในนมร่วมด้วย ตามข้อกำหนดที่ระบุว่าในกรณีมีปริมาณไขมันมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2 ให้ใช้ค่า 25 เท่าของค่าปริมาณสารที่ตกค้างสูงสุดที่กำหนด จะสามารถคำนวณเกณฑ์ได้ดังตารางที่ 4.7 พบค่าปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างไม่เกินค่าที่กฎหมายกำหนด

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนมเมื่อพิจารณาค่าไขมัน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
Aldrin และ Dieldrin	0.0075
Chlordane	0.0025
DDT	0.0250
Endrin	0.0010
Heptachlor	0.0075

ผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2556) ที่รวมรวมข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพนมโรงเรียนชนิดพาสเจอร์ไรส์และยูเอชที ที่ผลิตจากโรงนมขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และกลุ่มสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคนม จำนวน 450 ตัวอย่าง ระหว่างปี 2553-2555 ผลวิเคราะห์หาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตรวจไม่พบในทุกตัวอย่าง และผลการศึกษาของประเสริฐ หิรัญณรงค์ชัย (2548) ที่วิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ Aldrin, alpha-BHC, gamma-BHC, DDD, DDE, DDT, alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endosulfan sulfate และ Heptachlor ในนมโคของพื้นที่จังหวัดราชบุรี จำนวน 36 ตัวอย่าง ซึ่งไม่พบ

สารตกค้างทั้ง 10 ชนิด แต่เมื่อพิจารณาการศึกษาเมื่อปีพ.ศ. 2526 โดยมาลินี ลิ้มโภคา และคณะ (2526) ที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างนม ที่เก็บจากศูนย์รับนมของกลุ่มเลี้ยงโคนมหนองโพ จ.ราชบุรี พบ p,p'-DDT, Aldrin, Dieldrin ในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก และมีตัวอย่างที่สารบางชนิดในปริมาณสูง ได้แก่ p,p'-DDT 27.9 ppb, Dieldrin 12.2 ppb, Heptachlor และ Heptachlor epoxide ในปริมาณ 2.7 - 5.7 ppb ในขณะที่ตัวอย่างนมที่เก็บจากภาควิชาสัตวบาล วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตรวจไม่พบ p,p'-DDT แต่พบ Dieldrin, Heptachlor และ Heptachlor epoxide ในทุกตัวอย่าง ซึ่งแสดงถึงการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม โดยในปี พ.ศ. 2526 นั้นมีการประกาศห้ามใช้ DDT ส่วนสารชนิดอื่นๆ ยังคงมีการใช้งานในภาคเกษตรกรรม

ภาครัฐได้มีการดำเนินนโยบายเพื่อควบคุมความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นมจากการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช โดยมีการออกข้อกำหนด กฎหมายทั้งแบบทั่วไปและบังคับเพื่อควบคุมตลอดทั้งห่วงโซ่ ได้แก่ การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารโคนม ผ่านทางพระราชบัญญัติควบคุมอาหารสัตว์ ที่มีการประกาศเมื่อพ.ศ. 2525 จนถึงฉบับปัจจุบันปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากอาหารโคนมมีส่วนประกอบหลักคือพืช เช่น รำ ข้าวโพด มันสำปะหลัง ที่อาจปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชจากการเพาะปลูกโดยตรง นอกจากนี้มาตรฐานฟาร์มโคนม (GAP) ยังมีการระบุถึงคุณภาพของอาหารโค ที่ต้องปลอดจากสารกำจัดศัตรูพืช การรับน้ำนมดิบที่ศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบหรือโรงงานแปรรูป กำหนดให้มีการตรวจสอบคุณภาพซึ่งการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างเป็นหนึ่งในข้อกำหนดโดยจะทำการตรวจติดตามเป็นรายปี นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่วางขายในท้องตลาดมีการสุ่มตรวจสารตกค้างจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มาตรการเหล่านี้มีส่วนช่วยป้องกันการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนลงสู่ผลิตภัณฑ์นมได้

นอกจากนี้ปัจจัยด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิต มีผลกระทบต่อปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ เช่น การศึกษาของ Salem และคณะ (2009) ได้วิเคราะห์ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ นม เนย ชีส Labaneh (อาหารพื้นเมืองของตะวันออกกลางทำจากโยเกิร์ตไขมันเต็ม) และโยเกิร์ต ที่วางจำหน่ายในประเทศจอร์แดน จำนวน 233 ตัวอย่าง พบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีปริมาณไขมันเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ เนย ร้อยละ 81.6, Labaneh ร้อยละ7.3, โยเกิร์ต ร้อยละ 5.7, ชีส ร้อยละ 6.4, นม ร้อยละ 1.9 รวมถึงวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน พบว่านมมีการปนเปื้อนน้อยที่สุดจากคุณสมบัติที่มีปริมาณไขมันที่ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันและปริมาณการปนเปื้อน อีกทั้งกระบวนการให้ความร้อนในการผลิตนม มีผลต่อการลดลงของสารกำจัดศัตรูพืช โดย Abou-Arab (1999) ได้ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อการลดลงของ Lindane และอนุพันธ์ พบว่าการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เวลา 15 วินาที และอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 65 และ 73 ตามลำดับ ส่วนการสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณ Lindane ลงได้ร้อยละ 84.4 สอดคล้องกับผลการทดลองของ Heck และคณะ (2007) ที่พบการลดลงของ Aldrin, HCH, HCB และ DDT ในน้ำนมดิบที่ผ่านการให้ความร้อนแบบพาสเจอไรส์ และยูเอชที ในประเทศบราซิล นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมและการเก็บรักษา ก็มีส่วนช่วยทำให้ปริมาณสารตกค้างลดลง โดย Abou-Arab (1999) ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ lindane และอนุพันธ์ ในนมดิบ และหลังจากแปรรูปเป็นโยเกิร์ต พบว่าหลังผ่านกระบวนการปริมาณสารตกค้างลดลงร้อยละ 1.4 เมื่อนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลา 1, 2, 3 วัน พบว่ามีปริมาณสารตกค้างลดลงร้อยละ 2, 3.6, 8.6 ตามลำดับ เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตชีส (Ras cheese) หลังการพาสเจอไรส์ปริมาณ lindane ลดลงร้อยละ 63.6 และภายหลังการบ่มเป็นระยะเวลา 6 เดือน ปริมาณ lindane ลดลงจากปริมาณสารตกค้างตั้งต้นถึงร้อยละ 91.6

การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมและอาหารของประเทศไทยยังคงมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง (ภาคผนวก ง) พัชรวรรณ จงมีวาสนา และคณะ (2546) พบการตกค้างของ Endosulfan ในนมถั่วเหลืองที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท ปริมาณ 0.004 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รัตติกาล ติง (2555) พบการตกค้างของ Heptachlor ปริมาณ 150-420 นาโนกรัมต่อกิโลกรัม และ Dicofol ปริมาณ 42-120 นาโนต่อกิโลกรัม ในใบชา การตกค้างในสิ่งแวดล้อม Samoh และ Ibrahim (2008) ศึกษาในแม่น้ำที่สำคัญทางภาคใต้จำนวน 3 สาย คือ แม่น้ำสายบุรี แม่น้ำปัตตานี แม่น้ำตีบา ในระหว่างปี พ.ศ. 2550-2551 พบการตกค้างของสารกลุ่มนี้หลายชนิด ได้แก่ HCH, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Aldrin, Endrin, Dieldrin, Endosulfan, ΣDDT, Methoxychlor ในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิกรัม เนื่องจากมีการทำเกษตรกรรมตามพื้นที่ริมน้ำ ทำให้เกิดการปนเปื้อนและสะสมในแหล่งน้ำ ดังจะเห็นได้ว่า Endrin เป็นสารที่ประกาศห้ามใช้เมื่อปี พ.ศ. 2524 ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตในการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชที่สะสมในสิ่งแวดล้อม (Half-life) 4-14 ปี เมื่อเวลาผ่านมา 27 ปี ยังคงพบการตกค้างในสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับการศึกษาในพื้นที่โดยรอบบึงบอระเพ็ด ซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญ Rattanawat Chaiyarat และคณะ (2015) วิเคราะห์การตกค้างในปลา เมล็ดข้าว ใบข้าว และดินตะกอน พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด โดยกลุ่มสารที่พบ ได้แก่ Aldrin, Dieldrin, ΣHCH, Heptachlor, Heptachlor epoxide เมื่อพิจารณาปริมาณการตกค้าง พบว่ามีการตกค้างของ Aldrin และ ΣHCH ปริมาณสูงในทุกตัวอย่าง ยิ่งไปกว่านั้นในเมล็ดข้าวพบปริมาณการตกค้างสูงกว่าค่าที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด อาจเนื่องมาจากมีการใช้งานโดยการฉีดพ่นลงเมล็ดโดยตรง และพื้นที่การเกษตรอื่นๆ เช่น จ.ลพบุรี ที่เป็นแหล่งปลูกอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด มีการศึกษาการตกค้างในน้ำ ตะกอน และดิน โดยรัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง และคณะ (2558) พบสาร Ametryn และ Atrazine ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชกลุ่มไทรอาซีน ที่มีการใช้งานในพื้นที่นั้น นอกจากนี้ วีรวุฒิ วิทยานันท์ และรัติยากร ศรีโคตร (2558) ได้ศึกษาในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ประมง พบ p,p'-DDE 0.008-0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ Endosulfan sulfate < 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง

