สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคพริก

วิเชียร ศรีหนาจ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

HEALTH RISK ASSESSMENT FROM CHILLI INGESTION

WICHIEN SRIHANAJ

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PERITAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

MAJOR IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

YEAR 2012

COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคพริก

ผู้วิจัย นายวิเชียร ศรีหนาจ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมนา สิริพัฒนากุล)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิกา รัตนพงศ์เลขา)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์)

.... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นท แสงเทียน)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาอิสระฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมนา สิริพัฒนากุล อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาอิสระ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมจากวิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการศึกษาวิจัยมาโดยตลอด ทุนการศึกษาวิจัยบางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนของวิทยาลัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณเกษตรกรสวนพริก หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการเก็บตัวอย่างพริก ขอบคุณกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามเขตอำเภอบึงบูรพ์ จังหวัดศรีสะเกษ ขอบคุณ คุณสุทธิสาร์ อุไรกุล จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาในการทำการวิจัย ขอบคุณ คุณภัทรานิษฐ์ ทองเนตร คุณศุภชัย ศรีเกษราภรณ์และคุณทศพร กรแก้ว ที่ร่วมเก็บตัวอย่างพริกในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ ผู้ศึกษาวิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ บิดามารดา ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้ศึกษาวิจัยเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

(นายวิเชียร ศรีหนาจ)

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคพริก

โดย : วิเชียร ศรีหนาจ

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมนา สิริพัฒนากุล

ศัพท์สำคัญ : การบริโภคพริก สารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัส การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การศึกษานี้ เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอส โดยพื้นที่ปลูกพริกที่ศึกษาอยู่ในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี การสำรวจพฤติกรรมการบริโภครอบคลุมประชากรทั้งในและนอกพื้นที่เพาะปลูกพริก จำนวนทั้งหมด 200 คน การศึกษาอยู่ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนเมษายน 2554 วิธีการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเป็นการสอบถามวิธีการสัมภาษณ์โดยตรง ส่วนการปนเปื้อนวิเคราะห์จากสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพริก ผลการศึกษาพบว่าประชากรในกลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 50 คน และหญิง 150 คน มีช่วงอายุระหว่าง 13 ถึง 82 ปี และมีน้ำหนักเฉลี่ย (±ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 56.99 ± 9.37 กิโลกรัม สำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพริกหลังฉีดพ่น 7 วัน ตรวจพบสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสเฉลี่ย 0.35 และ 1.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าคงที่อัตราการย่อยสลายของสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสในธรรมชาติ เท่ากับ 0.1229 และ 0.1189 ต่อวัน ตามลำดับ ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บผลผลิต คือ 8 วัน หลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช ปริมาณการการรับสัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสจากการบริโภคพริกเฉลี่ย คือ 3.70×10^{-5} และ 1.79×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ จากพฤติกรรมการบริโภคและการรับสัมผัสสารสามารถระบุความเสี่ยง โดยอาศัยค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย (HQ) แบบไม่ใช่สารก่อมะเร็งพบว่า ค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายของสารคลอร์ไพรีฟอสมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HQ $<$ 1) ในขณะที่ดัชนีบ่งชี้อันตรายของสารโพรฟีโนฟอสค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HQ $>$ 1) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดมีค่าสูงกว่าค่าปริมาณอ้างอิงถึง 2 และ 18 เท่า ตามลำดับ

ABSTRACT

TITLE : HEALTH RISK ASSESSMENT FROM CHILLI INGESTION

BY : WICHIEN SRIHANAJ

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

CHAIR : ASST. PROF. SUMANA SIRIPATTANAKUL, Ph.D.

KEYWORDS : CHILLI CONSUMPTION / ORGANOPHOSPHORUS PESTICIDE / HEALTH RISK ASSESSMENT

Health risk assessment from chlorpyrifos and profenofos pesticide-contaminated chilli consumption was studied. Study area was Hua Rua subdistrict, Muang district, Ubon Ratchathani. Dietary survey of 200 local and outside people was conducted during October 2010 to April 2011. The dietary survey was completed by face-to-face interview. The result showed that participants were 50 males and 150 females at age of 13-82 years and average weight (±standard deviation) of 56.99 ± 9.37 kilograms. For determination of pesticide residue in chilli after spraying for 7 days, average concentrations of chlorpyrifos and profenofos were 0.35 and 1.70 milligram per kilogram, respectively. Coefficients of chlorpyrifos and profenofos degradation rates were 0.1229 and 0.1189 per day, respectively. Appropriate time for harvesting is 8 days after spraying pesticides. Average daily doses of chlorpyrifos and profenofos were 3.70×10^{-5} and 1.79×10^{-4} milligram per kilogram per day, respectively. From the dietary and average daily dose information, non-carcinogenic risk was evaluated based on hazard quotient ratio (HQ). HQ for chlorpyrifos was in the acceptable risk level (HQ < 1) while HQ for profenofos was over the acceptable risk level (HQ > 1). HQ for profenofos at average and maximum contamination situations were 2 and 18 times higher than the reference dose, respectively.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ฌ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 แผนการดำเนินงาน 4

1.6 งบประมาณ 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พริก 6

2.2 สารออร์แกนโนฟอสฟอรัส 23

2.3 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ 40

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 77

3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กรอบการวิจัย 85

3.2 ขั้นตอนการวิจัย 85

3.3 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง 90

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการศึกษา
4.1 การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม 93
4.2 การเก็บตัวอย่างพริกเพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 105
4.3 การประเมินโอกาสการรับสัมผัสและความเสี่ยงจากการบริโภคพริก 109
5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการศึกษา 117
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป 118
เอกสารอ้างอิง **119**
ภาคผนวก
ก แบบสอบถาม 124
ข วิธีมาตรฐานของ QuEChERS 129
ค ใบรายงานผลการทดสอบ 142
ประวัติผู้วิจัย **168**

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย	4
1.2	งบประมาณวิจัย	5
2.1	โครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส	25
2.2	ความชุกของอาการและอาการแสดงต่างๆ ที่พบในผู้ป่วยที่เป็นพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส	33
2.3	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit : MRL)	38
2.4	หน่วยและการวัดสิ่งคุกคามในตัวกลาง	48
2.5	แหล่งปลดปล่อยสารคุกคามที่พบบ่อยและกลไกการปลดปล่อย	57
2.6	ค่าพารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวในสิ่งแวดล้อมและค่าทางกายภาพและเคมีที่สำคัญ	59
2.7	ตัวอย่างแบบการทำข้อสรุปเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์พร้อมเหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือก	61
2.8	ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการสรุปค่าความเข้มข้นการสัมผัส	69
2.9	ตัวอย่างตารางสรุปการใช้ค่าต่างๆ ในการประเมินการสัมผัส	72
2.10	ตัวอย่างตารางแสดงความไม่แน่นอนสำหรับการประเมินการสัมผัส	73
2.11	ตัวอย่างตารางสรุปผลการประเมินการสัมผัสสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน	75
3.1	ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่าง	89
4.1	ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด	94
4.2	ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด	98
4.3	ปริมาณสารตกค้างของคลอร์ไพรีฟอสในพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	105
4.4	จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารคลอร์ไพรีฟอสตกค้างในพริก	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5	ปริมาณสารตกค้างของโพรฟีโนฟอสในพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	107
4.6	จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารโพรฟีโนฟอสตกค้างในพริก	108
4.7	ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี) ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี) และอัตราการรับประทาน (กก./วัน)	109
4.8	การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของเกษตรกรปลูกพริกในเขตพื้นที่ปลูกพริก ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	111
4.9	การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของตัวแทนผู้บริโภคทั่วไปในเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	112
4.10	การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช จากการบริโภคพริกสด	113

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างคลอร์ไพรีฟอส	29
2.2	โครงสร้างโพรฟีโนฟอส	30
2.3	กระบวนการประเมินการสัมผัส	51
3.1	ขั้นตอนการวิจัย	88
3.2	จุดเก็บตัวอย่าง	89
3.3	การเก็บตัวอย่างพริกจากแปลงทดลอง	90
3.4	การเก็บตัวอย่างแบบสอบถาม	92
3.5	การเก็บตัวอย่างพริก	92
4.1	ความเข้มข้นของคลอร์ไพรีฟอสในพริก 5 แปลง หลังฉีดพ่น วันที่ 0 1 4 7 และวันที่ 14	105
4.2	ความเข้มข้นโพรฟีโนฟอสในพริก 5 แปลง หลังฉีดพ่น วันที่ 0 1 4 7 และวันที่ 14	107
4.3	อันตรายจากสารคลอร์ไพรีฟอสจากการบริโภคพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	114
4.4	อันตรายจากสารโพรฟีโนฟอสจากการบริโภคพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	115

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พริก *(Capsicum frutescens)* เป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย ปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหาร ใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสชาติของอาหาร ทั้งในรูปพริกสด พริกแห้ง หรือพริกป่น รวมทั้งผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆ เช่น ซอสพริก และพริกแกง ชนิดของพริกที่มีการปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง คือ พริกขี้หนูผลใหญ่ และพริกใหญ่ พริกขี้หนูผลใหญ่พันธุ์หัวเรือจินดา ช่อระย้า เป็นพันธุ์ที่ปลูกง่ายและปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี ปี 2548 จังหวัดอุบลราชธานีมีพื้นที่ปลูก 6,605 ไร่ ผลผลิตรวม 11,229 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี, 2548) แหล่งปลูกพริกที่สำคัญของจังหวัดอุบลราชธานี คือ อำเภอเมือง อำเภอม่วงสามสิบ อำเภอเขื่องใน อำเภอสิรินธร และอำเภอพิบูลมังสาหาร

ปัญหาเรื่องโรคและแมลง โรคพริกที่สำคัญ คือ โรคแอนแทรคโนส หรือโรคกุ้งแห้ง ซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อรา โรคกุ้งแห้งเทียม โรคตากบ โรคราแป้ง โรคยอดและดอกเน่า โรคเหี่ยว โรครากปม โรคใบด่าง ส่วนโรคที่เกิดจากเพลี้ยไฟ และไรขาว คือโรคใบหงิก ทำให้ต้นพริกแคระแกรน ใบหงิก ใบร่วง พริกติดเมล็ดน้อย และรูปร่างบิดเบี้ยว อีกโรคหนึ่งคือ โรคเหี่ยวซึ่งเกิดจากเชื้อรา หากถูกทำลายมาก ผลผลิตจะลดลงและตายในที่สุด เนื่องจากโรคและแมลงศัตรูพริก ได้ทำความเสียหายให้กับผลผลิตพริกเป็นจำนวนมาก เกษตรกรมีการใช้สารเคมีในท้องตลาดฉีดพ่นมากมายหลายชนิด และยังใช้ในปริมาณที่สูงกว่าคำแนะนำ เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตพริกเพื่อการส่งออกและบริโภคในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphate)

สารกำจัดแมลงมีการใช้มานานตั้งแต่ 1000 ปี ก่อนคริสตกาล ซึ่งสารกำจัดแมลงจำเป็นอย่างยิ่งในงานเกษตรกรรม เป็นที่รู้กันทั่วไปว่างานเกษตรกรรมมีการใช้สารกำจัดแมลงหลายชนิดในปริมาณมากเพื่อลดการทำลายของแมลงศัตรูพืชหรือการระบาดของโรคพืชได้ ส่งผลให้สินค้าทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น พริกถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ใช้สารเคมีจำนวนมากและหลากหลายชนิดเริ่มจากกระบวนการเพาะเมล็ดพันธุ์จนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว พบว่าล้วน

จำเป็นต้องใช้สารเคมี เนื่องจากศัตรูพืชที่มารบกวนพริกมีหลายชนิดดังนั้นสารที่ใช้กำจัดศัตรูพืชจึงมีหลายกลุ่มด้วยกัน เช่น เพลี้ยอ่อนใช้สารไดอะซีนอล สารอะซีเฟต ไรแดงและขาวใช้สารอะมีทราส สารอะบาเม็กติน แมลงหวี่ขาวใช้สารสะเดาไทย สารเพนโพรพาทรินและอื่นๆ หนอนกัดกินผลใช้สารคลอร์ไพรีฟอส สารอะบาเม็กติน สารคลอร์เฟนนาเพอร์และอื่นๆ เป็นต้น

จากการสำรวจเบื้องต้นในพื้นที่ปลูกพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นแหล่งปลูกพริกที่ใหญ่และสำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย พบว่าสารกำจัดแมลงที่ใช้ประกอบด้วยกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บอเนต และกลุ่มไพรีทรอยด์ โดยสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสเป็นสารที่ใช้มากที่สุดและสารที่มีการใช้เป็นจำนวนมาก คือ คลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอส (ครรชิต ปุสิงค์, 2553) โดยทั่วไปเกษตรกรได้รับคำแนะนำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งในทางปฏิบัติเกษตรกรอาจเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ระหว่าง 3 ถึง 7 วัน ภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดแมลงเพราะเหตุผลด้านราคาผลผลิตที่ต้องเร่งเก็บผลผลิตในช่วงราคาผลผลิตดี ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาการตกค้างของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสในพริกในช่วงเวลาต่างๆ หลังฉีดพ่นและยังไม่มีการประเมินการรับสัมผัส

จากการบริโภคพริกที่มีสารตกค้างดังกล่าวจากเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการตกค้างของสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส โดยศึกษาการตกค้างของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส คือ สารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอส ซึ่งเป็นสารที่ใช้กันมากในประเทศไทยและเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี รวมถึงการศึกษาและประเมินการรับสัมผัสสารตกค้างกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริกสด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในพริก

1.2.2 เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บผลผลิตพริก หลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัส

1.2.3 เพื่อประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริกหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในวันที่ 0, 1, 4, 7 และ 14 ตามลำดับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การวิจัยครั้งนี้วิจัยในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ศึกษาวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในพริก และพฤติกรรมการบริโภคพริก ระยะเวลาในการวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554

1.3.2 ประชากร คือ เกษตรกรปลูกพริกแปลงละ 1 คน จำนวน 50 คน ที่ปลูกพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 จำนวน 50 คน และประชากรในเขตอำเภอบึงบูรพ์ จังหวัดศรีสะเกษ ที่เป็นตัวแทนผู้บริโภคพริกทั่วไปในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จำนวน 150 คน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมความเสี่ยงจากการรับประทานพริก ระหว่างกลุ่มประชาชนในพื้นที่เกษตรกรรมกับประชากรกลุ่มทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรมที่รับประทานพริก จากแปลงปลูกพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

1.3.3 ตัวอย่างพริก คือ พริกขี้หนูที่เก็บหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในวันที่ 0 1 4 7 และ 14 ตามลำดับ จากแปลงปลูกพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

1.3.4 สารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอส

1.3.5 การวิเคราะห์สารตกค้างกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในพริกสด โดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟ (Gas Chromatography)

1.3.6 การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคพริกสดใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ผลด้วยกระบวนการทางสถิติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบข้อมูลการตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส และพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนในเขตพื้นที่ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และความเสี่ยงจากการบริโภคพริก

1.4.2 ได้ข้อมูลแนวทางในการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพริกมีความรู้ และมีพฤติกรรมด้านการเก็บผลผลิตพริกที่ถูกต้องตามช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บผลผลิตพริก หลังใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัส ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

1.4.3 ได้ข้อมูลการประเมินความเสี่ยง ในการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริก เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนงานโครงการอาหารปลอดภัย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของประชาชนผู้บริโภคพริกที่ปลูกในตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานใช้เวลาทั้งสิ้น 15 เดือน โดยมีรายละเอียดของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการและระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการ	พ.ศ. 2553			พ.ศ. 2554											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	■	■	■	■											
ดำเนินการเก็บตัวอย่างตรวจสอบสารตกค้าง					■	■	■								
วิเคราะห์ผลการตรวจ								■							
ส่งแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่าง					■	■									
ตรวจสอบแบบสอบถาม							■								
วิเคราะห์แบบสอบถามโดยใช้โปรแกรม SPSS									■	■	■				
สรุปและอภิปรายผล												■	■		
สอบและส่งวิจัยฉบับสมบูรณ์														■	■

1.6 งบประมาณ

งบประมาณดำเนินงานทั้งสิ้น 35,160 บาท ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 งบประมาณวิจัย

รายการ	รายละเอียดค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ค่าตรวจวิเคราะห์สารออร์แกนโนฟอสฟอรัส	29,425
2. ค่าสารเคมี	2,500
3. ค่านำส่งตัวอย่างพริก	235
4. ค่าเอกสารแบบสอบถาม	1,000
5. ค่าจัดทำรูปเล่ม	2,000
รวม	**35,160**

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการบริโภคพริก มีแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่ใช้เป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

(1) พริก

(2) สารกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัส

(3) การประเมินความเสี่ยง

2.1 พริก

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับพริก

ชื่อสามัญ Chillies

วงศ์ Solanaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์

พริกขี้หนู *Capsicum Frutescens* Linn.

พริกชี้ฟ้า *Capsicum annuum* Linn. *Var acminatum* Fingerh.

พริกหยวก *Capsicum annum* Linn.

พริกยักษ์ *Capsicum annuum* var. *grossum* Bail.