แสดงให้เห็นว่ายังคงมีตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนอยู่ในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

4.6 การประเมินความเสี่ยง

เมื่อนำข้อมูลปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในนมจากหัวข้อ 4.5 มาประเมินร่วมกับข้อมูลการบริโภคนมของประชากรไทย ในช่วงอายุ 3-12 ปี โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559) จะสามารถหาปริมาณการได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนจากการบริโภคนม และเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสัมผัสกับค่า Acceptable daily intake (ADI) เพื่อสรุปค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากผลการวิเคราะห์ไม่พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนม ที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (Limit of quantitation; LOQ) 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และจำนวนตัวอย่างไม่เพียงพอในการเป็นตัวแทนของข้อมูล จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค กลุ่มช่วงอายุ 3-12 ปี จากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมได้ จึงดำเนินการประเมินความเสี่ยงโดยแทนค่าปริมาณสารตกค้าง จากข้อมูล 3 แหล่ง ได้แก่ 1) ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ 2) ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 3) ข้อมูลการตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนมพร้อมบริโภคชนิดพาสเจอไรส์และสเตอริไรส์ในต่างประเทศ

การใช้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ ที่ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แทนค่าปริมาณสารตกค้าง พบว่า ผู้บริโภคช่วงอายุ 3-5.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $1.04x10^{-4}$-$3.13x10^{-4}$ และ $5.10x10^{-4}$-$1.53x10^{-3}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $1.72x10^{-4}$-$5.15x10^{-4}$ และ $5.80x10^{-4}$-$1.73x10^{-3}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่า มีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำในการได้รับสัมผัสสาร DDT แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสาร Chlordane และ Endrin ในกลุ่มประชากรที่บริโภคนมปริมาณมาก ได้แก่ กลุ่ม eater only และเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 ของ per capita และมีความเสี่ยงสูงในการได้รับสัมผัสสาร Aldrin, Dieldrin และ Heptachlor ในทุกกลุ่มประชากร (ตารางที่ 4.8) ผู้บริโภคช่วงอายุ 6-12.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $2.57x10^{-5}$-$7.72x10^{-5}$ และ $1.50x10^{-4}$-$4.49x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $6.91x10^{-5}$-$2.07x10^{-4}$ และ $1.80x10^{-4}$-$5.39x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำในการได้รับสัมผัส

สาร Chlordane DDT และ Endrin แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสาร Aldrin Dieldrin และ Heptachlor แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านค่า LOQ ของการตรวจวัด จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในขีดความสามารถด้าน LOQ ที่ต่ำกว่า 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การใช้ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 (ตารางที่ 4.7) พบว่าผู้บริโภคช่วงอายุ 3-5.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $1.04x10^{-5}$-$7.83x10^{-5}$ และ $5.10x10^{-5}$-$3.86x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $1.72x10^{-5}$-$1.29x10^{-4}$ และ $5.80x10^{-5}$-$4.35x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่า มีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำในการได้รับสัมผัสสาร Chlordane, DDT, Endrin แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสาร Aldrin, Dieldrin และ Heptachlor ในกลุ่มประชากรที่บริโภคนมปริมาณมาก ได้แก่ กลุ่ม eater only และเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 ของ per capita (ตารางที่ 4.10) ผู้บริโภคช่วงอายุ 6-12.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $2.57x10^{-6}$-$1.93x10^{-5}$ และ $1.50x10^{-5}$-$1.12x10^{-4}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $6.91x10^{-6}$-$5.18x10^{-5}$ และ $1.80x10^{-5}$-$4.49x10^{-5}$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่า มีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำในการได้รับสัมผัสสาร Chlordane, DDT, Endrin แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสาร Aldrin, Dieldrin และ Heptachlor ในกลุ่มประชากรที่บริโภคนมปริมาณมาก ได้แก่ เปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 ของ per capita และ eater only (ตารางที่ 4.11) จากผลการประเมินที่พบความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับสาร Aldrin, Dieldrin และ Heptachlor ในกลุ่มผู้บริโภค ช่วงอายุ 3-12 ปี ที่พิจารณาใช้ค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขมาคำนวณแทนปริมาณสารตกค้างในนม ดังนั้นทางหน่วยงานที่รับผิดชอบควรมีการพิจารณาเกณฑ์ปริมาณสารตกค้างสูงสุดของสารเหล่านี้ พร้อมทั้งจัดแผนตรวจติดตามการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในนมอย่างต่อเนื่อง และนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาความปลอดภัยของอาหาร

นอกจากนี้การประเมินความเสี่ยง จากการรวบรวมข้อมูลการตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนมพร้อมบริโภคชนิดพาสเจอไรส์และสเตอริไรส์ในต่างประเทศ ระหว่างปี 1994-2018 โดยคัดเลือกจากชนิดตัวอย่าง สารตกค้างที่ทำการศึกษาได้จำนวน 12 งานศึกษา 1,395 ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (ภาคผนวก จ) เพื่อทำการวิเคราะข้อมูลและประเมินความเสี่ยง พบว่าผู้บริโภคช่วงอายุ 3-5.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $4.18x10^{-5}$-0.22 และ $2.04x10^{-4}$-1.06

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $6.87x10^{-5}$-0.36 และ 2.32-1.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด ยกเว้นสาร Aldrin และ Dieldrin ที่ปลอดภัยต่อการบริโภคในระดับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม per capita และ eater only (ตารางที่ 4.12) ผู้บริโภคช่วงอายุ 6-12.9 ปี ประชากรทั้งหมด (per capita) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $1.03x10^{-5}$-$5.36x10^{-2}$ และ $5.99x10^{-5}$-0.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ประชากรที่บริโภคเฉพาะนม (eater only) มีปริมาณการได้รับสัมผัสเฉลี่ยและค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 97.5 อยู่ในช่วง $2.76x10^{-5}$-0.14 และ $7.19x10^{-5}$-0.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน เมื่อประเมินความเสี่ยงเปรียบเทียบกับค่า ADI พบว่า มีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่ำในการได้รับสัมผัสสาร Aldrin และ Dieldrin แต่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงในการได้รับสัมผัสสาร Chlordane, DDT และ Endrin (ตารางที่ 4.13) ผลการประเมินความเสี่ยงจากการใช้ค่าสารตกค้างจากงานวิจัยมีค่าสูง เนื่องจากในแต่ละประเทศมีนโยบายการควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่แตกต่าง ระยะเวลาการสะสม และสภาพแวดล้อมในการเสื่อมสลายของสารที่แตกต่างกัน อีกทั้งข้อมูลปริมาณน้ำหนักตัวและปริมาณการบริโภคของประชากรที่ใช้ข้อมูลของประเทศไทยในการอ้างอิง แต่จากแนวโน้มการตรวจพบการตกค้างของสารกลุ่มนี้จากอดีตมาถึงปัจจุบัน ก็ทำให้แต่ละประเทศควรตระหนักถึงการเฝ้าระวังการตกค้าง วางแผนการตรวจติดตาม และควบคุมการใช้งานอย่างเข้มงวด

จากผลการประเมินความเสี่ยง พบว่า ปัจจัยด้านอายุและปริมาณการบริโภคมีผลต่อค่าความเสี่ยง โดยกลุ่มผู้บริโภคอายุ 3-5.9 ปี จะมีความเสี่ยงสูงและความเสี่ยงนี้จะลดลงในกลุ่มผู้บริโภคอายุ 6-12.9 ปี เนื่องจากปริมาณการบริโภคที่ลดลงจากการทานอาหารชนิดอื่นมากขึ้นและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตามอายุ และกลุ่มที่บริโภคนมปริมาณมากจะมีความเสี่ยงมากกว่ากลุ่มที่บริโภคน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหาร ผู้บริโภคควรเลือกรับประทานอาหารให้หลากหลายและซื้อจากผู้จำหน่ายที่มีระบบคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร โดยสังเกตจากตราสัญลักษณ์คุณภาพต่างๆ และหน่วยงานภาครัฐควรตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย รวมถึงตรวจติดตามรับรองกระบวนต่างๆในห่วงโซ่อาหารอย่างสม่ำเสมอเพื่อยืนยันความปลอดภัยอาหารให้แก่ผู้บริโภค

ตารางที่ 4.8 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0200	$2.09x10^{-4}$	$1.02x10^{-3}$	$3.43x10^{-4}$	$1.16x10^{-3}$	208.83	1020.29	343.41	1159.42
Chlordane	0.0200	$2.09x10^{-4}$	$1.02x10^{-3}$	$3.43x10^{-4}$	$1.16x10^{-3}$	41.77	204.06	68.68	231.88
DDT	0.0300	$3.13x10^{-4}$	$1.53x10^{-3}$	$5.15x10^{-4}$	$1.74x10^{-3}$	3.13	15.30	5.15	17.39
Endrin	0.0100	$1.04x10^{-4}$	$5.10x10^{-4}$	$1.72x10^{-4}$	$5.80x10^{-4}$	52.21	255.07	85.85	289.86
Heptachlor	0.0200	$2.09x10^{-4}$	$1.02x10^{-3}$	$3.43x10^{-4}$	$1.16x10^{-3}$	208.83	1020.29	343.41	1159.42

*ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ) ของการตรวจวัด คือ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0200	$5.15x10^{-5}$	$3.00x10^{-4}$	$1.38x10^{-4}$	$3.59x10^{-4}$	51.46	299.58	138.11	359.50
Chlordane	0.0200	$5.15x10^{-5}$	$3.00x10^{-4}$	$1.38x10^{-4}$	$3.59x10^{-4}$	10.29	59.92	27.62	71.90
DDT	0.0300	$7.72x10^{-5}$	$4.49x10^{-4}$	$2.07x10^{-4}$	$5.39x10^{-4}$	0.77	4.49	2.07	5.39
Endrin	0.0100	$2.57x10^{-5}$	$1.50x10^{-4}$	$6.91x10^{-5}$	$1.80x10^{-4}$	12.86	74.90	34.53	89.87
Heptachlor	0.0200	$5.15x10^{-5}$	$3.00x10^{-4}$	$1.38x10^{-4}$	$3.59x10^{-4}$	51.46	299.58	138.11	359.50

*ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ) ของการตรวจวัด คือ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0075	7.83×10^{-5}	3.83×10^{-4}	1.29×10^{-4}	4.35×10^{-4}	78.31	382.61	128.78	434.78
Chlordane	0.0025	2.61×10^{-5}	1.28×10^{-4}	4.29×10^{-5}	1.45×10^{-4}	5.22	25.51	8.59	28.99
DDT	0.0025	2.61×10^{-5}	1.28×10^{-4}	4.29×10^{-5}	1.45×10^{-4}	0.26	1.28	0.43	1.45
Endrin	0.0010	1.04×10^{-5}	5.10×10^{-5}	1.72×10^{-5}	5.80×10^{-5}	5.22	25.51	8.59	28.99
Heptachlor	0.0075	7.83×10^{-5}	3.83×10^{-4}	1.29×10^{-4}	4.35×10^{-4}	78.31	382.61	128.78	434.78

*ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0075	1.93×10^{-5}	1.12×10^{-4}	5.18×10^{-5}	1.35×10^{-4}	19.30	112.34	51.79	134.81
Chlordane	0.0025	6.43×10^{-6}	3.74×10^{-5}	1.73×10^{-5}	4.49×10^{-5}	1.29	7.49	3.45	8.99
DDT	0.0025	6.43×10^{-6}	3.74×10^{-5}	1.73×10^{-5}	4.49×10^{-5}	0.06	0.37	0.17	0.45
Endrin	0.0010	2.57×10^{-6}	1.50×10^{-5}	6.91×10^{-6}	1.80×10^{-5}	1.29	7.49	3.45	8.99
Heptachlor	0.0075	1.93×10^{-5}	1.12×10^{-4}	5.18×10^{-5}	1.35×10^{-4}	19.30	112.34	51.79	134.81

*ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 3-5.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0040	$4.18x10^{-5}$	$2.04x10^{-4}$	$6.87x10^{-5}$	$2.32x10^{-4}$	41.77	204.06	68.68	231.88
Chlordane	0.5130	$5.36x10^{-3}$	$2.62x10^{-2}$	$8.81x10^{-3}$	$2.97x10^{-2}$	1071.32	5234.09	1761.69	5947.83
DDT	20.8260	0.22	1.06	0.36	1.21	2174.60	10624.28	3575.91	12073.04
Endrin	0.0640	$6.68x10^{-4}$	$3.26x10^{-3}$	$1.10x10^{-3}$	$3.71x10^{-3}$	334.14	1632.46	549.45	1855.07
Heptachlor	0.8590	$8.97x10^{-3}$	$4.38x10^{-2}$	$1.47x10^{-2}$	$4.98x10^{-2}$	8969.45	43821.45	14749.40	49797.10

*ปริมาณสารพิษตกค้างจากการศึกษาในต่างประเทศระหว่างปี 1994-2018

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการได้รับสัมผัสและค่าร้อยละความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมของประชากรกลุ่มอายุ 6-12.9 ปี

ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการตกค้าง* (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)	ปริมาณการได้รับสัมผัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)				ค่าร้อยละความเสี่ยง			
		Per capita		Eater only		Per capita		Eater only	
		ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5	ค่าเฉลี่ย	P 97.5
Aldrin และ Dieldrin	0.0040	$1.03x10^{-5}$	$5.99x10^{-5}$	$2.76x10^{-5}$	$7.19x10^{-5}$	10.29	59.92	27.62	71.90
Chlordane	0.5130	$1.32x10^{-3}$	$7.68x10^{-3}$	$3.54x10^{-3}$	$9.22x10^{-3}$	263.97	1,536.85	708.52	1,844.22
DDT	20.8260	$5.36x10^{-2}$	0.31	0.14	0.37	535.81	3,119.53	1438.17	3,743.44
Endrin	0.0640	$1.65x10^{-4}$	$9.59x10^{-4}$	$4.42x10^{-4}$	$1.15x10^{-3}$	82.33	479.33	220.98	575.19
Heptachlor	0.8590	$2.21x10^{-3}$	$1.29x10^{-2}$	$5.93x10^{-3}$	$1.54x10^{-2}$	2,210.03	12,866.99	5,931.94	15,440.38

*ปริมาณสารพิษตกค้างจากการศึกษาในต่างประเทศระหว่างปี 1994-2018

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การสกัดสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เพื่อศึกษาการปนเปื้อน มีวิธีมาตรฐานคือ AOAC 970.52 ที่ใช้หลักการ liquid-liquid extraction แต่เนื่องด้วยการใช้ทรัพยากรทางด้านเวลาและสารเคมีเป็นจำนวนมาก จึงมีการพัฒนาเทคนิคใหม่ คือ QuEChERS เพื่อช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยวิธีการ QuEChERS ที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้มีความสามารถในการสกัดเทียบเท่ากับวิธี AOAC โดยความเป็นเส้นตรงในช่วง 0.01-0.20 ppm มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2)ในช่วง 0.9954-0.9998 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (LOD) คือ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ) คือ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าร้อยละการกลับคืน อยู่ในช่วงร้อยละ 80.95-110 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และจากสัญญาณโครมาโทแกรมไม่พบคลื่นรบกวนในตัวอย่าง Blank

การวิเคราะห์ส่วนประกอบของนม โดยเฉพาะไขมันที่เป็นแหล่งสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ด้วยวิธี In-house method base on AOAC 954.02, 989.05 พบนมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที จำนวน 12 ตัวอย่าง มีปริมาณไขมัน 3.50, 3.03, 3.33 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไขมันในนมพาสเจอร์ไรส์ส่วนมากมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย ที่กำหนดให้มีปริมาณไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ และดำเนินการควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวด ให้ผลิตภัณฑ์นมโรงเรียน ที่เป็นโครงการภายใต้การดูแลของรัฐบาลผลิตนมที่มีคุณภาพเพื่อเด็กนักเรียนไทย

การศึกษาสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 13 ชนิด ในตัวอย่างนม 3 ชนิด คือ นมดิบ นมพาสเจอร์ไรส์ และนมยูเอชที จำนวน 12 ตัวอย่าง ที่เก็บตัวอย่างจากผู้ประกอบการนมโรงเรียนที่ได้รับการจัดสรรพื้นที่การจำหน่ายในเขตลาดกระบัง ไม่พบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนมทุกชนิด กล่าวได้ว่าตัวอย่างนมที่นำมาทดสอบมีความปลอดภัย

เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีขีดจำกัดที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (Limit of quantitation; LOQ) 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และจำนวนตัวอย่างไม่เพียงพอในการเป็นตัวแทนของข้อมูล จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค กลุ่มช่วงอายุ 3-12 ปี จากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนมได้ จึงดำเนินการประเมินความเสี่ยงโดยแทนค่าปริมาณสารตกค้าง จากข้อมูล 3 แหล่ง ได้แก่ 1) ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ 2) ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนในนม ตามประกาศกระทรวง

สาธารณสุข เลขที่ 387 3) ข้อมูลการตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างนมพร้อมบริโภคชนิดพาสเจอไรส์และสเตอริไรส์ในต่างประเทศ พบว่าผู้บริโภค กลุ่มช่วงอายุ 3-12 ปี มีความเสี่ยงในการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในการบริโภคนม จากการประเมินทั้ง 3 แบบ

นอกจากนี้ข้อมูลการสำรวจการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ยังคงมีการตรวจพบอยู่ในน้ำ ดิน และอาหาร เนื่องจากยังไม่สลายตัวหมดจากสิ่งแวดล้อม จึงมีโอกาสที่ผู้บริโภคจะได้รับสัมผัสสารกลุ่มนี้จากอาหารชนิดอื่นร่วมด้วย จึงควรมีการศึกษาติดตามสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2556. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตรวจคุณภาพนมโรงเรียน เพื่อเด็กไทยปลอดภัย. [Online]. แหล่งที่มา http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/Publish/consumer-report/2556/26%20June%2056.pdf วันที่สืบค้น 14 มิถุนายน 2562.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2542 เรื่อง มาตรฐานฟาร์มโคนมและการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2551 เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร : การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 พ.ศ. 2522 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 149 พ.ศ. 2536 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 2).