ชื่ออื่นๆ

พริกขี้หนู เรียกว่า พริกนก พริกแต้ พริกแด้ พริกแจว (เหนือ) พริกขี้นก ดีปลี ดีปลีขี้นก (ใต้) ดีปลี (ปัตตานี) ปะแถว (นครราชสีมา) หมักเพ็ด พริกแกว (อีสาน)

พริกชี้ฟ้า เรียกว่า พริกหลวง พริกแล้ง พริกหนุ่ม พริกเดือยไก่ (เหนือ) พริกมัน

พริกยักษ์ เรียกว่า พริกหวาน พริกมะยม พริกฝรั่ง

2.1.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

พริกเป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกับมะเขือ มันฝรั่งและยาสูบ เป็นไม้พุ่มล้มลุกเนื้ออ่อนบางชนิดอยู่ได้หลายฤดู บางชนิดอยู่ได้ฤดูเดียว มีความผันแปรค่อนข้างมาก ทั้งลักษณะสี กลีบดอก ลำต้น ใบและผล โดยเฉพาะผลจะมีความผันแปรของรูปร่าง ขนาดและ

ความเผ็ด พริกเป็นพืชที่มีดอกสมบูรณ์เพศและสามารถผสมตัวเองได้ แต่ก็มีโอกาสผสมข้ามดอกและก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ 9-36%

องค์การนานาชาติว่าด้วยแหล่งพันธุกรรมทางพืช (International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR)) สามารถแบ่งพันธุ์พริกตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ได้ 5 กลุ่ม คือ (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 19)

(1) *Capsicum annuum* L. คำว่า annuum แปลว่า รายปี หรือประจำปี เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกไปทั่วโลก สามารถผสมข้ามพันธุ์ได้ง่าย ทำให้มีหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์นิวเม็กซิโก พันธุ์จาลาปีโน พันธุ์เบลล์ พันธุ์แวกซ์ เป็นต้น ส่วนพันธุ์ที่คนไทยรู้จักกันดี คือ พริกชี้ฟ้า

(2) *Capsicum baccatum* L. คำว่า baccatum หมายถึง ผลเป็นพวง พริกชนิดนี้มีต้นกำเนิดในเปรูและโบลิเวียปัจจุบันแพร่กระจายอยู่ทั่วทวีปอเมริกาใต้ ตัวอย่างของพันธุ์พริกชนิดนี้ ได้แก่ พริกอาจิ

(3) *Capsicum chinensis* Jacq. คำว่า chinensis หมายถึง มาจากประเทศจีน ทำให้อาจจะเข้าใจผิดว่าพริกนี้มีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน ความจริงแล้วพริกชนิดนี้มีต้นกำเนิดในแถบแม่น้ำอเมซอน จากนั้นแพร่เข้าสู่แถบแคริบเบียน แล้วแพร่กระจายไปยังอเมริกาตอนกลางและตอนใต้ พริกสำคัญที่จัดอยู่ในชนิดนี้ก็คือ พริกฮาบาเนโร ที่ได้ชื่อว่าเผ็ดที่สุดด้วย

(4) *Capsicum frutescens* L. คำว่า frutescens หมายถึง เป็นพุ่มเตี้ย พริกเด่นในกลุ่มนี้ได้แก่ พริกทาบาสโก ถือเป็นวัตถุดิบในการทำซอสพริกทาบาสโกอันเลื่องชื่อ และพริกขี้หนูของไทย ที่มีเอกลักษณ์ความเผ็ดที่โดดเด่นไม่แพ้ใคร

(5) *Capsicum pubescens* R. & P. คำว่า pubescens หมายถึง มีขน เป็นพริกที่มีต้นกำเนิดในโบลิเวีย แต่ปัจจุบันปลูกกันทั่วทวีปอเมริกา พริกพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ พริกโรโคโท

ลักษณะทั่วไปทางพฤกษศาสตร์ของพริก มีดังนี้

(1) ราก ระบบรากของพริกมี รากแก้ว รากหากินลึกมาก ต้นพริกที่โตเต็มที่รากฝอยจะแผ่ออกไปหากินด้านข้างในรัศมีเกินกว่า 1.20 เมตร รากฝอยหากินของพริกจะพบอยู่อย่างหนาแน่นมากในบริเวณรอบๆ ต้นใต้ดินลึกประมาณ 60 เซนติเมตร

(2) ลำต้นและกิ่ง ลำต้นพริกตั้งสูง สูงประมาณ 1-2 ฟุต พริกที่มีการเจริญเติบโตของกิ่งเป็นแบบ Dichotomous คือ กิ่งจะเจริญจากลำต้นเพียง 1 กิ่ง แล้วแตกออกเป็น 2 กิ่ง และเพิ่มเป็น 4 กิ่ง 8 กิ่ง 16 กิ่ง ไปเรื่อยๆ และมักพบว่าต้นพริกที่สมบูรณ์จะมีกิ่งแตกขึ้นมาจากต้นที่ระดับดินหลายกิ่ง จนดูคล้ายกับว่ามีหลายต้นรวมอยู่ที่เดียวกัน ดังนั้นจึงมักไม่พบลำต้น

หลัก แต่จะพบเพียงกิ่งหลักๆ เท่านั้น ทั้งลำต้นและกิ่งนั้นในระยะแรกจะเป็นไม้เนื้ออ่อน แต่เมื่อมีอายุมากขึ้นกิ่งก็จะยิ่งแข็งมากขึ้น แต่กิ่งหรือต้นพริกก็ยังคงเปราะและหักง่าย

(3) ใบ พริกเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นแบบใบเดี่ยว มีลักษณะแบนเรียบเป็นมัน มีขนบ้างเล็กน้อย ใบมีรูปร่างตั้งแต่รูปไข่ไปจนกระทั่งเรียวยาว มีขนาดแตกต่างกันไป ใบพริกหวานมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ใบพริกขี้หนูทั่วไปมีขนาดเล็ก แต่ในระยะเป็นต้นกล้าและใบล่างๆ ของต้นโตเต็มที่จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่

(4) ดอก ลักษณะเป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน โดยปกติมักพบเป็นดอกเดี่ยว แต่อาจพบมีหลายดอกเกิดตรงจุดเดียวกันได้ ดอกเกิดที่ข้อตรงมุมที่เกิดใบหรือกิ่งก้านดอกอาจตรงหรือโค้ง ส่วนประกอบของดอกประกอบด้วยกลีบรองดอก 5 พู กลีบดอกสีขาว 5 กลีบ แต่บางพันธุ์อาจมีสีม่วงและอาจมีกลีบดอกตั้งแต่ 4-7 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 5 อัน ซึ่งแตกจากตรงโคนของชั้นกลีบดอก อับเกสรตัวผู้มีสีน้ำเงิน แยกตัวเป็นกระเปราะเล็กๆ ยาวๆ เกสรตัวเมียชูสูงขึ้นไปเหนือเกสรตัวผู้ ปลายเกสรตัวเมียมีรูปร่างเหมือนกระบองหัวมน รังไข่มี 3 พู แต่อาจพบได้ตั้งแต่ 2-4 พู และจากการศึกษาพบว่า พริกเป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงวัน โดยมักจะออกดอกและติดผลในสภาพวันสั้น ในระหว่างการเจริญเติบโตหากได้รับสภาพวันยาวหรือมีการใช้สภาพวันยาวหรือมีการใช้แสงไฟฟ้าในเวลากลางคืนเพื่อเพิ่มความยาวของช่องแสง พริกก็จะออกดอกช้าออกไป

(5) ผล ผลมีทั้งผลเดี่ยวและผลกลุ่ม มีลักษณะเป็นกระเปาะ มีฐานขั้วผลสั้นและหนา โดยปกติผลอ่อนมักชี้ขึ้น เมื่อเป็นผลแก่พันธุ์ที่มีลักษณะขั้วผลอ่อนก็จะให้ผลที่ห้อยลง แต่บางพันธุ์ทั้งผลอ่อนและผลแก่จะชี้ขึ้น ผลมีลักษณะทั้งแบนๆ กลม ยาว จนถึงพองอ้วนสั้น ขนาดของผลมีตั้งแต่ขนาดผลเล็กๆ ไปจนกระทั่งมีผลขนาดใหญ่ ผนังผลมีตั้งแต่บางจนถึงหนาขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผลอ่อนมีทั้งสีเหลืองอ่อน สีเขียวอ่อน สีเขียงเข้ม และสีม่วง เมื่อผลสุกอาจเปลี่ยนเป็นสีแดง ส้ม เหลือง น้ำตาล ขาวนวลหรือสีม่วงพร้อมๆ กับการแก่ของเมล็ดในผลควบคู่กันไป ผลพริกมีความเผ็ดแตกต่างกันไป บางพันธุ์เผ็ดจัด บางพันธุ์เผ็ดน้อยหรือไม่เผ็ดเลย ฐานของผลอาจแบ่งออกเป็น 2-4 ห้อง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในพริกหวาน แต่พริกที่มีขนาดผลเล็กอาจสังเกตได้ยาก บางพันธุ์อาจดูเหมือนว่าภายในผลมีเพียงห้องเดียวโดยตลอด เมล็ดจะเกิดเกาะรวมกันอยู่ที่รก (Placenta) ซึ่งมีตั้งแต่โคนจนถึงปลายผล ในระหว่างการเจริญเติบโตของผลหากอุณหภูมิในเวลากลางวันสูงและความชื้นในบรรยากาศต่ำ จะทำให้ผลพริกมีการเจริญเติบโตผิดปกติ มีรูปร่างบิดเบี้ยวและมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้การติดเมล็ดต่ำกว่าปกติอีกด้วย

(6) เมล็ด เมล็ดพริกมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าเมล็ดมะเขือเทศ แต่มีรูปร่างที่คล้ายกัน คือ มีรูปร่างกลมแบน มีสีเหลืองไปจนถึงสีน้ำตาล ผิวเรียบ ผิวไม่ค่อยมีขน

เหมือนเมล็ดมะเขือเทศ มีร่องลึกอยู่ทางด้านหนึ่งของเมล็ด เมล็ดจะติดอยู่กับรก โดยเฉพาะทางด้านฐานของผลพริกเมล็ดจะติดอยู่มากกว่าปลายผล ส่วนมากที่เปลือกของผลและเปลือกของเมล็ดมักจะมีเชื้อโรคพวกโรคใบจุดและโรคใบเหี่ยวติดมา สำหรับจำนวนของเมล็ดต่อผลพริก 1 ผล จะไม่แน่นอน แต่ตามมาตรฐานของขนาดเมล็ดพริกแล้ว เมล็ดพริก 1 กรัม ควรที่จะมีเมล็ด 166 เมล็ด ขึ้นไป ส่วนพริกเผ็ดที่มีขนาดผลเล็ก ควรมีขนาดเมล็ดเล็กลง เช่น เมล็ดพริกพันธุ์ห้วยสีทน 1 น้ำหนัก 1 กรัม มีจำนวนเมล็ดถึง 256 เมล็ด เมล็ดพริกมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณ 2-4 ปี

ถิ่นกำเนิดและประวัติ

เป็นที่ยอมรับกันว่าพริกมีแหล่งกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา ได้แก่ อเมริกาใต้และอเมริกากลาง มีผู้พบผลของพริกในหลุมฝังศพที่มีอายุถึง 2,000 ปี ณ ประเทศเปรู จากการสำรวจพันธุ์พริกในเขตร้อนทวีปเอเชียหรือ Old World Tropics ไม่มีหลักฐานว่าพริกมีแหล่งกำเนิดในแถบนี้ พริกถูกนำเข้าไปเผยแพร่ในประเทศสเปนตั้งแต่สมัยโคลัมบัสในปี ค.ศ. 1493 หลังจากนั้นก็ได้กระจายไปยังประเทศต่างๆ แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและประเทศอังกฤษ ต่อมาชาวสเปนและชาวโปรตุเกส เป็นผู้นำไปเผยแพร่ในเอเชีย การยอมรับพริกในการบริโภคนั้นได้รับการยอมรับในทันที ไม่เหมือนมะเขือเทศและมันฝรั่ง ซึ่งใช้เวลานานกว่าผู้บริโภคจะยอมรับ จากหลักฐานพบว่า ในประเทศอินเดียมีพริก 3 พันธุ์ ตั้งแต่ ค.ศ. 1542 สำหรับประเทศไทยเข้าใจว่าพริกถูกนำเข้าประเทศโดยชาวโปรตุเกสเป็นเวลาหลายปีแล้ว และได้รับการยอมรับอย่างมากเป็นอาหารชูรสที่สำคัญของประชากรในประเทศ (เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง, 2547)

2.1.1.2 การจำแนกพันธุ์พริก

การจำแนกพันธุ์พริกในประเทศไทย นิยมจำแนกตามความเผ็ดและตามขนาดของผล แต่ความเป็นจริงโดยทั่วไป การจำแนกพันธุ์พริกทั่วโลกมีความสับสนกันอยู่มาก นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความคิดเห็นในการจำแนกที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เนื่องจากพริกมีความแตกต่างกันทั้งทรงต้น ใบ ดอก และผล ซึ่งรูปร่างของผลมีความแตกต่างกันอย่างมาก ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการผสมข้ามสายพันธุ์ตามธรรมชาติที่ทำให้เกิดผลพริกรูปร่างใหม่ๆ ขึ้นมาอีก ทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดจำแนกมากขึ้น

การจำแนกพันธุ์พริกตามความเผ็ด สามารถแบ่งพริกตามความเผ็ดได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 25)

(1) กลุ่มที่มีความเผ็ดมาก เป็นพริกที่มีความเผ็ดตั้งแต่ 70,000-175,000 สโควิลล์ พริกกลุ่มนี้มักจะมีผลขนาดเล็ก ใช้สกัดน้ำหอมระเหย เนื่องจากมีความเผ็ดสูง ส่วนใหญ่เป็นพริกชนิดแคปซิคัม ฟรูเตสเซนส์ (*Capsicum frutescens*) เช่น พันธุ์ทาบาสโก เป็นต้น

(2) กลุ่มพริกที่มีความเผ็ดปานกลางเป็นพริกที่มีความเผ็ดตั้งแต่ 35,00-70,000 สโควิลล์ ใช้ผสมกับเครื่องเทศชนิดอื่นในการปรุงรสอาหาร มีการจำหน่ายทั้งในลักษณะเป็นผลสด ผลแห้งและป่น พริกกลุ่มนี้เป็นชนิดแคปซิคัม แอนนูอัม *(Capsicum annuum)* เช่น พริกขี้หนู พริกจินดา พริกชี้ฟ้า พริกมัน เป็นต้น

(3) กลุ่มที่มีความเผ็ดน้อยหรือไม่เผ็ด เป็นพริกที่มีความเผ็ดน้อยกว่า 35,000 สโควิลล์ จนถึงไม่มีความเผ็ดเลย คือ 0 สโควิลล์ ผลมีขนาดใหญ่ ทรงผลกลมหรือกลมรี เนื้อหนา ขนาดความยาวของผล 10 เซนติเมตร เป็นพริกชนิด *Capsicum annuum* cultivars เช่น พริกหยวก พริกหวาน เป็นต้น

การจำแนกพันธุ์พริกตามขนาดผล พริกที่มีรสเผ็ดเป็นพริกที่ปลูกกันมาก เนื่องมาจากนิยมใช้บริโภคกันโดยทั่วไป สามารถแบ่งตามขนาดของผลได้ 2 ขนาด คือ พริกใหญ่ และพริกเล็กหรือพริกขี้หนู

(1) พริกใหญ่ เป็นพริกที่มีความยาวของผลมากกว่า 5 เซนติเมตร แบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ พวกที่มีความยาวของผลมากกว่า 10 เซนติเมตร ได้แก่ พริกสิงคโปร์ พริกหนุ่ม ปลูกกันมากในจังหวัดราชบุรี นครปฐม และเชียงใหม่ และพวกที่มีความยาวของผลระหว่าง 5-10 เซนติเมตร ได้แก่ พริกชี้ฟ้า พริกเหลือง พริกมัน พริกบางช้าง พริกมันพิชัย ซึ่งส่วนใหญ่มักมีผลชี้ลงดินและมักติดผลเพียงฤดูเดียว ปลูกกันมากในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี และอุตรดิตถ์

พริกใหญ่ที่เกษตรกรปลูกไม่ค่อยมีการส่งออกต่างประเทศ เนื่องจากมีลักษณะไม่ตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศ เพราะตลาดต่างประเทศต้องการพริกที่มีเมล็ดน้อย เนื้อผลหนา เช่น พันธุ์จินแดง แต่พันธุ์ที่ตลาดในประเทศต้องการมีเมล็ดมาก รสเผ็ด ดังนั้นพริกใหญ่ที่เกษตรกรปลูกจึงใช้เฉพาะในประเทศ

(2) พริกเล็กหรือพริกขี้หนู เป็นพริกที่มีความยาวของผลไม่เกิน 5 เซนติเมตร โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกด้วยกัน คือ พวกที่มีความยาวของผลอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นพริกที่มีการปลูกมากที่สุดในประเทศไทย ผลมีทั้งชนิดชี้ขึ้นและชี้ลง ได้แก่ พริกพันธุ์ห้วยสีทน 1 พริกจินดา พริกชลบุรี พริกหัวเรือ เป็นต้น ปลูกกันมากในจังหวัดศรีสะเกษ เลย ขอนแก่น และราชบุรี และพวกที่มีความยาวผลไม่เกิน 2 เซนติเมตร ได้แก่ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูหอม พริกกะเหรี่ยง พริกขี้หนู ปลูกกันมากในจังหวัดกาญจนบุรี ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบูรณ์

พริกขี้หนูเป็นพริกที่นิยมปลูกและรับประทานกันมาก ซึ่งมีชื่อเรียกหลายชื่อตามท้องถิ่นที่ปลูก เช่น ภาคกลาง เรียกว่า พริกขี้หนู ภาคใต้ เรียกว่า พริกขี้นก

และภาคเหนือ เรียกว่า พริกแต้ พริกขี้หนูที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดนั้นมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ พริกขี้หนูสวนและพริกขี้หนูไร่