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 193 พ.ศ.2543 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหาร ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารว่าด้วยสุขลักษณะทั่วไป.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 218 พ.ศ. 2544 เรื่องกำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 3).

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 265 พ.ศ. 2545 เรื่อง นมโค.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 282 พ.ศ. 2547 เรื่อง นมโค (ฉบับที่ 2).

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 298 พ.ศ. 2549 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอไรส์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 พ.ศ. 2556 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษา อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 350 พ.ศ. 2556 เรื่องนมโค.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2538 เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2543 เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย ฉบับที่ 2.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2544 เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย ฉบับที่ 4.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2547 เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย ฉบับที่ 2.

ประเสริฐ หิรัญณรงค์ชัย. 2548. การหาปริมาณสารประกอบกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำนมโค โดยใช้เทคนิค Liquid-Liquid phase extraction ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี อิเล็กตรอนแคปเจอร์ดีเทคเตอร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535.

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522.

พัชรวรรณ จงมีวาสนา, อรวรรณ พัฒนกิจจารักษ์ และกนกพร อธิสุข. 2546. ความปลอดภัยในการบริโภคน้ำนมถั่วเหลืองกับปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง. วารสารกรมวิทย์การแพทย์ 45(3): 156-164.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 6003-2553 เรื่องน้ำนมโคดิบ.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 6401-2558 เรื่องการปฏิบัติที่ดีสำหรับศูนย์รวบรวมน้ำนมดิบ.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 6402-2552 เรื่องการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มโคนม.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6003-2548 เรื่องน้ำนมดิบ.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกอช. 9003-2547 เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้.

มาลินี ลิ้มโภคา, สมุทร สิริเวชพันธุ, พิบูล ไชยอนันต์, รุ่งเจริญ กาญจโนมัย และสุปราณี อิ่มพิทักษ์. 2526. การสำรวจเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ยาฆ่าแมลงในน้ำนมจากโคนมที่ศูนย์เลี้ยงโคนมหนองโพ จ.ราชบุรี และภาควิชาสัตวบาลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี 2526 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: 136-137.

รัตติกาล ติง. 2555. การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในชา ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-อิเล็กตรอนเคพเจอร์ดีเทคเตอร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์ สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง, มลิสา เวชยานนท์, ปภัสรา คุณเลิศ และพรชนก ชโลปกรณ์. 2558. การศึกษาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชสู่สิ่งแวดล้อมในวิทยาลัยชัยบาดาลพิพัฒน์. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร 10 (2): 22-37.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วีรวุฒิ วิทยานันท์ และรัติยากร ศรีโคตร. 2558. การสำรวจติดตามปริมาณสารมลพิษตกค้างยาวนานบางชนิด และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ประมงในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(1): 86-98.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย.

สถาบันอาหาร. 2555. การประเมินความเสี่ยง. [Online]. แหล่งที่มา http://www.nfi.or.th/foodsafety/riskInfo.php?id=3 วันที่สืบค้น 14 มิถุนายน 2562.

สมชาย ศรีพูล. 2555. ผลผลิตและผลิตภัณฑ์จากสัตว์. [Online]. แหล่งที่มา http://www.nsru.ac.th/e-learning/animals/edit.php วันที่สืบค้น 24 มิถุนายน 2562.

สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย, อดุลย์ วังตาล และจุไรรัตน์ ถนอมกิจ. 2556. มาตรฐานความปลอดภัยอาหารตลอดห่วงโซ่การผลิตเพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ความปลอดภัยอาหาร: น้ำนม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย. 2560. กระบวนการผลิต. [Online]. แหล่งที่มา http://www.dpo.go.th/สาระน่ารู้-2/กระบวนการผลิต วันที่สืบค้น 9 มีนาคม 2562.

Abou-Arab, A. A. K. 1999. Effects of processing and storage of dairy products on lindane residues and metabolites. Food Chemistry 64: 467-473.

AOAC international. 2016. Official Methods of Analysis. 20th ed. AOAO international, Maryland.

AOAC Official Method. 2016. AOAC Official Method 954.02. Fat (Crude) or Ether Extract in Pet Food. 20th ed. AOAO international, Maryland.

AOAC Official Method. 2016. AOAC Official Method 970.52 Organochlorine and organophosphorus pesticise residues. 20th ed. AOAO international, Maryland.

AOAC Official Method. 2016. AOAC Official Method 989.05 Fat in Milk Modified Mojonnier Ether Extraction Method. 20th ed. AOAO international, Maryland.

Ashnagar, A., N. N. Gharib, and M.F. Cheraghi. 2009. Determination of organochlorine pesticide residues in cow's milk marketed in Ahwaz city of Iran. International Journal of PharmTech Research 1(2): 247-251.

Avancini, R. M., I. S. Silva, A. C. S. Rosa, P. N. Sarcinelli and S. A. Mesquita. 2013. Organochlorine compounds in bovine milk from the state of Mato Grosso do Sul - Brazil. Chemosphere 90: 2408-2413.

Bayat, S., A. E. Sari, N. Bahramifar, H. Younesi, and R. D. Behrooz. 2011. Survey of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in commercial pasteurized milk in Iran. Environmental Monitring and Assessment 175: 469-474.

Deti, H., A. Hymete, A. A. Bekhit, A. M. I. Mohamed, and A. A. Bekhit. 2014. Persistent organochlorine pesticides residues in cow and goat milks collected from different regions of Ethiopia. Chemosphere 106: 70-74.

FAO/WHO. 2019. Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues. [Online]. https://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/Home/Range/All Assess on 6 July 2019.

Garridoi, M. D., M. Jodrav, and R. Pozoi. 1994. Organochlorine Pesticides in Spanish Sterilized Milk and Associated Health Risks. Journal of Food Protection 57(3): 249-252.

Hajjar, M.J., and A. Al-Salam. 2016. Organochlorine pesticide residues in human milk and estimated daily intake (EDI) for the infants from eastern region of Saudi Arabia. Chemosphere 164: 643-648.

Heck, M.C., J. Sifuentes dos Santos, S. B. Junior, I. Costabeber and T. Emanuelli. 2007. Estimation of children exposure to organochlorine compounds through milk in Rio Grande do Sul, Brazil. Food Chemistry 102: 288-294.

In-Seek, J., B. Kwak, J. Ahn and S. Jeong. 2012. Determination of pesticide residues in milk using a QuEChERS-based method developed by response surface methodology Food Chemistry 133: 473-481.

John, P.J., N. Bakore and P. Bhatnagar. 2001. Assessment of organochlorine pesticide residue levels in dairy milk and buffalo milk from Jaipur City, Rajasthan, India. Environment International 26: 231-236.

Kampire, E., B. T. Kiremire, S. A. Nyanzi and M. Kishimba. 2011. Organochlorine pesticide in fresh and pasteurized cow's milk from Kampala markets. Chemosphere 84: 923-927.

Kumar, A., P. Dayal, G. Singh, F. M. Prasad and P. E. Joseph. 2005. Persistent Organochlorine Pesticide Residues in Milk and Butter in Agra City, India: A Case Study. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 75: 175-179.

Luzardo, O.P., M. Almeida-Gonzalez, L.A. Henriquez-Hernandez, M. Zumbado, E.E. Alvarez-Leon and L.D. Boada. 2012. Polychlorobiphenyls and organochlorine pesticides in conventional and organic brands of milk: Occurrence and dietary intake in the population of the Canary Islands (Spain). Chemosphere 88:307-315.

Martinez, M. P., R. Angulo, R. Pozo and M. Jodral. 1997. Organochlorine Pesticides in Pasteurized Milk and Association Health Risks 35:621-624.

Pan, J., et al. 2014. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in grass, yak muscle, liver, and milk in Ruoergai high altitude prairie, the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau. Science of the Total Environment 491-492: 131-137.

Chaiyarat, R., C. Sookjam, K. Eiam-Ampai, P. Damrongphol. 2015. Organochlorine pesticide levels in the food web in rice paddies of Bueng Boraphet wetland, Thailand. Environmental Monitring and Assessment 187-230.

Salem, N. M., R. Ahmad, and H. Estaitieh. 2009. Organochlorine pesticide residues in dairy products in Jordan. Chemosphere 77: 673-678.

Samoh, A. N.H., and M. S. Ibrahim. 2009. Organochlorine Pesticide Residues in the Major Rivers of Southern Thailand. Environment Asia 1:30-34.

Subir, K. N. and M. K. Raikwar. 2008. Organochlorine Pesticide Residues in Bovine Milk. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 80:5-9.

Waliszewski, S. M. et al. 1997. Organochlorine pesticide residues in cow's milk and butter in Mexico. The Science of the Total Environment 208: 127-132.

Witczak, A., A. Mituniewicz-Malek, and I. Dmytrow. 2013. Assessment of daily intake of organochlorine pesticides from milk in different regions of Poland. Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 48: 83-91.

Xianyu, C., et al. 2014. Method forthequantificationofcurrentuseandpersistentpesticides in cow milk, human milk and baby formula using gas chromatography tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography B 970: 121-130.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

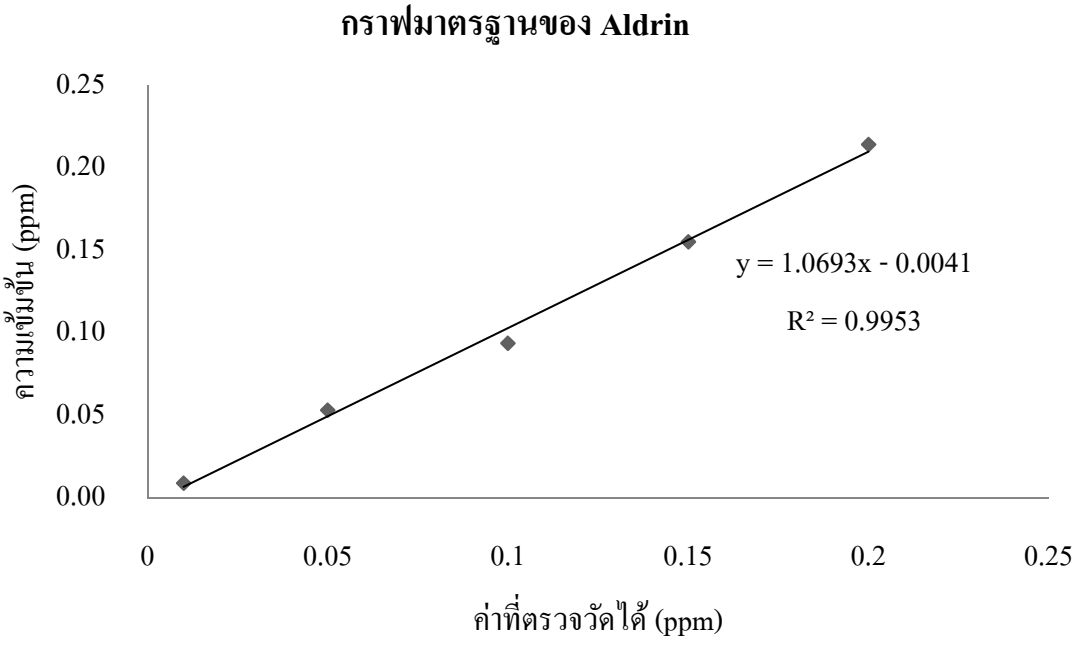
รายละเอียดการจัดสรรเขตพื้นที่การจำหน่ายนมโรงเรียน พื้นที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 1/2561

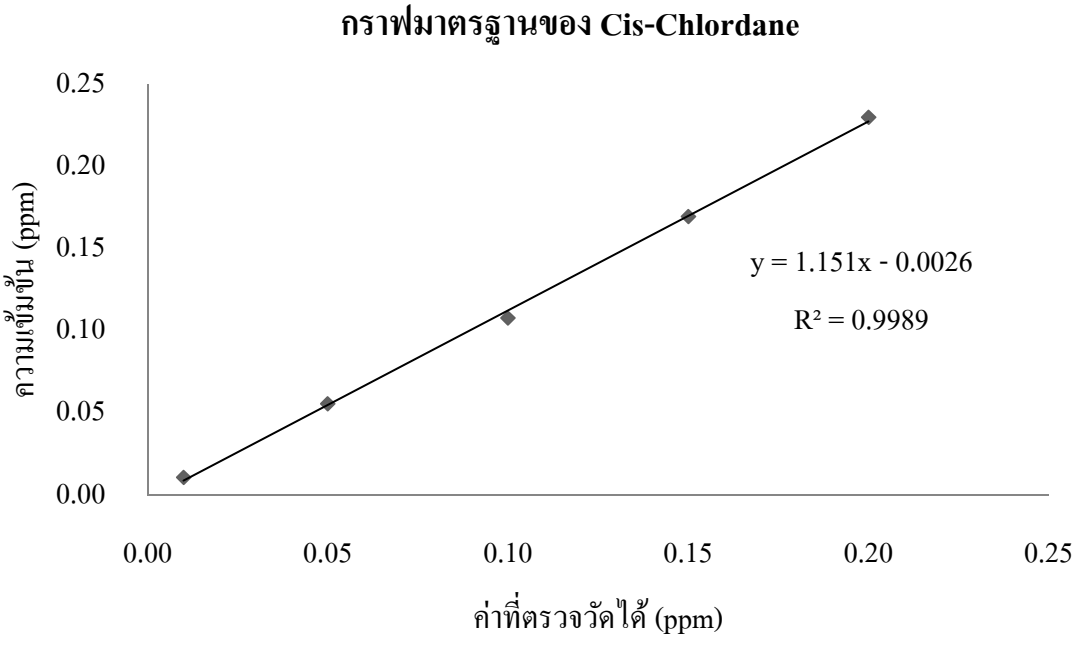
รายละเอียดการจัดสรรเขตพื้นที่การจำหน่ายนมโรงเรียนกรุงเทพฯ ภาคเรียนที่ 1/2561

ที่	หน่วยงานที่จัดซื้อ		ชื่อองค์กรปกครองท้องถิ่น	สวนจิตร	สค.วัฒน์ผ่อง	ที.ที.แดรี่ ฟู้ดส์	บจ.เคซีจี	ม.เกษตร	สค.ไทยมิลค์	สค.มวกเหล็ก	สค.หนองโพ	บจ.มิลค์	สค.ปากช่อง	บจ.ศิริยะ	สค.ท่าม่วง
	จังหวัด	สำนักงานเขต													
186	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	อนุบาลจันดารัตน์				■								
187	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	อนุบาลมาริยา						■						
188	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	อนุบาลศรินทิพย์							■					
189	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	อนุบาลศิวภรณ์						■						
190	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	อนุบาลพงศ์สถิต												■
191	กรุงเทพมหานคร	เขตประเวศ	วัดทุ่งสถานนา												■
192	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	เชิดเชิมศิลป์						■						
193	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	มาเวียถัย							■					
194	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	ยอดดวงใจ						■						
195	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	ศึกษาพัฒนา		■										
196	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อรรถญาสาธิต										■		
197	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อนุบาลวังทอง						■						
198	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	ประเวศพิทยากร			■									
199	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	ยุทธพัฒน์วัฒนา			■									
200	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อนุบาลเทพระวีมเกล้า											■	
201	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อนุบาลเก่งสยาม												■
202	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อนุบาลธนาทิพย์						■						
203	กรุงเทพมหานคร	เขตลาดกระบัง	อนุบาลพร้อม						■						
204	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	เจริญผลวิทยา						■						
205	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	ชาลีสมุทร											■	
206	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	ทบอ.ไกรอำนวยวิทยา											■	
207	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	ไผทอุดมศึกษา						■						
208	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	อนุบาลฉัตรเฉลิม						■						
209	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	อนุบาลทอสัน						■						
210	กรุงเทพมหานคร	เขตหลักสี่	อนุบาลควงจิต											■	
211	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	เกพอักษร						■						
212	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	มีนบุรีศึกษา						■						
213	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	มีนประสาทวิทยา						■						
214	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	สุขแสงทอง						■						
215	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	สุดใจวิทยา					■							
216	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	นาคาวิทยาทาน						■						
217	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	อนุบาลจิตรเกษม						■						
218	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	บริยากร							■					
219	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	บัญจทรัพย์มีนบุรี						■						
220	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	สารสาสน์วิเทศมีนบุรี												■
221	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	คุ้มเกล้าสุรินทวงศ์							■					
222	กรุงเทพมหานคร	เขตมีนบุรี	ภูมิสมิทธ์						■						