2.1.1.3 พันธุ์พริกและลักษณะประจำพันธุ์

พันธุ์พริกที่นิยมปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ของพริกขี้หนูและพริกชี้ฟ้า เพราะเป็นพริกที่ตลาดมีความต้องการสูงทั้งในรูปของพริกสดและพริกแห้ง ส่วนพริกอื่นๆ ก็มีปลูกเช่นกัน แต่มีปริมาณน้อย สำหรับลักษณะประจำพันธุ์ของพริกบางพันธุ์มีดังนี้ (ธำรงค์ เครือชุมพล, 2551 : 32)

1) พันธุ์ห้วยสีทน 1 เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ที่ได้รับการรับรองพันธุ์จากสถาบันวิจัยพืชสวนกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2522 โดยการปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์มาจากพริกจินดา เป็นพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ปลูก เพราะสามารถปลูกได้เกือบทุกสภาพแวดล้อมของประเทศไทยและทนต่อสภาพอากาศแห้งแล้งได้ดี

ลักษณะทรงต้นเป็นรูปตัว (V) ต้นที่สมบูรณ์จะมีการแตกกิ่งที่โคนต้นมากประมาณ 3-5 กิ่ง จนทำให้มีลักษณะเหมือนการแตกกอของต้นข้าว เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 5 เดือนขึ้นไป โดยจะมีความสูงประมาณ 150-160 เซนติเมตร ทรงพุ่มกว้าง 80 เซนติเมตร ใบค่อนข้างเล็ก รูปร่างของใบเป็นรูปหอก แต่ในขณะที่ต้นยังอ่อนอยู่ใบจะมีขนาดใหญ่กว่าปกติ เมื่อติดผลแล้วใบจะมีขนาดเล็กลง ใบมีสีเขียวถึงเขียวเข้ม ใบเรียบไม่มีคลื่น มีขนบ้างเล็กน้อย อายุการออกดอกประมาณ 60 วันหลังย้ายกล้า กลีบดอกมีสีขาว เกสรตัวผู้มีสีน้ำเงินม่วง ดอกมักห้อยลง

ผลออกที่ข้อ 1-2 ผล ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีแดงจัด ผลชี้ขึ้น ก้านผลยาวเท่ากับความยาวของผล ผลเป็นรูปกรวย โคนใหญ่แล้วเรียวไปหาปลาย ปลายผลแหลม ขนาดของผลยาว 3-5 เซนติเมตร ผลค่อนข้างอ้วนปานกลาง ความยาวของรกประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวของผล ผลสดมีกลิ่นฉุน เผ็ดปานกลาง อายุการเก็บเกี่ยวผลพริกสดประมาณ 90-100 วันหลังย้ายกล้า ให้ผลผลิตสูงประมาณ 1,000-2,5000 กิโลกรัม/ไร่

พริกพันธุ์ห้วยสีทน 1 เหมาะที่จะใช้บริโภคได้ทั้งในรูปของพริกสดและพริกแห้งโดยเฉพาะในรูปพริกแห้งตลาดต่างประเทศมีความต้องการมาก ผลพริกสด 1 กิโลกรัม เมื่อนำมาทำพริกแห้งจะได้ประมาณ 0.43 กิโลกรัม เมื่อตากแห้งจะมีสีแดงเข้มเป็นมัน เหยียดตรง ผิวเรียบ เป็นพริกที่มีรสเผ็ดจัดทั้งผลสดและผลแห้ง

2) พันธุ์หัวเรือ เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ เป็นพันธุ์พื้นเมืองของตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี นิยมปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดอุบลราชธานีจะปลูกพันธุ์หัวเรือกันมาก

ลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งปานกลาง ลำต้นมีสีเขียวกับมีลายยาวเป็นทางสีม่วง ลำต้นเป็นรูปทรงกระบอก มีขนที่ลำต้นประปราย ทรงพุ่มมีขนาดค่อนข้างสูงและมีลักษณะใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยสีทน1 ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ใบกว้าง 4-5 เซนติเมตร ยาว 8-12 เซนติเมตร ก้านใบยาว 5-7 เซนติเมตร ใบมีสีเขียว ขอบของแผ่นใบเป็นคลื่น ใบไม่มีขน ดอกมีสีขาวโดยมีสีม่วงที่โคนกลีบดอก

การติดผลค่อนข้างดก ผลมีขนาดใหญ่และยาวกว่าพันธุ์สีทน 1 คือขนาดของผลยาวประมาณ 4-6 เซนติเมตร ผลชี้ขึ้น ลักษณะผลเรียวยาว ผลอ่อนมีสีเขียวจนถึงสีเขียวเข้ม อาจมีปื้นสีม่วงที่ผล ผลแก่มีสีแดงเข้ม ผิวผลย่นปานกลาง ก้านผลยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร ความยาวของรกประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวของผล มีกลิ่นหอม มีรสเผ็ด เนื้อมาก เมล็ดน้อย ผลอ่อนแอต่อโรคกุ้งแห้ง

พริกพันธุ์หัวเรือเป็นพันธุ์ที่ปลูกง่าย เริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 90 วัน แต่โดยเฉลี่ยอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 102 วันหลังย้ายกล้า สามารถเก็บเกี่ยวได้จนถึงอายุ 7-8 เดือน ให้ผลผลิตสูงคือประมาณ 3,400-5,800 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักผลสดโดยประมาณ 570 ผล/กิโลกรัม เมื่อนำไปตากแห้งจะได้ประมาณ 0.30-0.36 กิโลกรัมต่อน้ำหนักพริกสด 1 กิโลกรัม

3) พริกขี้หนูพันธุ์เลย เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ เป็นพันธุ์การค้าที่ปลูกได้ทั้งฤดูฝนและฤดูหนาว แต่นิยมปลูกในสภาพไร่ช่วงฤดูฝนในเขตจังหวัดเลย

ลักษณะต้นตั้งตรง ลำต้นมีสีเขียวกับมีผลลายยาวเป็นทางสีเหลือง ลำต้นเป็นรูปทรงกระบอก เป็นเหลี่ยม กิ่งมี 5 เหลี่ยม มีขนที่ลำต้นหนาแน่น ความสูงของต้นมากกว่า 100 เซนติเมตร ความสูงของต้นเมื่อเกิดดอกแรกคือประมาณ 70 เซนติเมตร ส่วนความสูงของต้นเมื่อโตเต็มที่หรือระยะสุดท้ายของการเก็บเกี่ยวสูงประมาณ 109 เซนติเมตร การแตกกิ่งปานกลาง โดยมีกิ่งแขนงประมาณ 13 กิ่ง/ต้น ขนาดของทรงพุ่มประมาณ 81 เซนติเมตร ใบมีสีเขียว ใบมีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม ขอบของแผ่นใบเป็นคลื่น ใบมีขนหนา ใบแก่ยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 5-7 เซนติเมตร อายุการเกิดดอกแรกคือประมาณ 47 วันหลังงอก กลีบดอกมีสีเขียวเหลือง

การติดผลปานกลาง ผลชี้ขึ้น ไม่มีจุดสีม่วงที่ผล ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีเหลืองส้ม ผลยาวประมาณ 60 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร จำนวนผลต่อกิโลกรัมคือประมาณ 527 ผล ก้านผลยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ส่วนฐานของผลมีรูปมน ไม่มีคอคอดที่ฐานของผล ปลายผลแหลม ผลมีลักษณะงอ ผิวของผลมีลักษณะย่นมาก ความยาวของรกประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวของผล ผลสดมีกลิ่นเหม็นเขียว รสเผ็ดมาก อายุการเก็บเกี่ยวผลดิบประมาณ 61-90 วัน อายุการเก็บเกี่ยวผลสุกประมาณ 90-120 วัน

4) พันธุ์ช่อ มข. เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีลักษณะทรงต้นค่อนข้างเตี้ย มีความสูงประมาณ 40 เซนติเมตร ความกว้างของทรงพุ่มประมาณ 50 เซนติเมตร เริ่มออกดอกหลังจากย้ายกล้าประมาณ 50-60 วัน และผลสุกครั้งแรกเมื่ออายุประมาณ 90-95 วัน

คุณลักษณะที่ดีของพริกพันธุ์ช่อ มข. ก็คือ ผลจะออกเป็นช่อปลายผลชี้ขึ้น ผลสุกแก่เป็นรุ่นๆ ทำให้สะดวกและง่ายต่อการเก็บเกี่ยว ค่อนข้างทนทานต่อไรขาว ผลมีขนาดและสีใกล้เคียงกับพันธุ์ห้วยสีทนและพันธุ์หัวเรือซึ่งเป็นพันธุ์ที่เป็นที่นิยมของตลาด ขนาดของผลยาวประมาณ 5-6 เซนติเมตร น้ำหนักผลสดประมาณ 350-400 กรัม/ต้น น้ำหนักผลแห้งประมาณ 80-100 กรัม/ต้น อัตราส่วนน้ำหนักผลสดต่อน้ำหนักผลแห้งคือประมาณ 4 ต่อ 1

5) พันธุ์จินดา มีเกษตรกรในบางท้องที่เรียกพริกพันธุ์จินดาว่าพริกเกษตร เป็นพริกขี้หนูที่ลำต้นสูงประมาณ 1.50 เมตร ลำต้นมีสีเขียวและมีลายยาวเป็นทางสีม่วงที่ลำต้นมีขนประปรายมีการแตกกิ่งประมาณ 3-5 กิ่ง ใบมีสีเขียวเข้ม รูปร่างของใบเป็นรูปหอกขอบของใบเป็นคลื่น ใบมีขนปานกลาง ใบแก่ยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 3-4 เซนติเมตร อายุการเกิดดอกแรกประมาณ 44 วันหลังเมล็ดงอก กลีบดอกมีสีขาว

ผลมีขนาดเล็กเรียวยาว ผลขนาดยาวประมาณ 4.5 เซนติเมตร กว้าง 0.7 เซนติเมตร ผลชี้ขึ้นเป็นส่วนมาก ผลอ่อนมีสีเขียวเข้ม ผลสุกมีสีแดงเข้ม ฐานผลเป็นรูปมนปลายผลแหลมและงอ ผิวผลย่นปานกลาง ก้านผลยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ความยาวของรกประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวของผล ผลใช้ได้ทั้งผลสดและผลแห้ง เมื่อทำพริกแห้งแล้วจะได้ผลพริกที่มีสีแดงเข้ม เป็นมัน กรอบ ตำหรือบดละเอียดได้ง่าย ผลเหยียดตรง ผิวเรียบ ก้านผลสีดำมีรสเผ็ดจัดมีจำนวนเมล็ดมาก น้ำหนักมากและทนต่อโรค อายุการเก็บเกี่ยวผลแก่ประมาณ 61-90 วันหลังเมล็ดงอก อายุการเก็บเกี่ยวผลสุกประมาณ 91-120 วันหลังเมล็ดงอก

สำหรับพริกพันธุ์จินดาที่ผลิตเพื่อส่งออกนั้นจะต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีสีเขียวล้วนหรือแดงล้วน ความยาวจากโคนผลถึงปลายผล 3 เซนติเมตร เนื้อหนา มีก้านผล เมล็ดไม่โผล่ ผิวเรียบมัน สดและไม่มีแมลงทำลาย

6) พันธุ์จินดายอดสน เป็นพริกขี้หนูพันธุ์ท้องถิ่นสามารถใช้บริโภคได้ทั้งผลสดและผลตากแห้ง ลักษณะลำต้นตั้งตรง ความสูงของต้นเมื่อเกิดดอกแรกประมาณ 50 เซนติเมตร ส่วนความสูงของลำต้นเมื่อโตเต็มที่หรือระยะสุดท้ายของการเก็บเกี่ยวประมาณ 100 เซนติเมตร ลำต้นมีสีเขียวและมีขนประปรายมีการแตกกิ่งดี มีข้อถี่จึงให้ผลดก ใบมีสีเขียวเข้ม ใบเป็นรูปหอก ขอบของแผ่นใบเป็นคลื่น ใบมีขนประปราย ใบแก่ยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 3-4 เซนติเมตร กลีบดอกมีสีขาว

ติดผลดก ผลชี้ขึ้น ผลมีขนาดเล็กเรียวยาว ผลยาวประมาณ 4.5 เซนติเมตร ความกว้างของผลน้อยกว่าพันธุ์จินดา ก้านผลออกสีน้ำตาล ก้านผลยาวประมาณ 3.5 เซนติเมตร ไม่มีจุดสีม่วงที่ผลผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีเขียวเข้ม ฐานของผลเป็นรูปมน ปลายผลมน ผลมีลักษณะงอ ผิวผลย่นปานกลาง เนื้อหนา น้ำหนักดี มีเมล็ดมาก ความยาวของรก ประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวของผล ผลสดมีกลิ่นเหม็นเขียว มีความเผ็ดมาก เมื่อนำไปตากแห้ง จะได้พริกแห้งสีแดงสด น้ำหนักพริกสด 10 กิโลกรัมเมื่อทำพริกแห้งจะได้ 3.5 กิโลกรัม

7) พันธุ์พิจิตร 1 เป็นพริกชี้ฟ้าลูกผสม ปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ โดยศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร และกรมวิชาการเกษตร ได้พิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2540 เป็นพริกที่มีผลขนาดใหญ่ ใช้บริโภคได้ทั้งผลสดและแห้ง แต่นิยมทำพริกแห้ง สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ซึ่งมีดินร่วนหรือร่วนปนทราย ไม่เป็นพื้นที่ซึ่งมีดินเหนียวจัด มีการระบายน้ำดี สามารถปลูกได้ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ลำต้นมีสีเขียว ข้อของลำต้นมีสีม่วง ลำต้นสูง 117 เซนติเมตร ความกว้างของทรงพุ่ม 104 เซนติเมตร ใบมีสีเขียว รูปร่างของใบเป็นแบบรูปหอกยาว ใบยาว 10.4 เซนติเมตร กว้าง 3.7 เซนติเมตร กลีบดอกมีสีขาว ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกและแห้งมีสีแดง ขนาดของผลยาว 11 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร ความหนาของเนื้อผลสด 1.16 เซนติเมตร ความหนาของเนื้อผลแห้ง 0.25 มิลลิเมตร ผิวพริกแห้งค่อนข้างเรียบ เมล็ดมีสีเหลือง อัตราส่วนของพริกสดต่อพริกแห้งเท่ากับ 4.5 ต่อ 1

พริกชี้ฟ้าพันธุ์พิจิตร 1 ให้ผลดก เก็บเกี่ยวได้เร็ว เก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกได้เมื่ออายุ 78 วัน และเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้ายเมื่ออายุ 150 วันหลังปลูก ให้ผลผลิตพริกแห้งประมาณ 378 กิโลกรัม/ไร่ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตพริกแห้งมีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาดคือ เมื่อพริกแห้งจะมีผิวค่อนข้างเรียบเป็นมัน ใช้เวลาตากแห้งเพื่อทำพริกแห้งประมาณ 3-7 วัน

ข้อจำกัดของพริกชี้ฟ้าพันธุ์พิจิตร 1 ก็คือ ไม่ต้านทานโรคกุ้งแห้งหรือโรคแอนแทรกโนส ดังนั้นในการปลูกช่วงฤดูฝนถ้าเกิดฝนตกติดต่อกันหลายวัน ควรฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคกุ้งแห้งหรือแอนแทรกโนสที่เกิดกับพริกด้วย

8) พันธุ์จินดาลาดหญ้า เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพริกพันธุ์จินดายอดสน แต่ผลมีขนาดเล็กกว่าคือผลยาวประมาณ 3.7 เซนติเมตร ผลมีลักษณะเรียวยาว เนื้อหนา เมื่อนำไปทำพริกแห้งจะได้พริกแห้งสีแดงสดออกส้ม ก้านผลออกสีน้ำตาล ก้านผลยาวประมาณ 3 เซนติเมตร

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

9) พริกสร้อย ลักษณะประจำพันธุ์ของพริกสร้อยคือ ลักษณะผลจะชี้ลงเป็นส่วนใหญ่ ผลดิบมีสีเขียวแก่ ผลสุกมีสีแดงเข้ม มีเนื้อมาก นิยมใช้ทำพริกแห้งเนื่องจากมีสีสวยและตากให้แห้งได้เร็ว ส่วนผลสดจะนำไปใช้ทำน้ำพริก เพราะมีความเผ็ดน้อย

10) พริกนิ้วมือนาง ลักษณะประจำพันธุ์ของพริกนิ้วมือนางคือ ผลจะชี้ลงเป็นส่วนมาก มีผลชี้ขึ้นเป็นส่วนน้อย ผลดิบมีสีขาวหรือเขียวอ่อน เมื่อแก่จะมีสีเข้มขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีส้มแดงในที่สุด แกนมีขนาดเล็ก มีเมล็ดน้อย เมื่อตากจนแห้งแล้วผลจะแบน สีซีดและปริมาตรของผลจะลดลงครึ่งหนึ่ง ส่วนข้อเสียของพริกนิ้วมือนางก็คือ ไม่ทนต่อโรคกุ้งแห้งและหนอนเจาะผล

11) พริกชลบุรี ลักษณะลำต้นมีข้อห่างๆ ขนาดของผลจะยาวและใหญ่กว่าพริกจินดายอดสน ความยาวของผลประมาณ 7 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.8 เซนติเมตร เนื้อบาง มีเมล็ดน้อย ก้านผลสั้น เมื่อทำพริกแห้งจะได้พริกแห้งสีแดงเข้มและมักมีรอยด่างขาวที่ผล น้ำหนักผลสด 10 กิโลกรัมสามารถทำพริกแห้งได้ 3 กิโลกรัม