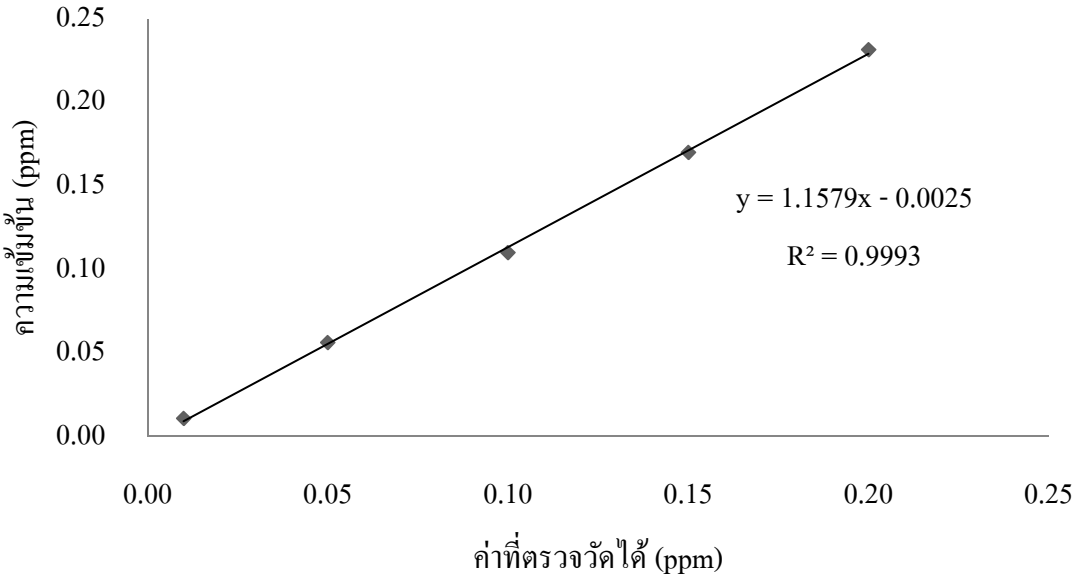
ภาคผนวก ข

กราฟมาตราฐานของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

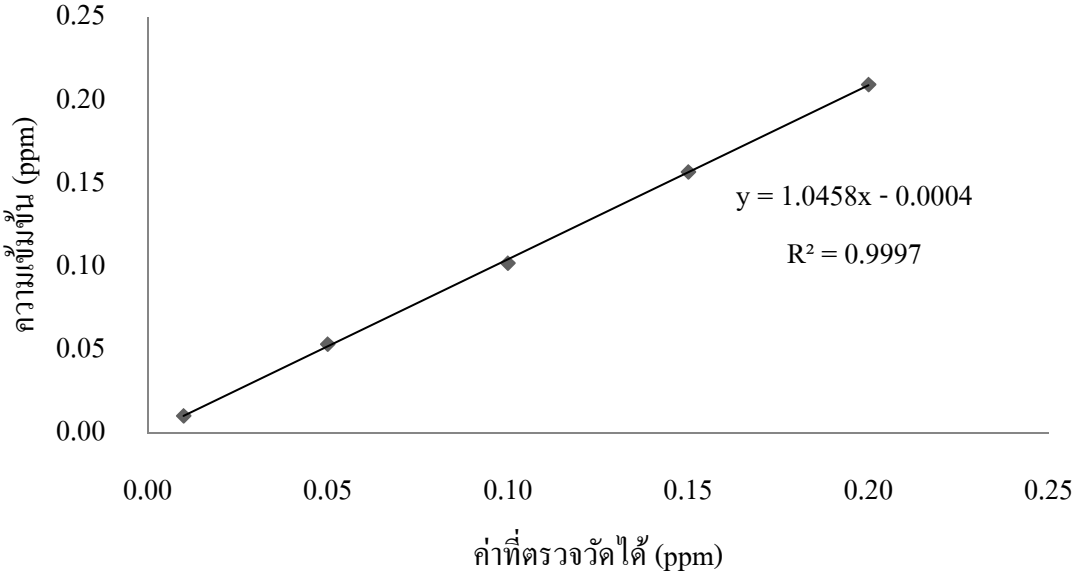




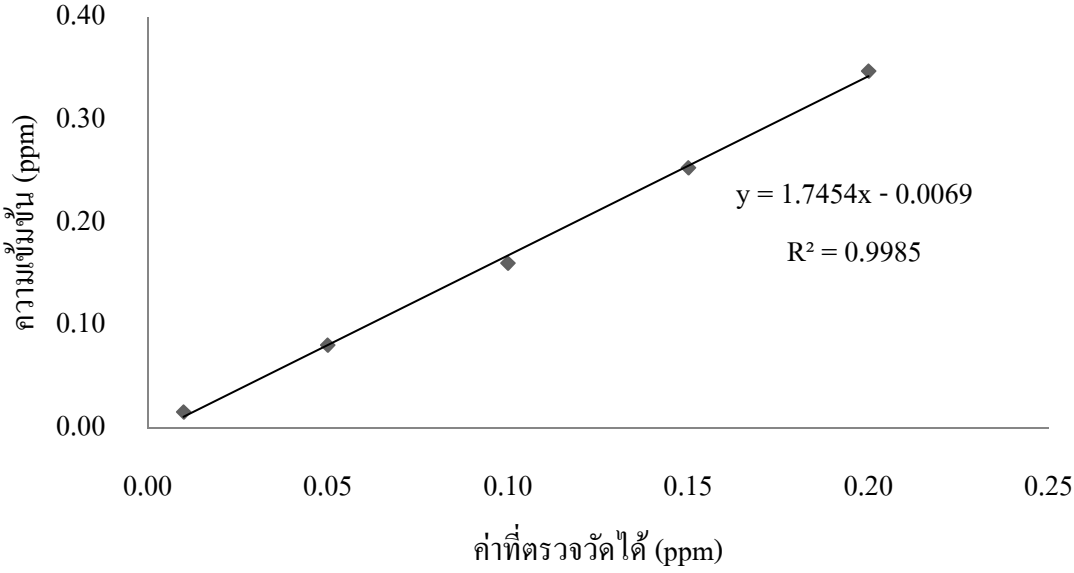
กราฟมาตรฐานของ Trans-Chlordane



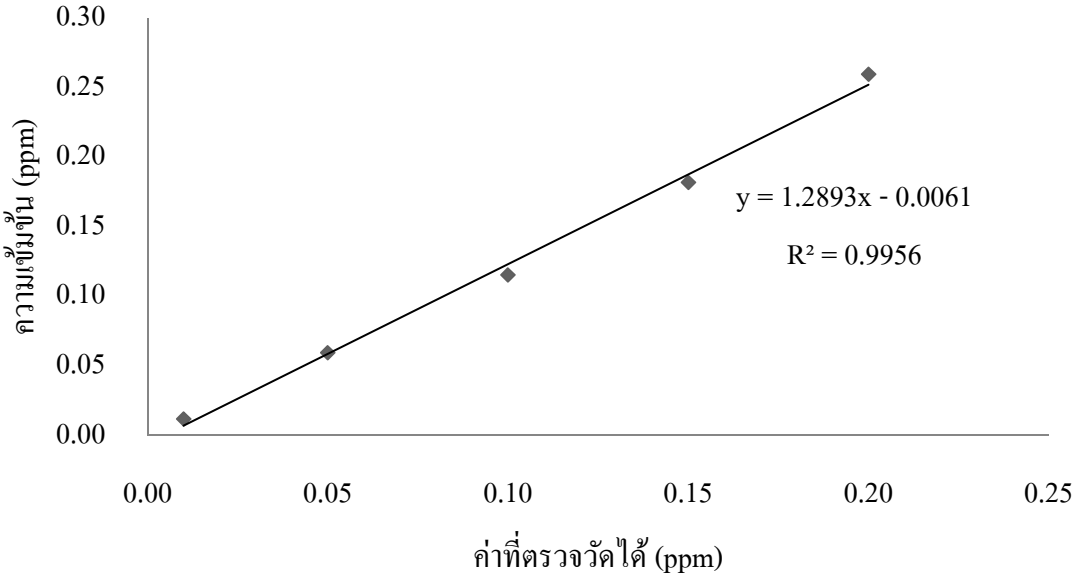
กราฟมาตรฐานของ Dieldrin



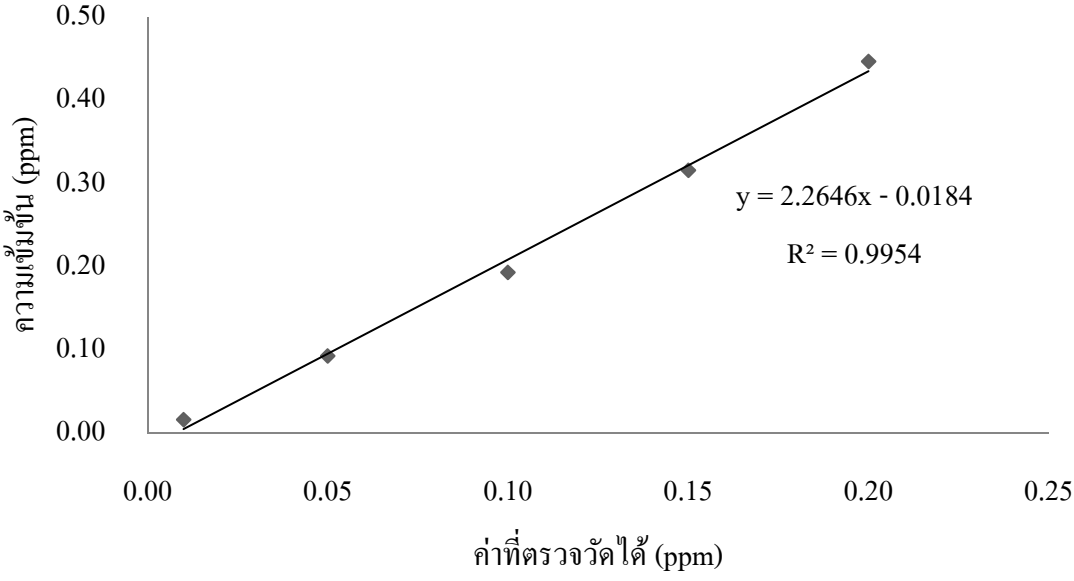
กราฟมาตรฐานของ p,p'-DDD



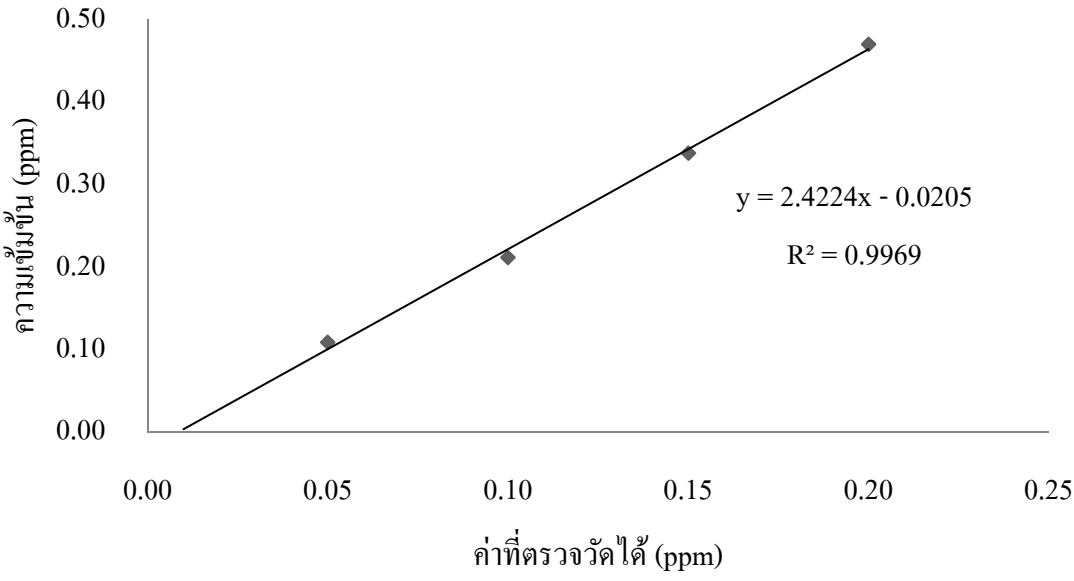
กราฟมาตรฐานของ p,p'-DDE



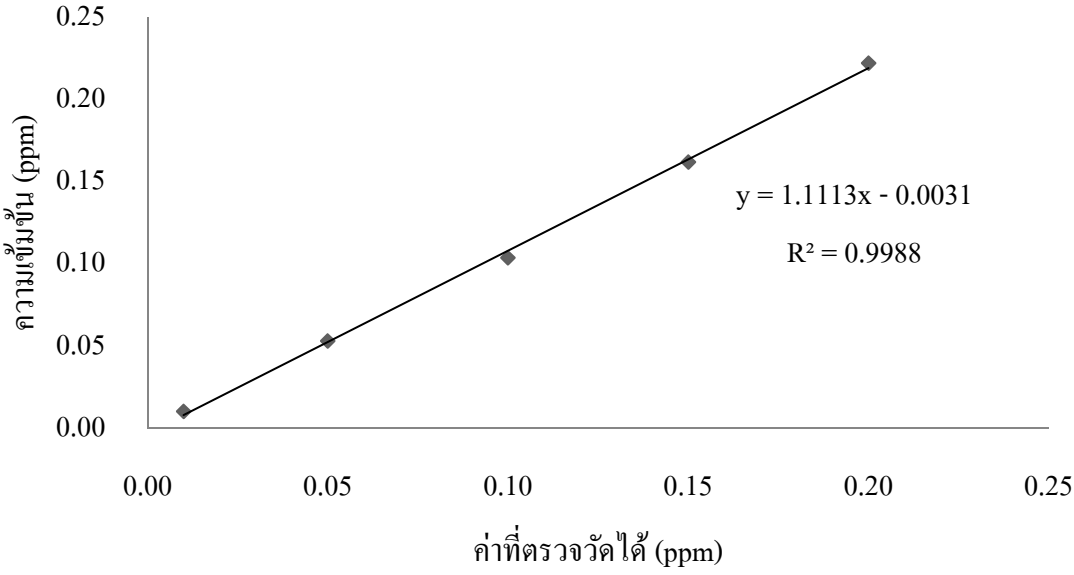
กราฟมาตรฐานของ p,p'-DDT



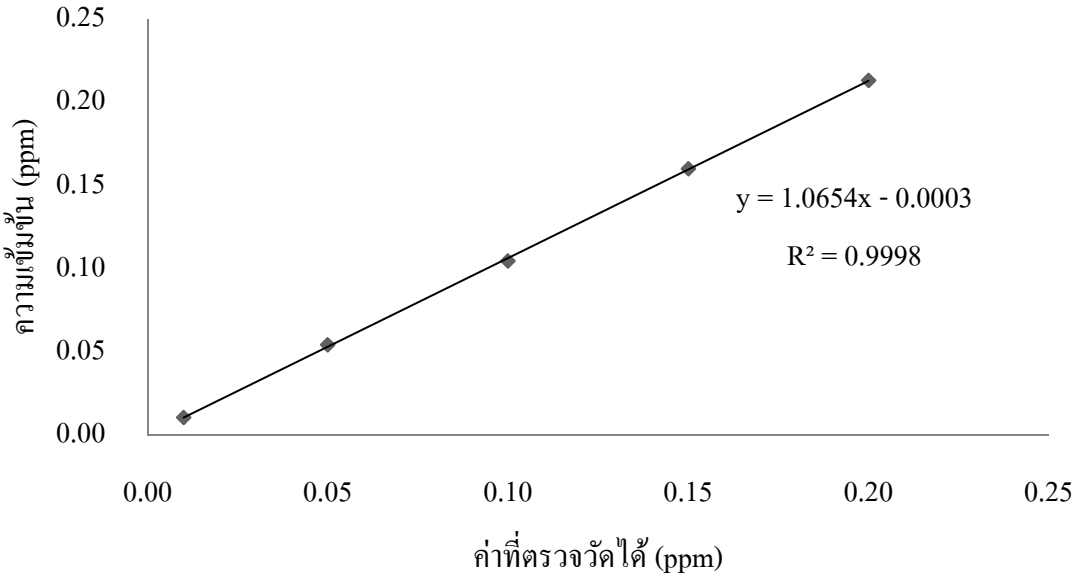
กราฟมาตรฐานของ Endrin



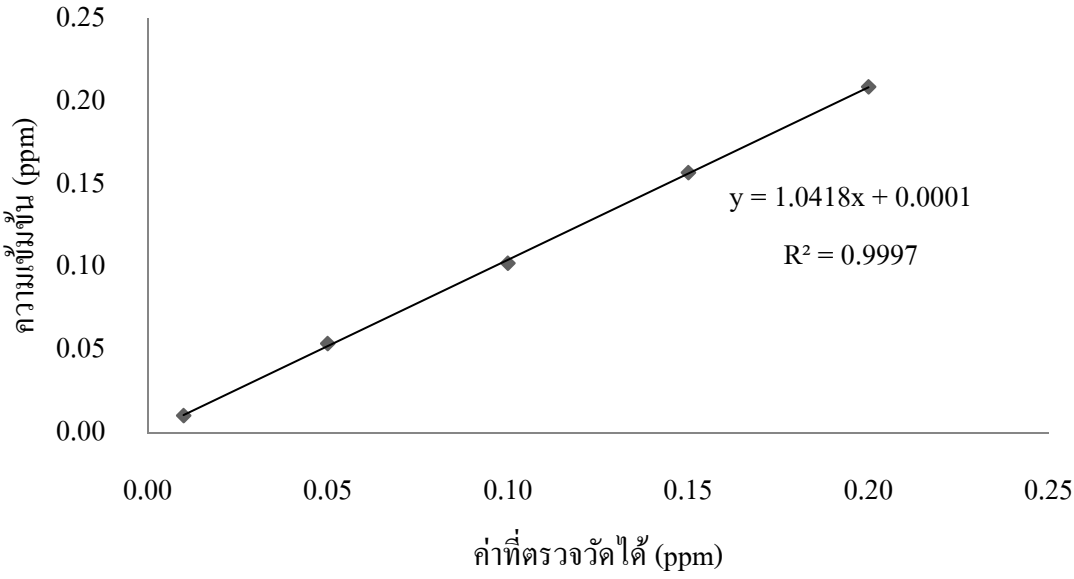
กราฟมาตรฐานของ Heptachlor



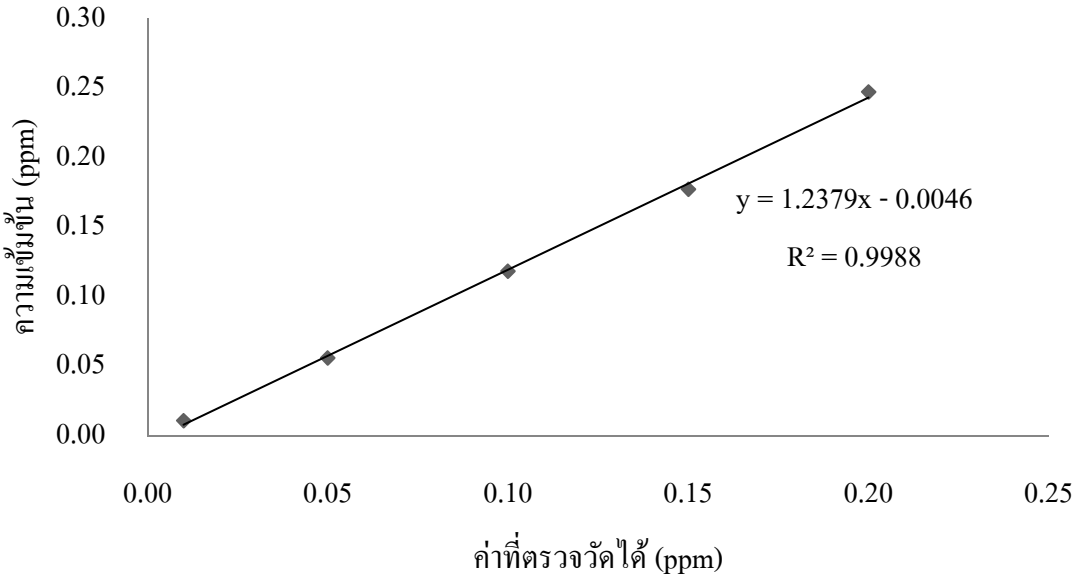
กราฟมาตรฐานของ Heptachlor epoxide



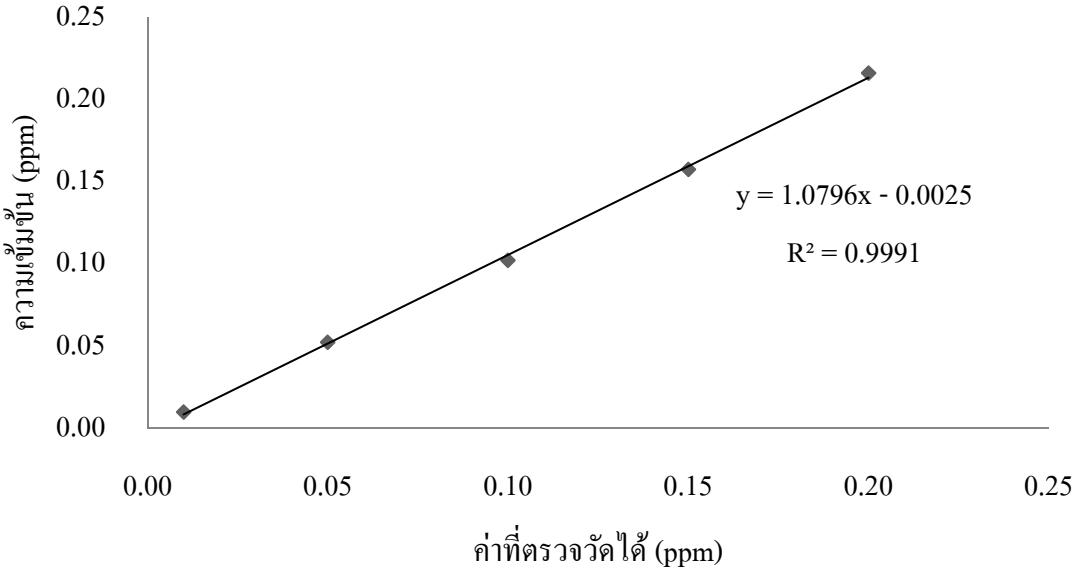
กราฟมาตรฐานของ alpha-HCH



กราฟมาตรฐานของ beta-HCH



กราฟมาตรฐานของ gamma-HCH



ภาคผนวก ค

ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในผลิตภัณฑ์นม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ลำดับที่	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	นมดิบ				นมพาสเจอไรส์				นมยูเอชที			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Aldrin	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2	Cis-Chlordane	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	Trans-Chlordane	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4	Dieldrin	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	p,p'-DDD	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	p,p'-DDE	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
7	p,p'-DDT	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8	Endrin	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	Heptachlor	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10	Heptachlor epoxide	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
11	alpha-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
12	beta-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
13	gamma-HCH	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรายงานได้ (LOQ) ของการตรวจวัด คือ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ภาคผนวก ง

ผลการศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

ปีที่สำรวจ	พื้นที่สำรวจ	ชนิดตัวอย่าง	สารกำจัดศัตรูพืชที่พบ	อ้างอิง
2558	จ.ลพบุรี	น้ำ	Ametryn 0.01-0.03 ไมโครกรัม/ลิตร Atrazine 0.14-0.82 ไมโครกรัม/ลิตร	รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง และคณะ, 2558