12) พันธุ์บางช้าง เป็นพริกชี้ฟ้าที่มีลักษณะลำต้นค่อนข้างเตี้ย ใบหนาใหญ่และมีสีเขียวอ่อน ผลใหญ่ยาวเรียว ผลชี้ลงดิน ผิวผลขรุขระ ผลอ่อนจะมีสีเขียวอ่อน ผลสุกจะมีสีแดงเข้ม เมื่อนำผลไปตากแห้งผิวจะย่นมาก

2.1.2 วิธีการปลูกพริก

2.1.2.1 สภาพการปลูกพริกในประเทศไทย

จากสภาพพื้นที่และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกพริกแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ทำให้การปลูกพริกของเกษตรกรแตกต่างกัน การปลูกพริกในประเทศไทย สามารถแบ่งตามสภาพการเพาะปลูกได้ 2 ลักษณะคือ (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 36)

1) การปลูกในสภาพไร่ เป็นแหล่งผลิตส่วนใหญ่ของประเทศ เหตุที่จำเป็นต้องปลูกพริกในสภาพไร่ก็เพราะขาดแคลนแหล่งน้ำ การปลูกจะต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ดังนั้นพันธุ์ที่ใช้ปลูก นิยมใช้พันธุ์ที่ทนแล้ง เกษตรกรมักใช้ปุ๋ยและสารเร่งการเจริญเติบโตในปริมาณที่จำกัด แต่ขนาดพื้นที่ที่เกษตรกรปลูกพริกนั้นจะมีขนาดใหญ่กว่าการปลูกในสภาพสวน ด้วยสาเหตุที่มีขีดจำกัดหลายประการที่กล่าวมาแล้วนี้ จึงส่งผลทำให้ผลผลิตที่ได้ ไม่สามารถควบคุมการผลิตและคุณภาพของผลผลิตให้สม่ำเสมอได้

2) การปลูกในสภาพสวน เป็นแหล่งที่มีการควบคุมระยะเวลาปลูก ลักษณะผลผลิต และปริมาณการผลิตได้ค่อนข้างดี ทั้งนี้เพราะว่าการปลูกในสภาพสวน สามารถควบคุมระดับน้ำและวิธีการให้น้ำได้อย่างเหมาะสม เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณค่อนข้างสูง มีทักษะในการเกษตรกรรม แต่ค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานมักจะสูงกว่าการปลูกในสภาพไร่

2.1.2.2 วิธีการปลูก

การปลูกพริกในปัจจุบันสามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ การหยอดเมล็ดที่ยังไม่งอกลงในหลุมบนแปลงปลูก และการเพาะเมล็ดให้เป็นต้นกล้าก่อนแล้วจึงย้ายไปปลูก จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ปลูก สภาพพื้นที่ปลูก และความสะดวกของเกษตรกร (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 41)

1) หยอดเมล็ดลงในหลุมปลูกโดยตรง โดยการหยอดเมล็ดหลุมละ 3-5 เมล็ด การปลูกวิธีนี้เหมาะกับการปลูกพริกในพื้นที่ขนาดใหญ่ เพราะไม่ต้องเสียเวลาและแรงงานในการย้ายกล้าลงแปลงปลูกอีก แต่การปลูกวิธีนี้เมล็ดหรือต้นอ่อนอาจถูกมดหรือแมลงรบกวนทำความเสียหายได้ง่าย นอกจากนี้ถ้าระบบชลประทานไม่ดีพอหรือเกิดฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน อาจทำให้ต้นอ่อนหรือเมล็ดตายได้ ทำให้ต้องปลูกซ่อมใหม่หลายครั้งและสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์มาก เมื่อต้นพริกอายุประมาณ 1 เดือน ให้คัดเอาต้นที่ไม่แข็งแรงออกเหลือไว้หลุมละ 1 ต้น โดยใช้กรรไกรตัดแทนการถอน เพื่อไม่ให้พริกต้นอื่นๆ ได้รับความกระทบกระเทือน

2) เพาะเมล็ดให้งอกก่อนแล้วนำไปหยอดหลุม โดยเริ่มจากการนำเมล็ดพริกแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน และทำการคัดเมล็ดที่ลอยน้ำออก แล้วใช้ผ้าที่ชุ่มชื้นห่อเก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 2-3 วัน เมื่อเมล็ดเริ่มงอกเป็นตุ่มเล็กๆ จึงนำไปหยอดหลุมๆ ละ 2-3 เมล็ด เมื่อต้นพริกอายุได้ประมาณ 1 เดือน ให้ใช้กรรไกรตัดทิ้ง ให้เหลือไว้หลุมละ 1 ต้น การปลูกด้วยวิธีนี้จะดีกว่าวิธีแรก เพราะการงอกของเมล็ดจะเร็วกว่า

3) เพาะเป็นต้นกล้าก่อนจึงย้ายไปปลูก เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกน้อยนิยมปลูกด้วยวิธีนี้ เพราะได้ต้นพริกที่แข็งแรงและสูญเสียเมล็ดพันธุ์น้อย แต่มีข้อเสียคือ จะเสียเวลาและแรงงาน

2.1.2.3 โรคและแมลงศัตรูพริก

ในการปลูกพริกมักพบปัญหาเรื่องโรคและแมลงศัตรูรบกวน สร้างความเสียหายเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงที่มีโรคหรือแมลงศัตรูระบาดรุนแรง ทำให้พริกมีราคาแพง โรคที่สำคัญและทำให้เกิดความเสียหายมาก คือ โรคกุ้งแห้ง นอกจากนี้ยังมีโรคอื่นอีกมาก การพ่นสารเคมี ควรพ่นสารเคมีป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชตามความจำเป็น ซึ่งเกษตรกรควรได้ทำความเข้าใจถึงสาเหตุ ลักษณะอาการ ตลอดจนวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้อง (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 51)

1) โรคกุ้งแห้ง หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โรคแอนแทรกโนส เป็นโรคที่สร้างความเสียหายกับพื้นที่ปลูกพริกอย่างมาก โรคกุ้งแห้งมักจะระบาดมากในระยะที่ผลผลิตกำลังเจริญเติบโต ผลจะมีแผลใหญ่หรืออาจจะเน่าเสียไปก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้ได้ผลผลิตน้อยลง

ผลพริกไม่สวยและราคาตกต่ำ โรคกุ้งแห้งเป็นโรคที่พบมากและระบาดในไร่หรือสวนที่มิได้ใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อรา ความเสียหายที่เกิดจากโรคนี้ในแต่ละท้องถิ่นจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น พื้นที่ที่มีความชื้นสูง หรือมีฝนตกชุก หากเกิดโรคนี้ขึ้นแล้วไม่ได้พ่นสารป้องกันกำจัด การระบาดของโรคจะรวดเร็วและกระจายได้อย่างกว้างขวางมาก หากเกิดกับพริกชี้ฟ้าจะระบาดได้รวดเร็วกว่าพริกขี้หนู และโรคนี้สามารถติดต่อไปกับเมล็ดได้ ดังนั้นไม่ควรนำพริกที่เป็นโรคกุ้งแห้งไปทำพันธุ์

โรคกุ้งแห้งของพริกในประเทศไทย เกิดจากเชื้อรา 3 ชนิดด้วยกัน ชนิดแรกคือ เชื้อรา *Collectotrichum pipratum* ทำให้เกิดแผลวงกลมหรือวงรีรูปไข่ แผลมีสีไม่ค่อยดำมาก ชนิดที่สองคือ เชื้อรา *Collectotrichum capsici* แผลจะขยายกว้างออกไปไม่มีขอบเขตจำกัด จนอาจทำให้แผลมีรูปร่างเป็นวงกลมหรือวงกลมรูปไข่ต่อไปอีก และมีลักษณะอาการคล้ายคลึงกับแผลที่เกิดจากเชื้อราชนิดแรก ผิดกันตรงที่ไม่มีเส้นใยสีดำสั้นๆ ที่งอกขึ้นมาบนแผล

2) โรคกล้าเน่าตายที่เกิดจากเชื้อรา *Phthium* sp. *Phytophthora* sp. *Fusarium* sp. และ *Rhizoctonia* sp. เชื้อโรคที่ทำให้ต้นกล้าของพริกตายนั้น ส่วนมากเป็นเชื้อโรคที่อาจติดมาจากภายนอกหรือภายในเมล็ดพันธุ์ เช่น เชื้อโรคแอนแทรกโนส หรือเป็นเชื้อที่ชอบอาศัยอยู่ในดินอยู่แล้ว

3) โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas solanacearum* ต้นพริกที่เป็นโรคนี้ จะแสดงอาการเหี่ยวทั้งต้นในวันที่มีอากาศร้อนจัดหรือแดดจัด และอาจจะฟื้นในเวลากลางคืน ซึ่งต้นพริกจะแสดงอาการเช่นนี้อยู่ประมาณ 2-3 วัน แล้วก็จะเหี่ยวโดยไม่ฟื้นและตายไปในที่สุด การเหี่ยวของต้นพริกที่เป็นโรคนี้ จะไม่แสดงอาการใบเหลืองของใบที่อยู่ตอนล่างๆ มาก่อนเลย ถ้าถอนต้นที่มีอาการดังกล่าวมาดูจะพบว่ารากเน่า และเมื่อเฉือนผิวของลำต้นตรงใกล้ระดับคอดินดูจะพบว่า เนื้อเยื่อที่เป็นท่อลำเลียงอาหารช้ำและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน

4) โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* โรคนี้หลังจากเกิดครั้งหนึ่งแล้วเชื้อก็จะอาศัยอยู่ในดินปลูกตลอดไปได้โดยไม่มีกำหนด โดยอาศัยเกาะกินเศษซากพืชและอินทรียวัตถุอื่นๆ ที่มีอยู่ในดินนั้น หากปลูกพืชซ้ำลงไปก็จะเกิดโรคขึ้นติดต่อกันไปได้เรื่อยๆ การระบาดส่วนใหญ่เชื้อจะติดไปกับดิน น้ำ จอบ ไถ คราด ล้อรถยนต์ หรือรถแทรกเตอร์ หรือติดไปกับต้นกล้า

5) โรครากเน่าและโคนเน่า เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* พริกที่เป็นโรคนี้จะเริ่มมีอาการใบเหลืองแล้วร่วงจนทรงพุ่มโปร่งบาง ต้นพริกเหี่ยวยืนต้นตาย มักพบต้นพริกตายเพราะโรคนี้ในขณะที่กำลังมีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรืออยู่ในระหว่างการผลิดอกออกผล เกษตรกรมักเรียกพริกที่มีอาการดังกล่าวว่าพริกหัวโกร๋นด้วยเช่นกัน แต่พริกที่เป็นโรครากเน่าและ

โคนเน่านี้ยอดจะไม่แห้งและหลุดไป โคนต้นและรากพริกจะเน่า เนื้อเยื่อเป็นสีน้ำตาล และที่โคนต้นมีลักษณะเป็นสีขาว บางเส้นมีขนาดใหญ่เท่าเส้นด้ายแทรกอยู่ระหว่างก้อนดิน นอกจากนี้ยังพบเม็ดกลมเล็กๆ เกิดจากเส้นใยของเชื้อราที่เจริญรวมกันเป็นก้อนแข็งกลม ซึ่งจะเป็นสีน้ำตาลและสีดำ เม็ดเชื้อรามักจะชิดติดกับรากหรือโคนต้น หรือแทรกอยู่ระหว่างก้อนดินที่อยู่ชิดติดโคนต้น เม็ดเชื้อรานี้มีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมไปได้นาน ตราบเท่าที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกลับคืนมาใหม่ซึ่งเป็นเวลานับปี ในเวลาที่มีอากาศชื้นหรือมีความชื้นที่โคนต้นสูงมากๆ เชื้อราจะเจริญเติบโตดี อาจเจริญเป็นเส้นใยสีขาวแผ่ขึ้นไปตามลำดับได้สูงถึง 3-4 นิ้ว

6) โรคยอดและกิ่งแห้ง เกิดจากเชื้อรา *Choamepahora cucubitarum* Thaxt. ลักษณะอาการของโรคนี้ คือ ส่วนยอด เช่น ใบอ่อน ดอก และผลอ่อน จะเน่าเสียเป็นสีน้ำตาลไหม้ ถ้าอากาศมีความชื้นสูงมากๆ จะเห็นเส้นใยราสีขาวหยาบๆ ขึ้นเป็นกระจุกบนเนื้อเยื่อสีน้ำตาล เส้นใยเหล่านี้เจริญตั้งตรงขึ้นมาจากใบ มีลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ ที่ปลายเส้นใยโป่งออกไปเป็นก้อนสีดำเล็กๆ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ถ้าอากาศแห้งเส้นใยเหล่านี้จะแห้งหลุดหายไป ยอดพริกจะแตกยอดไม่ได้

7) โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Canthomonas vesicatoria* อาการเริ่มแรกเป็นจุดช้ำน้ำขนาดเล็กกว่าหัวเข็มหมุดบนใบ ต่อมาจุดดังกล่าวจะขยายใหญ่ขึ้นจนมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร เนื้อเยื่อตรงกลางจุดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีขอบแผลเป็นเนื้อเยื่อสีดำนูนขึ้นมาเล็กน้อยรอบๆ ขอบแผล เนื้อเยื่อมีสีเหลืองจางๆ แผลที่เป็นจุดดังกล่าวจะไม่ขยายใหญ่ต่อไปอีก ใบที่มีหลายๆ จุดมักจะเหลืองและร่วงในเวลาต่อมา

8) โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวก ดังนี้ (ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์, ม.ป.พ. : 57)

พวกที่ 1 สาเหตุจากเชื้อรา *Cercospora* sp. โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรานี้เป็นโรคปกติธรรมดาที่สามารถพบได้ทั่วไปในทุกแห่งที่มีการปลูกพริก โดยจะเกิดกับใบแก่เพียง 2-3 ใบที่อยู่ตอนล่างของต้น อาการเริ่มแรกจะเริ่มเป็นจุดช้ำน้ำขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม แล้วค่อยๆ ขยายใหญ่ขึ้นจนแผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 มิลลิเมตร เนื้อเยื่อตรงกลางแผลจะแห้งบาง เป็นสีน้ำตาลหรือเทาอ่อน ขอบแผลมีสีน้ำตาลอมแดง ตรงกลางแผลมีราสีเทาหรือสีดำอ่อนๆ ขึ้นเป็นกลุ่มๆ ซึ่งมองเห็นได้ยากด้วยตาเปล่า ต้องใช้แว่นขยายช่วยจึงจะมองเห็นชัด แผลดังกล่าวนี้อาจจะขยายมารวมติดกันกลายเป็นแผลใหญ่ทำให้รูปร่างไม่แน่นอน เนื้อเยื่อตรงกลางแผลจะแห้งกรอบเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาบางกว่าปกติและอาจจะฉีกขาดหายไปหากมีแผลใหญ่หลายๆ

แผลอยู่บนใบเดียวกัน จะทำให้ใบแห้งและร่วงไปก่อนกำหนด ทำให้ต้นไม่สมบูรณ์และผลผลิตน้อยลง สำหรับในระยะที่เป็นรุนแรงใบจะร่วงหมดทั้งต้น จะมีผลทำให้ต้นโทรมและไม่ออกผล

พวกที่ 2 สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Akternaria* sp. อาการเริ่มแรกจะเห็นเป็นแผลวงกลมสีน้ำตาล แผลทางด้านหลังใบจะมีสีอ่อนกว่าด้านท้องใบ แผลขยายวงกว้างออกไปจนเป็นแผลใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร บางแผลจะมีขอบแผลสีเหลือง ใบที่มีแผลใหญ่แต่เพียงแผลเดียวก็อาจจะมีใบเหลืองและร่วงได้ เชื้อรานี้เวลาเจริญออกไปตามแผลจะเห็นเป็นวงสีน้ำตาลซ้อนกัน ถ้าอากาศชื้นบนวงสีน้ำตาลจะมีสปอร์ของเชื้อราสร้างขึ้นปกคลุมบนแผลด้านท้องใบ มองดูเป็นผงสีน้ำตาลไหม้

9) โรคราแป้ง เกิดจากเชื้อรา *Oidopsis* sp. เป็นโรคที่ระบาดมากในช่วงที่สภาพอากาศแห้ง เมื่อสภาพอากาศเหมาะสมการระบาดจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และมักเกิดกับพริกในระยะที่กำลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ลักษณะอาการของโรคนี้ คือ เชื้อราจะจับตัวกันเป็นผงหรือขุยสีขาวคล้ายผงแป้งอยู่ที่ใบ ผงสีขาวนี้เป็นเส้นใย และสปอร์ของเชื้อราขึ้นเป็นกลุ่มกระจัดกระจายทั่วๆ ไป เนื้อเยื่อด้านบนใบที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีสีเหลือง ดังนั้นจึงสามารถสังเกตเห็นโรคนี้ได้ง่ายเพราะใบมีสีเหลืองไม่สม่ำเสมอกัน พอนานไปบนเนื้อเยื่อสีเหลืองนี้อาจมีจุดละเอียดสีน้ำตาลเกิดขึ้น เนื่องจากการขยายของเนื้อเยื่อ ใบที่มีอาการดังกล่าวนี้จับแต่เพียงเบาๆ ก็จะร่วงหลุดออกมาอย่างง่ายดาย โดยปกติใบที่เหลืองมากๆ เพราะมีเชื้อราเกาะทั่วไปจะร่วงหล่น ทำให้ต้นโทรมไปอย่างรวดเร็ว

10) โรคราน้ำค้าง เกิดจากเชื้อรา *Peronospora tabacina* ซึ่งนอกจากจะเกิดกับพริกแล้ว ยังเกิดขึ้นได้กับมะเขือเทศ มะเขือยาว มันฝรั่ง และยาสูบด้วย ลักษณะอาการของโรคนี้ คือ ด้านบนของใบจะเกิดแผลจุดเซลล์ตายสีเหลือง ส่วนด้านใต้ตรงกับที่เกิดแผลจะปรากฏกลุ่มเส้นใยและสปอร์สีขาวหรือเทาอ่อนๆ เป็นขุยออกมาจากผิวใบ เมื่อเป็นนานๆ จะทำให้ใบเหลืองทั้งใบและอาจจะร่วงหลุดออกจากต้น ทำให้ต้นโทรม ให้ผลผลิตน้อยลง ในระยะกล้าหรือต้นอ่อนหากเกิดโรคจะมีความรุนแรงกว่าต้นแก่หรือต้นที่โตแล้ว เพราะอาจทำให้กล้าตายทั้งต้น และบางครั้งจะพบว่ากล้าถูกทำลายหมดทั้งแปลงภายใน 2-3 วัน

11) โรคผลเน่า เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ลักษณะอาการของโรคผลเน่าเริ่มจากผลพริกจะมีแผลเกิดขึ้น ซึ่งผลที่เกิดมีสาเหตุมาจากเหตุอื่นๆ ก่อน เช่น ขาดธาตุแคลเซียมและขาดธาตุโพแทสเซียม ซึ่งทำให้เนื้อเยื่อของผลพริกขาวซีด แห้งซีดและแห้งตาย แผลเกิดจากโรคกุ้งแห้งของพริก แผลเกิดจากแมลงกัดกินและแมลงเจาะวางไข่ ฯลฯ แผลเหล่านี้เมื่อเนื้อเยื่อแห้งตายลงก็มักจะมีเชื้อราหลายชนิดขึ้นมาในภายหลัง ซึ่งเชื้อราเหล่านี้ลักษณะคล้ายผงกำมะหยี่สีดำ หากเก็บผลไว้นานเชื้อราจะระบาดติดต่อกัน ทำให้พริกเสียหายมากขึ้น ลักษณะของ

แผลมองดูแล้วคล้ายๆ โรคกุ้งแห้งของพริก จนอาจทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นโรคเดียวกันได้ จึงมักเรียกโรคนี้อีกชื่อหนึ่งว่า โรคกุ้งแห้งเทียม

12) โรคต้นและใบไหม้แห้ง เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora capsici* เป็นโรคที่สามารถเกิดขึ้นกับพริกได้ทุกระยะการเจริญเติบโตและทุกส่วนของต้น นอกจากนี้ยังเป็นโรคที่ก่อให้เกิดอาการได้หลายลักษณะ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอายุและส่วนของต้นพริกที่ถูกเชื้อเข้าทำลาย

13) โรคพริกที่เกิดจากไส้เดือนฝอย พริกที่ถูกไส้เดือนฝอยรากปมเข้าทำลายในระยะต้นกล้า จะทำให้ต้นกล้าแคระแกร็น ไม่เจริญเติบโต เมื่อย้ายกล้าที่มีไส้เดือนฝอยอยู่ในรากไปปลูก หรือปลูกในแหล่งที่มีไส้เดือนฝอยหนาแน่น จะทำให้กล้าพริกมีโอกาสตายสูงมาก

14) เพลี้ยไฟพริก เพลี้ยไฟพริกหรือเพลี้ยไฟ บางท้องถิ่นเรียก เพลี้ยแดงหรือเพลี้ยมะหลอด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Scirothrips dorsalis* Hoods เป็นแมลงที่มีขนาดเล็ก ถ้าดูด้วยตาเปล่าก็ต้องใช้การสังเกตให้ดี เพราะลำตัวเล็กผอมยาว ยาวเพียง 1 มิลลิเมตร มีสีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้มหรือสีฟางข้าว ตัวแก่มีปีก 2 คู่ เรียวยาว เคลื่อนไหวเร็ว ตัวอ่อนนั้นไม่มีปีก มีขนาดเล็กมากกว่าตัวแก่ และเคลื่อนไหวช้ากว่าตัวแก่ เพลี้ยไฟเจริญเติบโตจากไข่ที่ตัวแม่วางไว้ตามเนื้อเยื่อพืช ต่อมาไข่ก็จะเจริญเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนเมื่อออกไข่จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากพริกเช่นเดียวกับตัวแก่ เมื่อโตเต็มที่มักจะเข้าดักแด้ตามซอกมุมหรือตามพื้นดินโคนต้น เพื่อฟักตัวเป็นตัวแก่ต่อไป ระยะเวลาจากไข่มาเป็นตัวแก่ใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน

เพลี้ยไฟจะเจริญเติบโตได้ดีในเวลาที่แดดจัด อุณหภูมิสูง และความชื้นน้อย ยิ่งถ้ามีกระแสลมแรงๆ จะช่วยทำให้เพลี้ยไฟปลิวไปตกและระบาดในพื้นที่ที่อยู่ใกล้ๆ ได้อย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเพลี้ยไฟจึงระบาดได้มากในช่วงที่มีอากาศร้อน แห้งแล้ง และฝนไม่ตก ถ้ามีฝนตกมากๆ จะเป็นอุปสรรคต่อการแพร่ระบาดของเพลี้ยไฟ ในช่วงฤดูฝนเพลี้ยไฟจึงมีการระบาดค่อนข้างต่ำ เพราะฝนเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายของตัวแก่

15) เพลี้ยอ่อน ในบางท้องถิ่นเรียกเพลี้ยอ่อนว่า เพลี้ยเขียว เพลี้ยเหลือง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aphis gossypii* เป็นแมลงจำพวกปากดูด ลำตัวมีลักษณะอ้วนป้อม ขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร หรือปลายดินสอดำ พอจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ส่วนท้องใหญ่กว่าส่วนหลัง จึงมีลักษณะคล้ายผลฝรั่ง เพลี้ยอ่อนชอบอยู่รวมกันเป็นกลุ่มๆ ตามใต้ใบและยอดอ่อน ตัวอ่อนมีสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลืองอมเขียว ตัวแก่ลำตัวบางใสและไม่มีปีก เคลื่อนไหวได้ช้า หากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เพลี้ยอ่อนจะขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและมีจำนวนมาก อุณหภูมิที่พอเหมาะเพลี้ยอ่อนจะสามารถออกลูกได้ทั้งเป็นตัวและเป็นไข่ โดยที่ตัวเมียไม่ต้องผ่านการผสมพันธุ์ก็สามารถออกลูกได้

เพลี้ยอ่อนมักจะพบการระบาดได้ทั่วไปในสวนพริกที่มีอุณหภูมิสูง ไม่มีฝนตกหนัก และในท้องถิ่นที่มีการปลูกพริกใกล้เคียง หรือปลูกพริกสลับกับพืชอาหารของเพลี้ยอ่อนชนิดอื่น เช่น ถั่ว ฝ้าย และผักอื่นๆ การระบาดมักเกิดขึ้นเป็นหย่อมๆ ก่อน ถ้ามีปริมาณเพลี้ยอ่อนระบาดมาก จะสังเกตเห็นมดเดินไปมาและจะพบน้ำเหนียวๆ ตามใบพริก และบริเวณยอดหรือใบอ่อน บางครั้งก็มีราดำขึ้นอยู่ด้วย ราดำนี้เป็นผลเนื่องมาจากน้ำหวานเหนียวๆ ที่เพลี้ยอ่อนขับถ่ายออกมาและเป็นอาหารอย่างดีของเชื้อราที่ปลิวอยู่ในบรรยากาศ

16) ไรขาวพริก ในบางท้องที่เรียกว่าไรขาวกินพริกหรือเรียกว่าตัวไร มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Polyphagotarsonemus latus* Banks. ไรขาวไม่ใช่แมลง แต่เป็นสัตว์จำพวกเดียวกับแมงมุม ไรขาวมีรูปร่างลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดเล็กจนมองด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็น ผิวลำตัวขาวใส มองเห็นคล้ายจุดน้ำมันเล็กๆ ที่สะท้อนแสงอยู่ใต้ใบพริก มีขา 8 ขา แต่การเคลื่อนไหวช้า ไรขาวมีอายุสั้นมาก โดนระยะของชีวิตตั้งแต่เริ่มเป็นไข่จนถึงตัวแก่ใช้เวลาเพียง 3-5 วัน ระยะไข่และตัวอ่อนเป็นระยะที่สามารถทนทานต่อสภาพต่างๆ ได้สูงกว่าระยะตัวแก่

ไรขาวมักพบระบาดอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งที่มีการปลูกพริกอยู่เสมอๆ จึงมักพบไรขาวระบาดทำลายเป็นประจำกับพริกที่ปลูกตามสวนหลังบ้าน ส่วนพริกในไร่มักระบาดในช่วงที่มีความชื้นหรือมีฝนตกพรำๆ ติดต่อกันอย่างน้อย 7-10 วัน หรือในแปลงพริกที่ปลูกในต้นฤดูฝน อาจจะพบไรขาวเข้าทำลายกับพริกต้นใดต้นหนึ่งหรือเป็นทั้งกลุ่มหรือพริกบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่ไม่ได้รับการดูแลรักษาหรือดูแลรักษาไม่ทั่วถึง แล้วแพร่ระบาดมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากไรขาวมีวงจรชีวิตที่สั้น จึงทำให้ระบาดได้รวดเร็วมาก

17) หนอนผีเสื้อ เป็นหนอนที่มีลำตัวค่อนข้างอ้วน ผิวลำตัวเรียบในขณะยังเล็กๆ เมื่อออกจากไข่ใหม่ๆ จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มในต้นเดียวและแทะกินผิวใบ ลักษณะของหนอนในระยะนี้บริเวณใกล้หัวมีแถบสีดำพาดขวาง แต่เมื่อโตขึ้นจะค่อยๆ จางหายไป ในระยะต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีต่างๆ เช่น สีน้ำตาลดำ น้ำตาลปนเหลือง เป็นต้น ลำตัวอ้วน ส่วนหัวเล็กมีขีดสีดำตามยาวของลำตัว ส่วนหัวค่อนข้างเล็กกว่าลำตัว เคลื่อนไหวช้า พบระบาดอยู่ทั่วไปทุกแห่งเพราะมีพืชอาหารหลายชนิด หากบริเวณที่ปลูกพริกนี้มีพวกผัก ถั่ว หรือฝ้ายอยู่ก่อน หนอนจะระบาดเข้าทำลายพริกในระยะต่อมา หนอนชนิดนี้สามารถระบาดได้ตลอดปี แต่การทำลายจะรุนแรงในฤดูฝน

18) หนอนเจาะสมอฝ้าย หรือหนอนอเมริกัน ถือว่าเป็นหนอนอีกชนิดหนึ่งที่ร้ายแรงและพบอยู่เสมอในเวลาพริกออกผล เป็นหนอนที่มีลำตัวยาว ผิวลำตัวมีขนเล็กๆ ทั่วไป รอยต่อระหว่างปล้องเห็นชัด ส่วนหัวใหญ่ มีความยาวมากกว่าหนอนผีเสื้อ สีแตกต่างกัน เช่น สีน้ำตาลดำ เขียวปนเหลือง เขียวหรือน้ำตาลเทา หนอนชนิดนี้เมื่อถูกตัว จะดิ้นสะบัดหัว

อย่างแรง ในขณะที่ยังเล็กไม่อยู่เป็นกลุ่ม เป็นหนอนที่ระบาดอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะในแหล่งที่มีการปลูกข้าวโพดและฝ้าย การระบาดสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพริก อาหารและสภาพดินฟ้าอากาศ

19) มวนพริก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acathocoris scarbrator* ตัวเต็มวัยมีสีค่อนข้างดำ ลำตัวยาวประมาณ 13-15 เซนติเมตร บริเวณสันหลังอกปล้องแรกจะเป็นส่วนที่กว้างที่สุดของลำตัว คือ กว้างประมาณ 5 มิลลิเมตร หนวดมี 4 ปล้อง ปล้องสุดท้ายมีขนาดสั้นกว่าปล้องอื่นๆ ส่วนของหัวแคบและสั้นกว่าส่วนสันหลังของอกปล้องแรก มีเส้นปีกหนาแน่น ปากมี 4 ปล้อง ลำตัวขรุขระและมีขนละเอียดปกคลุม ระยะการเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 18-30 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียจะวางไข่มีลักษณะเป็นรูปกรวย ไข่มีสีน้ำตาลอ่อน ผิวเรียบเป็นมันสะท้อนแสง เมื่อไข่ใกล้จะฟักออกเป็นตัวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง ระยะการเป็นไข่ประมาณ 7-14 วัน จึงฟักออกเป็นหนอน ตัวหนอนเมื่อฟักออกจากไข่ใหม่ๆ มีขนาดค่อนข้างเล็ก ลำตัวยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร มีรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย หนวดและขาสีค่อนข้างดำ เส้นแบ่งระหว่างปล้องทางด้านบนของส่วนท้องเป็นสีแดงเห็นได้ชัด บริเวณหัวมีขนสีขาวปกคลุมเล็กน้อย เมื่อหนอนมีอายุมากขึ้นที่บริเวณส่วนหัว อก และท้องจะมีขนหรือเกร็ดสีขาวปกคลุม หนวดมีขนเล็กๆ ขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วไป หลังจากตัวหนอนเจริญเติบโตใกล้เป็นตัวเต็มวัย ขนและเกล็ดสีขาวจะค่อยๆ หายไปทางด้านของส่วนตัวจะมีรยางค์ยื่นออกมา มีลักษณะคล้ายฟันเลื่อยอยู่ทั้ง 2 ข้าง ระยะการเป็นตัวหนอนประมาณ 35-42 วัน ทำการลอกคราบ 5 ครั้งจึงเจริญไปเป็นตัวเต็มวัย

2.1.3 สารป้องกันกำจัดศัตรูพริก

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (Pesticide) เป็นชื่อทั่วไปที่ครอบคลุมถึงสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการคุ้มครองพืชและใช้ในการควบคุมศัตรูพืชต่างๆ เช่น แมลงและสัตว์ต่างๆ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรนิยมใช้นั้น สามารถจำแนกตามองค์ประกอบทางเคมีเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ (สาคร ศรีวิชัย, 2549) ได้แก่

สารประกอบอินทรีย์คลอรีน (Organochlorine Compound) ได้แก่สารอินทรีย์ต่างๆ ที่คลอรีนเป็นตัวทำให้เกิดพิษ เช่น ดีดีที อัลดริน เอนดริน อะโซดริน ฯลฯ สารกลุ่มนี้เป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี จึงสะสมอยู่ในระบบนิเวศและเกิดผลกระทบมากกว่าสารเคมีกลุ่มอื่น

สารประกอบอินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ (Organophosphorur Compound) ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีฟอสฟอรัสเป็นตัวทำให้เกิดพิษ เกษตรกรมักนิยมใช้สารกลุ่มนี้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพริก เพราะมีประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพริกสูงและพิษตกค้างอยู่ในพริกไม่นานเกินไป

สารประกอบคาร์บาร์เมต (Carbamate Compound) เป็นกลุ่มยาฆ่าแมลงที่ได้จากกรดคาร์บามิก ใช้ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้หลายชนิด สารพิษกลุ่มนี้จึงมีผู้นิยมใช้มาก โดยเฉพาะสารคาร์บาริล เนื่องจากมีพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงรวมถึงระยะเวลาของพิษตกค้างสั้น แต่มีข้อเสียคือ สารนี้จะผ่านเข้าสู่ร่างกายได้ดีทางผิวหนัง

สารไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) เป็นสารสังเคราะห์มีโครงสร้างพื้นฐานตามลักษณะโครงสร้างของไพรีทริน (Pyretrin) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่พบในดอกไพรีทรัม ซึ่งเป็นไม้ทรงพุ่มเตี้ยที่มนุษย์สกัดมาใช้กำจัดแมลง เพราะมีฤทธิ์ทำให้แมลงสลบและฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็ว มีพิษต่อมนุษย์น้อยมากและสลายตัวได้อย่างรวดเร็วในร่างกายคนและสัตว์เลี้ยง ไม่มีพิษตกค้าง สลายตัวได้ดีในสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มอินทรีย์คลอรีนถูกห้ามใช้เด็ดขาดในบางประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนประเทศไทยห้ามใช้ดีดีทีและดีลดรินในการเกษตร แต่ยังอนุญาตให้ใช้ได้ในทางอื่นๆ คือ ใช้ดีดีทีในการปราบยุงเพื่อป้องกันโรคมาลาเรียและใช้ดีลดรินในการกำจัดปลวก ส่วนสารในกลุ่มไพรีทรอยด์มีบทบาทในการนำมาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงทั่วไป เพราะมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากและยังไม่มีรายงานว่าเป็นสารก่อกลายพันธุ์หรือเป็นสารก่อมะเร็งในคน ดังนั้นจึงเหลือสารกำจัดแมลงที่มีพิษร้ายแรงและพิษปานกลางที่ส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์คือ สารประกอบกลุ่มฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาร์เมท (สาคร ศรีวิชัย, 2549)

ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพริกเกษตรกรนิยมใช้สารเคมี ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อตัวเกษตรกรผู้ใช้ และมีสารพิษตกค้างอยู่ในผลผลิตที่จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหรือเกิดผลกระทบต่อการค้าระหว่างประเทศในกรณีของการแปรรูปเพื่อการส่งออก ตลอดจนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งสภาพแวดล้อม (สมบัติ ศรีชูวงศ์ และคณะ, 2545)

2.2 สารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

2.2.1 ความรู้ทั่วไปและชนิดของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

2.1.1.1 โครงสร้างทางเคมี (Chemical structure) ของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