		ตะกอน, ดิน	ไม่พบการตกค้าง	
2558	ตลาดสดใน 8 จังหวัด	ปลาช่อน (ไขมัน)	p,p'-DDE 0.008 - 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	วีรวุฒิ วิทยานันท์ และรัติยา กร ศรีโคตร, 2558
			Endosulfan sulfate < 0.005 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	
2555	ไม่ปรากฏ	ชา	Heptachlor 150 - 420 นาโนกรัม/กรัม Dicofol 42 -120 นาโนกรัม/กรัม	รัตติกาล ติง, 2555
2552 - 2553	บึงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์	ปลา	Aldrin 9.29 นาโนกรัม/กรัม Dieldrin 0.06 นาโนกรัม/กรัม HCH 2.23 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor 0.41 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor epoxide 0.26 นาโนกรัม/กรัม	Rattanawat Chaiyarat และคณะ, 2015
		เมล็ดข้าว	Aldrin 32.1 นาโนกรัม/กรัม, HCH 75.94 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor epoxide 0.50 นาโนกรัม/กรัม	

ปีที่สำรวจ	พื้นที่สำรวจ	ชนิดตัวอย่าง	สารกำจัดศัตรูพืชที่พบ	อ้างอิง
2552 - 2553	บึงบอระเพ็ด จ.นครสวรรค์	ใบข้าว	Aldrin 0.3 นาโนกรัม/กรัม HCH 3.32 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor epoxide 0.10 นาโนกรัม/กรัม	Rattanawat Chaiyarat และคณะ, 2015
		ดินตะกอน	Aldrin 28.63 นาโนกรัม/กรัม HCH 99.58 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor 0.37 นาโนกรัม/กรัม Heptachlor epoxide 0.40 นาโนกรัม/กรัม	
		น้ำ	ไม่พบการตกค้าง	
2550 - 2551	แม่น้ำสายบุรี	น้ำ	HCH 0.77 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Heptachlor 1.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Heptachlor epoxide 1.11 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Endrin 3.15 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Endosulfan 1.26 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ΣDDT 71.48 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Methoxychlor 22.16 นาโนกรัม/มิลลิลิตร	Samoh และ Ibrahim, 2008

ปีที่สำรวจ	พื้นที่สำรวจ	ชนิดตัวอย่าง	สารกำจัดศัตรูพืชที่พบ	อ้างอิง
2550 - 2551	แม่น้ำปัตตานี		HCH 5.37 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Heptachlor 1.44 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Heptachlor epoxide 1.70 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Aldrin 1.85 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Dieldrin 0.28 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Endrin 1.65 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Endosulfan 0.94 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ΣDDT 11.40 นาโนกรัม/มิลลิลิตร	Samoh และ Ibrahim, 2008
	แม่น้ำตีบา		HCH 4.78 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Heptachlor epoxide 0.74 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Aldrin 3.30 นาโนกรัม/มิลลิลิตร Endrin 3.12 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ΣDDT 14.82 นาโนกรัม/มิลลิลิตร	
2544-2545	กรุงเทพฯ	นมถั่วเหลือง	Endosulfan 0.004 มิลลิกรัม/กิโลกรัม	พัชรวรรณ จงมีวาสนา และคณะ, 2546

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในผลิตภัณฑ์นมชนิดพาสเจอไรส์และสเตอริไลส์ ที่วางจำหน่ายในประเทศต่างๆ

อ้างอิง	ประเทศ	จำนวนตัวอย่าง	Aldrin, Dieldrin	Chlordane	DDT	Endrin	Heptachlor
Avancini และคณะ (2013)	Brazil	100	5.620	2.780	3.740	3.910	3.050
Luzardo และคณะ (2012)	Spain	16	$3.76x10^{-6}$	$3.38x10^{-6}$	$4.85x10^{-6}$	n.d.	$1.65x10^{-6}$
Kampire และคณะ (2011)	Uganda	47	0.011	-	0.041	-	-
Bayat และคณะ (2011)	Iran	54	-	-	$19.28x10^{-6}$	-	-
Ashnagar และคณะ (2009)	Ahwaz	35	0.060	-	57.000	-	-
Salem และคณะ (2009)	Jordan	70	n.d.	-	0.027	n.d.	0.026
Subir และ Raikwar (2008)	India	325	-	-	0.172	-	-
Heck และคณะ (2007)	Brazil	23	$1.12x10^{-6}$	-	$12.9x10^{-6}$	-	-
Kumar และคณะ (2005)	Agra City	65	-	-	0.105	-	-
Martinez และคณะ (1997)	Spain	97	0.028	0.101	0.067	-	0.221
Waliszewski และคณะ (1997)	Mexico	355	-	-	0.159	-	0.007
GARRIDO และคณะ (1994)	Spain	208	0.026	0.067	0.056	-	0.028
ค่าเฉลี่ยสารตกค้าง			0.004	0.513	20.816	0.064	0.852

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฉฏาธร ชะเอม
วัน เดือน ปีเกิด	1 มิถุนายน 2529
ที่อยู่	637 หมู่ 19 ตำบล กระสัง อำเภอ กระสัง จังหวัด บุรีรัมย์ 31160
	E-mail: Chatartorn.c@gmail.com

ประวัติการศึกษา	2550 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1)
	สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	2562 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
	สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	
2551-2552	ตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟลาวเวอร์ ฟู้ดส์
2552-2557	ตำแหน่งผู้ช่วยหัวหน้าส่วน แผนกประกันคุณภาพ
	บริษัทบี ฟู้ดส์ โปรดักส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
2557-ปัจจุบัน	ตำแหน่งหัวหน้างานแผนกระบบคุณภาพ
	บริษัทแบรนด์-ซันโทรี่ (ประเทศไทย) จำกัด
การนำเสนอผลงาน	Investigation of Organochlorine Pesticide Residue in Milk and Dairy Product. 4th AFSA International Conference on Food Safety and Food Security, 10-12 August 2018. Siem Reap, Cambodia