สารออร์แกนโนฟอสฟอรัส (Organophosphorus) เป็นสารประกอบกลุ่มหนึ่งซึ่งมีชื่อคุ้นเคยมากกว่า เรียกว่า สารกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphate) แต่ในทางเคมีเป็นชื่อที่สื่อความหมายได้ไม่เหมาะสมเท่ากับชื่อ “ออร์แกนโนฟอสฟอรัส” เพราะสารส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ไม่มีคุณสมบัติทางเคมีที่เป็นฟอสเฟตอย่างแท้จริง หากแต่สารทุกตัวเป็นอนุพันธ์ของฟอสฟอรัส

สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบ ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid, HPO_4) หรือกรดไธโอฟอสฟอริก (Thiophosphoric acid, $HSPO_3$) กรดทั้งสองชนิดนี้ต่างกันโดยถ้าเป็นพันธะคู่ของฟอสฟอรัสและออกซิเจนจะเป็นกรดฟอสฟอริก ถ้าเป็นพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์จะเรียกว่าเป็นไธโอฟอสฟอริก และเรียกอนุพันธ์ของสารกลุ่มนี้โดยรวมว่า กลุ่มไธออน (Thion)

ถ้าพันธะของฟอสฟอรัสที่เหลือทั้ง 3 จับกับสารกลุ่มอื่นโดยมีออกซิเจนคั่นกลาง จะเรียกว่า สารกลุ่มฟอสเฟต หรือ ไธโอฟอสเฟต ตามลำดับ (วินัย วนานุกูลและคณะ, 2552)

ในกรณีที่มีพันธะใดพันธะหนึ่งของฟอสฟอรัส เปลี่ยนจากจับกับออกซิเจนเป็นซัลเฟอร์ จะเรียกว่า สารกลุ่มฟอสโฟโรไธโอเอต (Phosphorothioate) ซึ่งใช้เรียกสารกลุ่มนี้ที่มีพันธะหนึ่งพันธะเป็นซัลเฟอร์ โดยไม่ต้องคำนึงว่าเป็นพันธะคู่หรือเดี่ยว แต่หากว่าพันธะระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์เป็นพันธะเดี่ยวเท่านั้น และยังมีพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสและออกซิเจนอยู่จะเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า กลุ่มฟอสโฟโรไธโอเอต (Phosphorofhiolate) และถ้ามีสองพันธะที่เป็นซัลเฟอร์จะเรียกว่า กลุ่มฟอสโฟโรไดโอเอต (Phosphorodithioate)

ถ้ามีพันธะหนึ่งของฟอสฟอรัสจับกับกลุ่มสารอื่นโดยตรง โดยไม่มีอะตอมของออกซิเจนหรือซัลเฟอร์คั่นกลาง จะเรียกว่า กลุ่มฟอสโฟเนต (Phosphonate) หรือฟอสโฟโนไธโอเอต (Phosphonothioate) และถ้ามีสองพันธะที่ไม่มีออกซิเจนหรือซัลเฟอร์คั่นกลางก็เรียกว่า ฟอสฟีเนต (Phosphinate) หรือ ฟอสฟีโนไธโอเอต (Phosphinothioate) ตามลำดับ

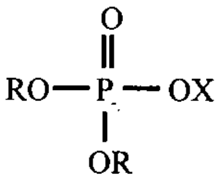
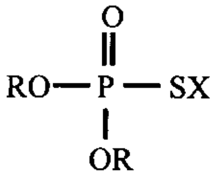
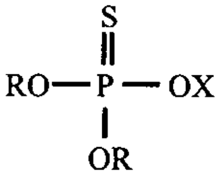
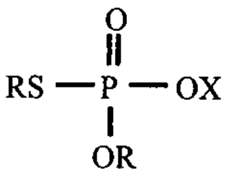
ถ้าพันธะเดี่ยวเปลี่ยนเป็นพันธะระหว่างฟอสฟอรัสและไนโตรเจน เรียกสารกลุ่มนี้ว่า ฟอสโฟรามิเดต (Phosphoramidate) หรือฟอสโฟโรอมิเดต (Phosphoroamidate) และฟอสโฟรามิโดไธโอเอต (Phosphoramidothioate)

สารเคมีกำจัดแมลงในประเทศไทยที่เป็นสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสส่วนใหญ่มักจะเป็นฟอสโฟโรไธโอเอต (Phosphorothioate) ฟอสโฟโรไดไธเอต (Phosphorodithioate) และฟอสเฟต (Phosphate) ตามลำดับ

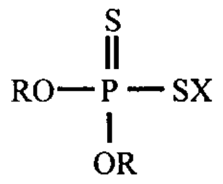
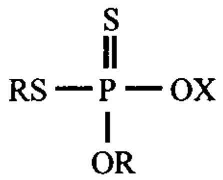
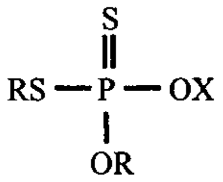
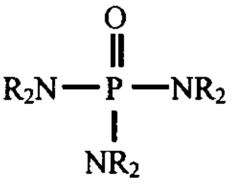
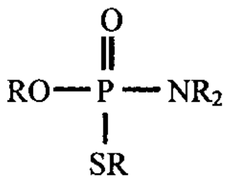
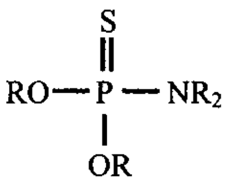
โครงสร้างพื้นฐานที่ต่างกันนี้ ก่อให้เกิดความแตกต่างของการทำปฏิกิริยาและความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกล่าวคือ กลุ่มออกซอนออกฤทธิ์ได้เร็วกว่ากลุ่มไธออนที่มีส่วนโครงสร้างในส่วนอื่นเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น Paraoxon ออกฤทธิ์เร็วกว่า Parathion เนื่องจากสารไธออนเป็นรูปที่ไม่มีฤทธิ์ (Inactive form) จะต้องถูกร่างกายเปลี่ยน (Metabolize) ให้กลายเป็นรูปออกซอนเสียก่อนจึงจะออกฤทธิ์ได้ อย่างไรก็ดีสารไธออนละลายในไขมันได้ดีกว่าออกซอนจึงมี

การกระจายตัวและสะสมในร่างกายได้มากกว่า เป็นผลให้เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะอยู่ได้นานกว่าออกซอน

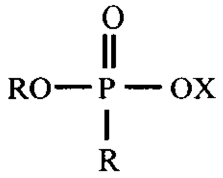
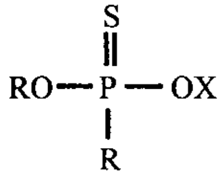
ตารางที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส (IPCX Intox databank, 2009)

Phosphorus group	**General structure**	**Common name**
Phosphate		chlorfenvinphos, crotoxyphos, dichlorvos, dicrotophos, heptenphos, mevinphos, monocrotophos, naled, phosphamidon, TEPP, tetrachlorvinphos
O-alkyl phosphorothioate	 	amiton, demeton-s-methyl, omethoate, oxydemeton-methyl, vamidothion azothoate, bromophos, bromophos-ethyl, chlorpyriphos, chlorpyriphos-methyl, coumaphos, diazinon, dichlofenthion, fenchlorphos, fenitrothion, fenthion, fensulfothion, iodofenphos, parathion, parathion-methyl, phoxim, pyrimiphos-ethyl, pyrimiphos-methyl, pyrazophos, sulfotep, emephos, thionazin
S-alkyl phosphorothioate		profenofos, trifenofos, prothiofos

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส (ต่อ) (IPCX Intox databank, 2009)

Phosphorus group	**General structure**	**Common name**
Phosphorodithioate		amidithion, azinophos-ethyl, azinophos-methyl, dimethoate, dioxathion, disulfoton, ethion, formothion, malathion, mecarbam, menazon, methidathion, morphothion, phenthoate, phorate, posalone, phosmet, phothoate
S-alkyl phosphorodithioate		sulprofos
Phosphoroamindate		cruformate, fenamiphos, fosthistan, mephosfolan, phosfolan
Phosphorotriamindate		triamiphos
Phosphorothioamindate		methamidophos, acephate
		isofenphos

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส (ต่อ) (IPCX Intox databank, 2009)

Phosphorus group	General structure	Common name
Phosphonate		butonate, trichlorfon
Phosphonothioate		cyanofenphos, EPN, leptophos, trichlornat

2.2.1.2 ชนิดของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

การจัดประเภทของสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส อาจแบ่งได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการจัดแบ่ง เช่น ลักษณะโครงสร้างทางเคมี ระดับความเป็นพิษ ลักษณะการใช้ในทางปฏิบัติและคุณสมบัติในการกำจัดแมลง

2.2.1.3 การจัดประเภทสารป้องกันและกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสตามลักษณะการใช้ในงาน

สารป้องกันและกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสตามลักษณะการใช้ในทางปฏิบัติออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (พรสุดา ชุนห์ลือชานนท์, 2549)

1) กลุ่มที่ 1 เป็นสารที่มีพิษฆ่าแมลงโดยการสัมผัส มีความคงทนต่ำ สารกลุ่มนี้สามารถละลายน้ำได้น้อยและสลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่เป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากออกฤทธิ์ฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็วและราคาถูก แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูง ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ เมวินฟอส (mevinphos) และเตทตระคลอวินฟอส (tetrachorvinphos)

2) กลุ่มที่ 2 เป็นสารกลุ่มที่เป็นพิษโดยการสัมผัสเช่นเดียวกันแต่สามารถดูดซึมผ่านเข้าในพืชได้บ้างเล็กน้อย แต่ไม่มีการคล้ายย้ายภายในต้นพืช ทำให้ฤทธิ์ฆ่าแมลงได้นานขึ้น มีความคงทนปานกลาง สารกลุ่มนี้ได้แก่ มาลาไธออน (malathion) พาราไธออน (parathion)

เมทธิลพาราไธออน (methyl parathion) ไดอะซินอน (diazinon) และเฟนิโตรไธออน (fenitrothion) สารในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นแตกต่างกัน เช่น มาลาไธออน เป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ แต่เมทธิลพาราไธออนและพาราไธออน (หรือเอทธิลพาราไธออน) มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูงกว่ามาลาไธออนมาก

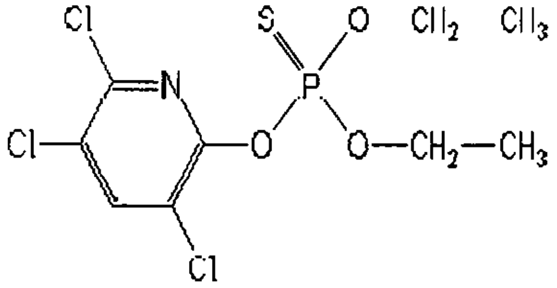
3) กลุ่มที่ 3 เป็นสารกลุ่มที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (systemic insecticide) สามารถละลายในไขมันและละลายน้ำได้ดีด้วย สามารถซึมผ่านชั้นไขที่ผิวใบพืชเข้าสู่เนื้อเยื่อและมีการลำเลียงเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของพืช แล้วออกฤทธิ์กำจัดแมลงที่กัดกินหรือดูดกินพืชนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนที่ผ่านทางรากไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืชได้ กรณีที่อยู่ในรูปเม็ดที่ใช้ใส่ทางดิน ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ โฟเรท (phorate) ไดเมทโธเอท (dimethoate) และโนโนโครโตฟอส (monocro tophos) นอกจากนี้สารในกลุ่มนี้ยังไม่ถูกชะล้างโดยน้ำหรือน้ำฝนและสามารถป้องกันการทำลายของแมลงในทุกส่วนของพืชที่สารเคลื่อนย้ายไปถึง แม้ว่าจะไม่ได้รับสารดังกล่าวโดยตรงก็ตาม

4) กลุ่มที่ 4 เป็นสารกลุ่มที่มีพิษทางการหายใจด้วย มีค่าความดันไอค่อนข้างสูง จึงสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิปกติและไอระเหยนั้นมีพิษฆ่าแมลงได้ด้วย สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูง แต่สามารถสลายตัวได้เร็วมาก (ประมาณ 1-3 วัน ภายหลังการใช้) ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ เช่น ไดโครวอส (dichlovos) เป็นต้น

2.2.2 การใช้ประโยชน์ของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสในการเกษตร

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรมักนิยมใช้สารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส เช่น สารพิษมาลาไธออน โฟลิดอนและฟอสดริน เนื่องจากสารพิษในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพดี ในการกำจัดศัตรูพืชและพิษตกค้างอยู่ในพืชไม่นานเกินไป บางชนิดจะมีพิษน้อยต่อมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น เช่น มาลาไธออน สำหรับมาลาไธออนนี้ใช้กำจัดศัตรูสัตว์ได้ด้วย เช่น ใช้กำจัดเห็บในวัวและสุนัข ปัจจุบันได้มีสารพิษในกลุ่มอื่นเข้ามาแทนในการกำจัดเห็บ เช่น เซฟวินและสารพวกไพรีทรอยด์สังเคราะห์ แม้ว่าสารพิษกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสบางชนิดจะมีพิษน้อยต่อมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น แต่บางชนิดก็มีพิษร้ายแรง เช่น โมโนโครโตฟอสเมทธิลพาราไธออนและเอทธิลพาราไธออน ถ้าสารพิษที่มีพิษร้ายแรงเข้าไปในร่างกายแต่เพียงเล็กน้อย อาจทำให้เกิดอาการได้และถ้ารับประทานเข้าไปโดยตรงอาจถึงตายได้ (สาคร ศรีวิชัย, 2549)

2.2.2.1 คลอร์ไพรีฟอส



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างคลอร์ไพรีฟอส

สูตรโมเลกุลทางเคมี $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$

น้ำหนักโมเลกุล 350.6

CAS Registry No. (รหัสสากลที่ใช้ในทางการค้า) : 292 1-88-2

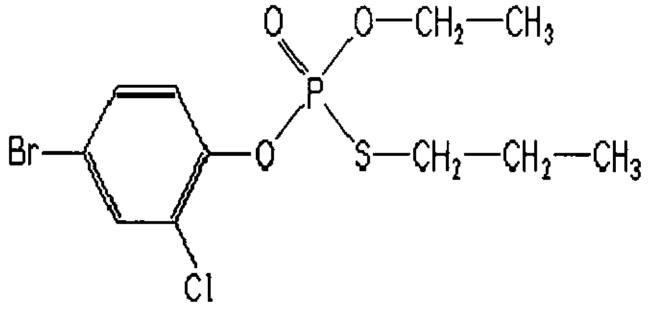
ชื่อทางวิทยาศาสตร์สำหรับคลอร์ไพรีฟอส คือ O,O-diethylO -3,5,6 -trichloro -2-pyridyl phosphorothioate สารปราบศัตรูพืชทั่วไปประกอบด้วยสารคลอร์ไพรีฟอสไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 82 และมีชื่อทางการค้าได้แก่ คลอเซน เดอร์สแบน อิเรเซอร์ โกพเวน ลอร์สแบน นิวฟอส ไพลอท แซสตัส วาร์ฮังค์ และไวท์วินด์ เป็นต้น สารคลอร์ไพรีฟอสที่ใช้ทั่วไปเป็นผลึกของแข็งสีขาวที่มีจุดหลอมเหลว 41.5-42.5 องศาเซลเซียส สารคลอร์ไพรีฟอสเสถียรสูง (มีความคงตัว) เมื่อละลายในน้ำมีสมบัติเป็นกรด อย่างไรก็ตามความเสถียรจะลดลงเมื่อค่าพีเอช (pH) ของสารละลายเพิ่มสูงขึ้นสารคลอร์ไพรีฟอสละลายได้บ้างในน้ำ แต่ละลายอย่างสมบูรณ์ในตัวทำละลายอินทรีย์ (เช่น อะซิโตน, ไซลีนและเมทิลลีนคลอไรด์) สารคลอร์ไพรีฟอสไม่ระเหยในสภาวะความดันไอต่ำถึง 1.87×10^{-3} มิลลิเมตรปรอทที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Merck Index, 11th edition) และสามารถระเหยได้สูงที่สุดถึง 25 ส่วนในล้านส่วนที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส

คลอร์ไพรีฟอสเป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสประเภทไม่ดูดซึม ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีพิษเฉียบพลัน (acute oral LD50) ทางปาก (หนู) 97-276 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและทางผิวหนัง (กระต่าย) 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ศัตรูที่กำจัดได้ คือ เพลี้ยอ่อน มด หนอนใยผัก หนอนผีเสื้อขาวกะหล่ำ หนอนกระทู้ต่างๆ หนอนเจาะสมอสีชมพู หนอนกอลาย เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด ไรแดง ไรสนิมส้ม เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง แมลงวันทอง แมลงหวี่ขาวและด้วงงวงเจาะสมอ พืชที่ใช้ได้แก่ ผักต่างๆ ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วลิสง

ถั่วเหลือง ข้าว อ้อย ยาสูบ ส้ม สตรอเบอร์รี่ แอสปารากัส ไม้ผล มะเขือเทศ ไม้ดอกและไม้ประดับทั่วไป (พรสุดา ชุนห์ลือชานนท์, 2549)

สูตรผสม 20%อีซี 40%อีซี และ 2.5%อีซี อัตราการใช้ ชนิด 20%อีซี ใช้อัตรา 25-90 ซีซี ผสมกับน้ำ 20 ลิตร ควรศึกษารายละเอียดจากฉลากเพิ่มเติมก่อนใช้ ผสมกับน้ำกวนให้เข้ากันดีแล้วฉีดพ่นให้ทั่วต้นพืช

2.2.2.2 โพรฟีโนฟอส



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโพรฟีโนฟอส

สูตรโมเลกุลทางเคมี $C_{11}H_{15}BrClO_{3}PS$

น้ำหนักโมเลกุล 373.65

CAS Registry No.(รหัสสากลที่ใช้ในทางการค้า) : 41198-08-7

ชื่อทางวิทยาศาสตร์สำหรับสารโพรฟีโนฟอส คือ O-(4-bromo-2-chlorophenyl) O-ethyl S-propyl phosphorothioate ชื่อทางการค้า ได้แก่ คูแรคตัน มาร์โค และเคลสเตรล สารโพรฟีโนฟอสที่ใช้ทั่วไปเป็นของเหลวสีเหลือง จุดเดือด 100 องศาเซลเซียส (ที่ความดัน1.8ปาสคาล) และความหนาแน่น 1.46 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วนสารโพรฟีโนฟอสที่บริสุทธิ์เป็นของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำมันสีน้ำตาลเหลืองมีจุดเดือด 110 องศาเซลเซียส (ที่ความดัน 0.001 มิลลิเมตรปรอท) สารโพรฟีโนฟอสนี้ละลายในน้ำได้ในปริมาณที่จำกัด (20 ส่วนในล้านส่วน) แต่มักจะละลายได้อย่างสมบูรณ์ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล อะซีโตน โทลูอีน นอร์มอล-ออกทานอล และนอร์มอล-เฮกเซน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สารโพรฟีโนฟอสมีความเสถียรในสภาวะที่เป็นกลางและเป็นกรดเล็กน้อย แต่ความเสถียรจะลดน้อยลงเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นด่างมากขึ้น

โพรฟีโนฟอสเป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสประเภทไม่ดูดซึม ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีพิษเฉียบพลันทางปาก (หนู) 358 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

และทางผิวหนัง (กระต่าย) 472 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ศัตรูพืชที่กำจัดได้คือ หนอนใยผัก หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้ยาสูบ หนอนกระทู้ความพระอินทร์ หนอนคืบกะหล่ำ ด้วงงวงเจาะสมอ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยกระโดด ไรฝ้าย พืชที่ใช้ได้แก่ ฝ้าย อ้อย มันฝรั่ง ยาสูบ ถั่วเหลือง หอม พริก ผักตระกูลกะหล่ำ องุ่น ข้าวโพดและผักอื่นๆ (พรสุดา ชุนห์ลือชานนท์, 2549)

สูตรผสม 50%อีซีและ 25%ยูแอลวี อัตราการใช้ กำจัดแมลงศัตรูพืชทั่วไปใช้อัตรา 40-60 ซีซี ผสมกับน้ำ 20 ลิตร กวนให้เข้ากันดีและฉีดพ่นให้ทั่วใบและต้นพืช เมื่อพบเห็นว่ามีแมลงศัตรูพืชระบาดให้ซ้ำได้ตามความจำเป็น

2.2.3 ความเป็นพิษของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

ลักษณะอาการของการได้รับสารพิษ อาการของพิษเฉียบพลันจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผู้ป่วยได้รับสารพิษหรือภายในเวลา 12 ชั่วโมง (มักจะเกิดภายในเวลา 4 ชั่วโมง) ระยะแรกผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลีย การทำงานของกล้ามเนื้อไม่ประสานกัน กล้ามเนื้อกระตุกตัวสั่น คลื่นไส้ เกิดตะคริวที่ท้อง ท้องร่วงและเหงื่อออกมาก นอกจากนี้จะเกิดอาการตาพร่า เกิดการสับสน แน่นหน้าอก หายใจลำบาก ไอและอาจเกิดอาการปอดบวมน้ำ ไม่สามารถควบคุมการขับถ่าย ไม่รู้สึกตัว หมดสติ ถ้าเกิดพิษอย่างรุนแรงจะมีอาการชัก หัวใจเต้นช้า น้ำลายและน้ำตาไหล อาการพิษทางโรคจิตจะมีอาการคุ้มคลั่งและมีพฤติกรรมที่ผิดปกติ ทำให้วินิจฉัยผิดว่าเป็นโรคสุรา การที่หัวใจเต้นช้าลงอาจทำให้ระบบหายใจถูกกด ผู้ป่วยอาจเสียชีวิต การได้รับสารพิษออร์แกนโนฟอสฟอรัสในขนาดปานกลางติดต่อกันไปทุกวันอาจทำให้เกิดอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ คือ อ่อนเพลีย เบื่ออาหารและไม่สบาย ผู้ป่วยบางรายหลังการได้รับสารพิษออร์แกนโนฟอสฟอรัสแล้วจะมีอาการทางโรคประสาทแตกต่างกันไป อาการของโรคจะเกิดขึ้นช้าๆ บางครั้งเมื่อได้รับพิษแล้วจะยังไม่เกิดอาการเป็นเวลาหลายวัน อาการที่พบมากคือ แขนและขาชา มีอาการปวดและอ่อนเพลีย สำหรับบางคนอาการจะกลับคืนปกติภายในเวลา 2-3 อาทิตย์ บางคนกล้ามเนื้อจะลีบและทำให้เป็นอัมพาตบางส่วน (สาคร ศรีวิชัย, 2549)

2.2.3.1 กลไกการเกิดพิษเฉียบพลันของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

กลไกหลักของการเกิดภาวะเป็นพิษเฉียบพลันของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสนั้น เกิดจากการที่สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) เป็นอันดับแรก เมื่อเอนไซม์ AChE ไม่สามารถทำลายสาร Acetylcholine (ACh) ได้ ทำให้เกิดการคั่งของ ACh ในตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย จึงเกิดภาวะเป็นพิษเฉียบพลันขึ้น(วินัย วนานุกูลและคณะ, 2552)

2.2.3.2 ลักษณะทางคลินิกของภาวะพิษเฉียบพลันจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส

1) ระยะเวลาการเกิดโรค (Onset) ของภาวะเฉียบพลัน

เมื่อผู้ป่วยสัมผัสสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส ในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดภาวะเป็นพิษนั้น ระยะเวลาการเกิดโรคแตกต่างกันในผู้ป่วยแต่ละรายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และวิธีที่สัมผัสสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสชนิดนั้นๆ สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ใช้เป็นอาวุธสงคราม เช่น Sarin มีระยะเวลาการเกิดโรค 5 นาที สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ใช้ในการเกษตรมีระยะเวลาการเกิดโรค และก่อให้เกิดภาวะเป็นพิษในช่วงเวลาต่างกัน อาจจะเร็วในเวลาเพียง 15 นาที หรือนานถึง 24 ชั่วโมง โดยส่วนใหญ่มักก่อให้เกิดอาการเป็นพิษในช่วงประมาณ 8 ชั่วโมงแรก

สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่มีสูตรโครงสร้างเป็นไธออน (Thion) เช่น Methyl parathion หรือ Malathion หรือ Chlorpyrifos มักก่อให้เกิดอาการเป็นพิษช้ากว่ากลุ่มออกซอน (Oxon) เช่น Monocrotophos หรือ Dicrotophos เพราะสารไธออนเป็นรูปที่ไม่มีฤทธิ์ต้องอาศัยเอนไซม์ไซโตโครม P450 (CYP450) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปออกซอน ซึ่งเป็นรูปที่มีฤทธิ์ (Active form) ก่อน อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเกิดโรคมักเกิดภายใน 24 ชั่วโมงแรกหลังได้รับสัมผัส โดยทั่วไปจึงแนะนำให้เฝ้าสังเกตอาการผู้ป่วยที่ได้รับสัมผัสออร์แกนโนฟอสฟอรัสไว้ 24 ชั่วโมง แต่ประสบการณ์ของศูนย์พิษวิทยารามาธิบดีพบว่าผู้ป่วยบางรายที่ได้รับสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสบางชนิดโดยเฉพาะ Methyl parathion ระยะเวลาการเกิดโรคอาจจะชะลอออกไปถึง 4 วันได้ กลไกที่ทำให้ระยะเวลาการเกิดโรคในผู้ป่วยเหล่านี้ชะลอนานเช่นนี้ ยังไม่ทราบแน่ชัด อาจจะเกิดจาก CYP450 ทำงานได้ช้าลงจากปฏิกิริยาระหว่างยา (Drug interaction) หรือผู้ป่วยอาจจะเป็นพหุสัณฐานชนิด Poor metabolizer ของ CYP450 บางชนิดได้ ซึ่งต้องได้รับการศึกษาต่อไป

2) ลักษณะทางคลินิก

ลักษณะทางคลินิกของภาวะเป็นพิษจากออร์แกนโนฟอสฟอรัสเป็นผลรวมของการที่มี Acetylcholine (Ach) คั่งใน 3 บริเวณคือ ตัวรับสัญญาณประสาท Muscarinic (mAChR) ตัวรับสัญญาณประสาท Nicotinic (nAChR) และตัวรับสัญญาณประสาท (AChR) ในสมอง มักเรียกลักษณะทางคลินิกในช่วงแรกนี้ว่า Cholinergic crisis ดังสรุปอยู่ในตารางที่ 2.2 จะสังเกตได้ว่าอาการหรืออาการแสดงทางคลินิกแต่ละชนิดนั้นจะพบได้ในความชุกที่ไม่เท่ากัน ในภาพรวมจะตรวจพบอาการและอาการแสดงของ mAChR ได้มากที่สุด ตามด้วยอาการทางสมองและอาการแสดงของ nAChR ตรวจพบได้น้อยที่สุด

ตารางที่ 2.2 ความชุกของอาการและอาการแสดงต่างๆ ที่พบในผู้ป่วยที่เป็นพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส (วินัย วนานุกูล, 2552 : 53)

อาการและอาการแสดง	ความชุก (ร้อยละ)
จากกระตุ้นตัวรับ Muscarinic (mAChR)	
• รูม่านตาเล็ก (Miosis)	76
• เสมหะในหลอดลม (Bronchial hypersecretion)	48
• น้ำลายไหล (Salivation)	45
• ถ่ายเหลว (Diarrhea)	30
• เหงื่อออก (Sweating)	20
• ชีพจรช้า (Bradycardia)	17
• กลั้นปัสสาวะไม่ได้ (Urinary incontinence)	13
• น้ำตาไหล (Lacrimation)	12
จากกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system)	
• ชัก (Seizure)	20
• หมดสติ (Unconsciousness)	17
• สับสน (Confusion/ restless)	13
จากกระตุ้นตัวรับ Nicotinic (nAChR)	
• กล้ามเนื้อพลิ้ว (Muscle fasciculation)	17
• ชีพจรเร็ว (Tachycardia)	17

เฉพาะอาการแสดงของ mAChR เองนั้น รูม่านตาเล็ก (Miosis) พบได้มากที่สุด ภาวะที่มีสิ่งคัดหลั่ง (Hypersecretion) และน้ำลาย (Salivation) มากพบได้รองลงมา ส่วนภาวะหัวใจเต้นช้า (Bradycardia) พบได้เพียงประมาณร้อยละ 17 อาการทางสมองที่พบคือ ชัก ซึมและหมดสติ พบได้เพียงร้อยละ 20 เท่านั้น

อาการและอาการแสดงของภาวะเป็นพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส แบ่งตามระบบของร่างกาย สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ระบบทางเดินหายใจ (Respiratory system) ผลของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสต่อระบบทางเดินหายใจนั้นมีความสำคัญที่สุดทั้งในระยะเฉียบพลัน และระยะกึ่ง

เฉียบพลัน และจัดเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของผู้ป่วยที่ได้รับพิษจากออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่สำคัญที่สุดกล่าวคือ

ในระยะเฉียบพลันการกระตุ้น mAChR ที่ทางเดินหายใจส่วนต้นทำให้มีน้ำมูก (rhinorrhea) น้ำลายและสิ่งคัดหลั่งตลอดทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ร่วมกับการอ่อนแรงของลิ้น กล้ามเนื้อในคอ (Pharyngeal muscle) และกล่องเสียง (Laryngeal muscle) รวมถึงสายเสียง ทำให้ผู้ป่วยอาจจะมีการอุดกั้นของทางเดินหายใจส่วนต้นได้ง่าย โดยอาจจะตรวจพบผู้ป่วยเสียงแหบ มีเสียงฮื้ด (Stridor) หรือหายใจเข้าลำบาก

ผลต่อระบบทางเดินหายใจส่วนล่างจะทำให้มีสิ่งคัดหลั่งและเสมหะ (Bronchospasm) ผู้ป่วยจึงมักหายใจลำบากและตรวจร่างกายพบมีเสียงหวีด (Wheezing) หรือเสียงกรอบแกรบอย่างหยาบ (Coarse crepitation) ได้มาก ส่วนผลจากการกระตุ้นที่ nAChR ทำให้กล้ามเนื้อเกี่ยวกับการหายใจอ่อนแรง ผู้ป่วยบางรายจึงอาจจะไม่มีแรงเพียงพอในการหายใจ นอกจากนั้นยังพบว่า ออร์แกนโนฟอสฟอรัสมีผลโดยตรงต่อศูนย์ควบคุมการหายใจ (Respiratory failure) ได้ง่าย

ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์ของออร์แกนโนฟอสเฟตบางชนิดมีตัวทำละลาย (Solvent) เช่น สารกลุ่ม Hydrocarbon ผสมอยู่ด้วย ซึ่งสารกลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติระคายเคืองต่อเยื่อบุทางเดินหายใจได้ อาจก่อให้เกิดภาวะปอดอักเสบจากการสำลักสารเคมี (Aspiration pneumonitis) และ Non-cardiogenic pulmonary edema ได้

ในระยะกึ่งเฉียบพลันเฉพาะผู้ป่วยจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสบางรายจะเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว จากกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจอ่อนแรง ถึงแม้ภาวะของ Cholinergic crisis จะควบคุมได้แล้ว กล้ามเนื้อที่อ่อนแรงนี้เป็นส่วนหนึ่งของภาวะ "Intermediate syndrome" ซึ่งจะกล่าวต่อไปในส่วนของผลต่อกล้ามเนื้อ

(2) ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system) เนื่องจาก mAChR และ nAChR มีอยู่ทั่วไปทั้งในสมองและไขสันหลัง การกระตุ้น AChR จึงมีผลให้เกิดอาการได้หลายรูปแบบ ที่พบบ่อยในระยะเฉียบพลันคือ ปวด มึนงงศีรษะ สับสน ชักและหมดสติ กลไกที่ทำให้เกิดการชักยังไม่ชัดเจน เชื่อว่าอาจจะเป็นผลของการที่มี Ach มากโดยตรง หรือการกระตุ้นผ่าน Glutamate ซึ่งเป็นสัญญาณประสาทสมองชนิดที่เป็นชนิดเร้า (Excitation) หรือยับยั้งระบบ GABA (Gamma aminobutyric acid-mediated system) สำหรับภาวะหมดสติเชื่อว่าเกิดจากฤทธิ์ที่มีต่อสมองส่วน Reticular activating system โดยตรง ส่วนการกดศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองมีผลให้เกิดภาวะหยุดหายใจ (Apnea) ได้

(3) ตา (Eye) การกระตุ้น mAChR ทำให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อม่านตา (Sphincter muscle of iris) และกล้ามเนื้อ Cilliary ของเลนส์ตา นอกจากนั้นยังกระตุ้นต่อมน้ำตา (Lacrimal gland) ทำให้ผู้ป่วยมีรูม่านตาเล็กและน้ำตามาก ภาวะรูม่านตาเล็กเป็นอาการแสดงที่ตรวจพบได้บ่อยที่สุด โดยพบได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของโรค และอยู่ได้นานหลายสัปดาห์แม้ว่าอาการอื่นหายแล้ว ด้วยเหตุนี้ภาวะรูม่านตาเล็กจึงเป็นอาการแสดงที่บ่งถึงภาวะเป็นพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่มีความไว (Sensitivity) สูงมากแต่การฟื้นตัวช้าจึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอาการแสดงในการติดตามผลการรักษา

ในกรณีสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสเข้าทางตาโดยตรง ภาวะรูม่านตาเล็กจะเกิดขึ้นได้ทันที และเป็นอาการแสดงที่สำคัญที่สุดและพบมากเกือบทุกราย ตัวอย่างเช่นผู้ป่วยที่ได้รับก๊าซ Sarin ในประเทศญี่ปุ่น

(4) ผิวหนัง (Skin) การกระตุ้น mAChR ทำให้ผิวหนังของผู้ป่วยมีเหงื่อออกปริมาณมาก เนื่องจากการกระตุ้นของต่อมเหงื่อ เกิดจากประสาทอัตโนมัติซิมพาเตติกที่ใช้ ACh เป็นสัญญาณประสาท การสัมผัสสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ผิวหนังโดยตรง จะพบว่าผิวหนังส่วนนั้นมีเหงื่อออกมากกว่าส่วนอื่น และเห็นการพลิ้ว (Fasciculation) ของกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังบริเวณนั้นมากขึ้น

สารออร์แกนโนฟอสฟอรัสบางชนิดนั้น เช่น Malathion และสารละลายที่ผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ระคายเคืองผิวหนัง จึงอาจตรวจพบภาวะผิวหนังอักเสบ (Contact dermatitis) ตรงบริเวณผิวหนังที่สัมผัสได้

(5) ระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal system) เป็นการกระตุ้น mAChR ทำให้สิ่งคัดหลั่งตลอดระบบทางเดินอาหารเพิ่มขึ้น พร้อมกับการเคลื่อนตัวของกระเพาะอาหารและลำไส้เพิ่มขึ้น (Gastric and intestinal motility) และทำให้กล้ามเนื้อหูรูดของทวารหนักคลายตัว ผู้ป่วยจึงมักมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ถ่ายเหลว และกลั้นอุจจาระไม่ได้ ภาวะตับอ่อนอักเสบเฉียบพลัน (Acute pancreatitis) พบได้ประมาณร้อยละ 13 ในผู้ป่วยที่ได้รับพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส กลไกการเกิดโรคยังไม่แน่ชัด แต่เชื่อว่าเกิดจาก ACh ที่มากขึ้นในท่อตับอ่อน

(6) ระบบกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal system) การกระตุ้น nAChR ทำให้เกิดกล้ามเนื้อพลิ้วและตามด้วยกล้ามเนื้ออ่อนแรงได้ ภาวะนี้พบได้เพียงประมาณร้อยละ 17 ของผู้ป่วยเท่านั้น ฉะนั้นผู้ป่วยพิษจากออร์แกนโนฟอสฟอรัสจึงไม่จำเป็นต้องเกิดภาวะนี้ทุกราย แต่การพบภาวะนี้บ่งชี้ว่ามีความรุนแรงของโรคมากในผู้ป่วยรายนั้น

ส่วนกล้ามเนื้ออ่อนแรงอีกรูปแบบหนึ่ง จะเกิดเฉพาะพิษจากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสบางชนิดเท่านั้น โดยจะกระทบต่อกล้ามเนื้อบริเวณหน้า ซึ่งควบคุมด้วยเส้นประสาทสมอง กล้ามเนื้อส่วนต้นของแขนขา และกล้ามเนื้อการหายใจเท่านั้น ภาวะอ่อนแรงแบบหลังนี้มักเกิดตามหลังภาวะที่มีพิษเฉียบพลันที่รุนแรง และพบในเวลา 1-4 วันหลังเกิดภาวะเป็นพิษเฉียบพลัน โดยเรียกภาวะนี้ว่า "Paralysis type II" หรือ "Intermediate syndrome" สำหรับกลไกของการเกิดพยาธิสภาพชนิดนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด เชื่อว่าเกิดจากกล้ามเนื้อลายโดยเฉพาะบริเวณ Motor endplate หรือปลายประสาทถูกทำลายจากการที่มี ACh จำนวนมากในช่วง Cholinergic crisis ที่นำมาก่อน ภาวะ "Intermediate syndrome" เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยต้องอาศัยเครื่องช่วยหายใจแม้ว่าจะแก้ไขและควบคุมภาวะที่มี ACh มากได้แล้ว และภาวะนี้จะหายได้เองในเวลา 1-3 สัปดาห์

(7) ระบบหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular system) ผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดอาจจะเป็นฤทธิ์โดยตรงของการกระตุ้น AChR ทั้งสองชนิดหรือผลทางอ้อมจากการหายใจล้มเหลวได้ เช่น หัวใจเต้นเร็ว หรือหัวใจเต้นผิดจังหวะ (Ventricular dysrhythmias)

สำหรับผลโดยตรงจาก ACh นั้นแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ (วินัย วนานุกูล, 2552 : 56)

(7.1) ระยะแรก เกิดจากการกระตุ้น nAChR ทำให้มีหัวใจเต้นเร็วโดยอาจจะมีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้

(7.2) ระยะที่ 2 หัวใจเต้นช้า ซึ่งอาจพบร่วมกับภาวะความดันโลหิตต่ำ เป็นผลจากการกระตุ้น mAChR (โดยเฉพาะ M_2) การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะพบ PR interval prolongation หรือ Atrioventricular block ร่วมด้วย ในทางคลินิกพบผู้ป่วยพิษจากออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่มีชีพจรช้าพบได้เพียงร้อยละ 17 เท่านั้น และผู้ป่วยส่วนหนึ่งกลับมีชีพจรเร็ว เชื่อว่าเกิดเป็นจากหลายๆ ปัจจัยมีผลร่วมกัน ร่วมทั้งอาจจะเป็นผลจาก nAChR ด้วย

(7.3) ระยะที่ 3 ภาวะ QTc prolongation Polymorphic ventricular tachycardia (Torsades de pointes) โดยพบว่าผู้ป่วยอาจจะมีภาวะ QTc prolongation ได้บ่อยถึงเกือบร้อยละ 40 แต่ภาวะ Polymorphic ventricular tachycardia พบได้ประปราย และไม่สามารถคาดหมายได้ว่าผู้ป่วยรายใดจะเกิดภาวะนี้ขึ้น ทราบแต่เพียงว่ามักจะพบในระยะหลังหรือบางรายหายจากภาวะพิษเฉียบพลันแล้ว กลไกการเกิดความผิดปกตินี้แม้ว่าจะยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าน่าจะมีผลจากภาวะเป็นกรด (Acidosis) เกลือแร่ผิดปกติ (Electrolyte derangement) และภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia)

(8) ระบบทางเดินปัสสาวะและไต (Urinary system) การกระตุ้น mAChR ทำให้กล้ามเนื้อ Detrusor ของกระเพาะปัสสาวะบีบตัวในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณ Trigone และกล้ามเนื้อหูรูดคลายตัว จึงทำให้ผู้ป่วยกลั้นปัสสาวะไม่ได้และปัสสาวะราด

ไม่มีรายงานถึงภาวะเป็นพิษต่อไต (Nephrotoxicity) จากสารออร์แกนโนฟอสฟอรัส แม้ว่าจะพบความผิดปกติของท่อไตในสัตว์ทดลองที่ได้รับสารในเวลา 4 สัปดาห์

(8.1) ความรุนแรง (Severity) ของภาวะพิษเฉียบพลันจากสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส ความรุนแรงของภาวะพิษขึ้นอยู่กับปริมาณ AChE ที่ถูกยับยั้ง ในรายที่มีความรุนแรงมากมักจะมีอาการครบทุกระบบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำไปสู่การเกิดภาวการณ์หายใจล้มเหลว และเสียชีวิตได้หากไม่ได้รับการรักษาที่ทันเวลาและเหมาะสม ในกรณีที่มีความรุนแรงน้อยลงมักพบอาการทาง Muscarinic cholinergic เป็นส่วนใหญ่ การตรวจพบรูม่านตาเล็กเป็นอาการแสดงที่มีความไวที่สุด พบได้แม้ในผู้ป่วยที่เริ่มมีภาวะเป็นพิษที่ไม่รุนแรงและคงอยู่ได้นานกว่าอาการแสดงอื่นๆ ภาวะรูม่านตาเล็กจึงไม่ช่วยบอกความรุนแรงของโรค ส่วนภาวะหัวใจเต้นช้าและภาวะกล้ามเนื้อพลิ้วและอ่อนแรงพบได้น้อยกว่า และมักพบในรายที่รุนแรงเป็นส่วนใหญ่ แม้ภาวะเป็นพิษก่อให้เกิดความรุนแรงที่ต่อเนื่องตั้งแต่เล็กน้อยถึงรุนแรงมาก จึงเป็นการยากที่จะแบ่งชั้นความรุนแรงออกเป็นขั้นๆ อย่างชัดเจนได้ อย่างไรก็ตามมีการแบ่งความรุนแรงของภาวะพิษจากสารออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นระดับดังนี้

(8.2) ภาวะพิษแฝง (Latent poisoning) เป็นภาวะที่ผู้ป่วยมีประวัติสัมผัสสารแต่ไม่มีอาการหรืออาการแสดงอื่นใดๆ มีเพียงการตรวจระดับการทำงานของ AChE (Acetylcholinesterase activity) ในเลือดลดลงเหลือร้อยละ 50-90 ของค่าพื้นฐาน (Baseline) ของผู้ป่วยเท่านั้น

(8.3) ภาวะพิษอย่างอ่อน (Mild poisoning) ผู้ป่วยเริ่มมีอาการของภาวะเป็นพิษแต่ยังเดินได้ จะมีอาการปวดมึนเวียนศีรษะ อ่อนเพลีย ปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน มีเหงื่อ น้ำลายมากและอาจจะมีถ่ายเหลวร่วมด้วย การตรวจเลือดพบระดับการทำงานของ AChE ลดลงเหลือร้อยละ 20-50 ของค่าพื้นฐาน ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีพยากรณ์โรคดีและหายเองได้

(8.4) ภาวะเป็นพิษปานกลาง (Moderate poisoning) ผู้ป่วยมีอาการและอาการแสดงเหมือนภาวะพิษอย่างอ่อนแต่มีความรุนแรงมากขึ้น โดยผู้ป่วยมักจะเดินไม่ได้ มีกล้ามเนื้ออ่อนแรงทั่วร่างกาย ตรวจพบรูม่านตาเล็ก และอาจพบกล้ามเนื้อพลิ้วร่วมด้วย ระดับการทำงานของ AChE ลดลงเหลือร้อยละ 10-20 ของค่าพื้นฐาน ผู้ป่วยมักจะหายได้ดีถ้าได้รับการรักษา แต่หากไม่ได้รับการรักษาอาจเสียชีวิตได้

(8.5) ภาวะพิษเฉียบพลันรุนแรง (Severe poisoning) ผู้ป่วยมักจะหมดสติ มีสิ่งคัดหลั่งมากทั้งในช่องปาก ทางเดินหายใจและผิวหนัง ตรวจพบรูม่านตาเล็ก กล้ามเนื้อพลิ้วและอ่อนแรง ความรุนแรงขั้นนี้มักมีปัญหาเรื่องการหายใจ อาจจะมีภาวะหายใจล้มเหลวได้ การตรวจระดับการทำงานของ AChE มักต่ำกว่าร้อยละ 10 ของค่าพื้นฐาน ผู้ป่วยมักเสียชีวิตหากไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องทันเวลา

2.2.4 การตกค้างของสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อม

กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้อาหารที่มีสารตกค้าง ที่เกิดจากการใช้วัตถุทางการเกษตรที่ขึ้นทะเบียนใช้อย่างถูกต้องไม่เกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit: MRL) ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit: MRL)(กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

วัตถุอันตรายทางการเกษตร	**ชนิดสารตกค้าง**	**ชนิดของอาหาร**	**ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit, MRL) (มิลลิกรัมของสารต่อ 1 กิโลกรัมของอาหาร)**
คลอร์ไพรีฟอส (Chlorpyrifos)	คลอร์ไพรีฟอส	กระเจี๊ยบเขียว	0.1
		กล้วย	2
		ข้าว	0.1
		เงาะ	0.5
		ถั่วลิสง	0.05
		ถั่วเหลือง	0.05
		ถั่วเหลืองฝักสด	0.1
		ผลปาล์มน้ำมัน	0.05
		พริก	0.5
		มะพร้าว	0.05
		มันเทศ	0.05
		ลำไย	0.5

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit: MRL) (ต่อ) (กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

วัตถุอันตรายทางการเกษตร	**ชนิดสารตกค้าง**	**ชนิดของอาหาร**	**ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit, MRL) (มิลลิกรัมของสารต่อ 1 กิโลกรัมของอาหาร)**
		หอมใหญ่	0.2
		เนื้อโค กระบือ แกะ	1 (ไขมัน)
		เครื่องในโค กระบือ แกะ	0.01
		เนื้อสุกร	0.02 (ไขมัน)
		เครื่องในสุกร	0.01
		เนื้อสัตว์ปีก	0.01 (ไขมัน)
โพรฟีโนฟอส (Profenofos)	โพรฟีโนฟอส	พริก	5
		เมล็ดฝ้าย	2
		มะเขือเทศ	2
		มะนาว	0.05
		มะม่วง	0.05
		มังคุด	0.05
		ส้ม	0.1
		หอมใหญ่	0.05
		หอมแดง	0.05
		องุ่น	0.05
		เนื้อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	0.05
		เครื่องในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	0.05

2.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

2.3.1 ความรู้ทั่วไปของการประเมินความเสี่ยง

สามารถให้นิยามคำว่า "ความเสี่ยง" คือ "ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 2 อย่าง ผลลัพธ์ที่ว่านี้ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์" จากความหมายดังกล่าวข้างต้นอาจสรุปได้ว่า ความเสี่ยงจะต้องประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ไม่แน่นอน และไม่พึงประสงค์ คำว่า "ไม่แน่นอน" นี้หมายความว่าเราไม่สามารถบอกได้ด้วยความมั่นใจว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่กำลังสนใจหรือไม่ แต่เราสามารถบอกได้แต่เพียงโอกาสของการเกิด โดยบอกในรูปของ "ความน่าจะเป็น" (probability) ซึ่งสามารถกำหนดในเชิงปริมาณได้ว่า คือค่าซึ่งอยู่ระหว่างศูนย์ (หมายถึง เหตุการณ์ที่กล่าวถึงไม่เกิดขึ้นแน่นอน) ถึงหนึ่ง (หมายถึง เหตุการณ์ที่กล่าวถึงเกิดขึ้นแน่นอน) ยกตัวอย่างเช่น การโยนเหรียญ 1 ครั้ง เราไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าผลของการโยนจะออกหัวหรือก้อย แต่เราสามารถบอกได้ว่าโอกาสที่จะออกหัวหรือก้อยเท่ากันคือ 0.5 หรือ 50% แต่ในการประเมินความเสี่ยงในทางปฏิบัติแล้วเราอาจไม่สามารถกำหนดตัวเลขได้อย่างชัดเจน โดยทำได้แค่การกำหนดความน่าจะเป็นในเชิงคุณภาพ คือ สูง ปานกลางหรือต่ำ เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบที่ 2 คือ "ไม่พึงประสงค์" หมายความว่า เหตุการณ์หรือผลที่จะเกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการหรือไม่พึงประสงค์ มีหลายกรณีที่เรามักใช้คำว่า "เสี่ยง" โดยที่ไม่ตรงกับความหมายที่นิยามไว้ในที่นี้ กล่าวคือขาดองค์ประกอบตัวใดตัวหนึ่งไป เช่น การเสี่ยงโชค แม้ว่าผลที่จะเกิดขึ้นไม่แน่นอนแต่ทุกคนก็ต้องการให้ผลนั้น (การถูกรางวัล) เกิดขึ้น จึงถือว่าขาดองค์ประกอบของ "ไม่พึงประสงค์" มีบางกรณีที่ผลบางอย่างเราไม่พึงประสงค์แต่เกิดขึ้นแน่นอน เช่น การเสียภาษี กรณีเช่นนี้ก็ไม่ถือว่าเป็นความสี่ยงเพราะถือว่าขาดองค์ประกอบของ "ความไม่แน่นอน"

อาจกล่าวได้ว่า การดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุกวันนี้อยู่บนความเสี่ยงตลอดเวลา ความเสี่ยงบางชนิดสามารถกำหนดได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากมีข้อมูลที่มากเพียงพอต่อการคำนวณความเสี่ยงนั้น

อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงจากเหตุการณ์หลากหลายชนิดอีกมากมายไม่สามารถประเมินหรือวัดได้ แม้ว่าจะมีข้อมูลที่มีการรวบรวมไว้ต่อกรณีหรือเหตุการณ์นั้นๆ มากมายก็ตาม เช่น ความเสี่ยงรายปีจากการตายเนื่องจากการได้รับยา สารกำจัดแมลงหรือสารเคมีในอุตสาหกรรมทั้งโดยตั้งใจและอุบัติเหตุ แต่ก็เป็นข้อมูลที่จำกัดอยู่เฉพาะสภาวะที่เกิดขึ้นแบบเฉียบพลันในบางสถานการณ์ การได้รับการคุกคามเพียงครั้งเดียวในปริมาณสูงทำให้เกิดผลที่สังเกตได้ในทันทีโดยปราศจากข้อสงสัยใดๆ แต่ในความเป็นจริงในสถานการณ์ส่วนใหญ่ การประเมินความเสี่ยงมักมีความซับซ้อนและยาก อันเนื่องจากการได้รับสารคุกคามที่ไม่ก่อให้เกิดผลแบบเฉียบพลัน

หรือเกิดผลเฉียบพลันแต่อาการไม่รุนแรงหรือเด่นชัด เช่น อาการระคายเคืองของผิวหนัง นอกจากนี้ การสัมผัสหรือได้รับสิ่งคุกคามก็เป็นไปได้ ตั้งแต่แบบชั่วระยะเวลาสั้นๆ จนถึงแบบเรื้อรังหรือต่อเนื่อง ด้วยเหตุปัจจัย 2 ประการดังกล่าว จึงทำให้ไม่สามารถระบุได้อย่างแน่ชัดว่าผลกระทบด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการได้รับสารคุกคามนั้นๆ หรือไม่

สำหรับการประเมินความเสี่ยง เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สืบค้นและประเมินถึงผลกระทบทางสารเคมี ผลิตภัณฑ์ กิจกรรมหรือเทคโนโลยีอย่างหนึ่งต่อสุขภาพของบุคคลหรือประชาชน โดยการประเมินความเสี่ยงจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ทั้งในมนุษย์และสัตว์ที่มีอยู่ทั้งหมดในขณะนั้น แต่อย่างไรก็ดีถ้ามีข้อมูลเพิ่มเติมและมีความหนักแน่นของหลักฐานเพียงพอเกี่ยวกับผลข้างเคียงต่อสุขภาพ ก็ควรมีการพิจารณาทำการประเมินความเสี่ยงใหม่ (reassessment) รวมทั้งปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการความเสี่ยงใหม่ให้เหมาะสมต่อไป (ฌานิกา แซ่แง่, 2548)

2.3.2 ประเภทของการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงสุขภาพเป็นกระบวนการศึกษา เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ของผลิตภัณฑ์ สารเคมี กิจกรรมหรือเทคโนโลยีหนึ่งๆ โดยจะนำเอาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการศึกษาผลข้างเคียงต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์มาพิจารณาร่วมกับข้อมูลเกี่ยวกับการได้รับสัมผัสปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงนั้น เพื่อประเมินความน่าจะเป็นของผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งผลของการประเมินความเสี่ยงนี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร โดยใช้มาตรการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดมาตรฐาน กลวิธีในการกำกับดูแล รวมไปถึงคำแนะนำต่างๆ ให้แก่ผู้บริโภคด้วย (ภักดี โพธิศิริ, 2543)

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการศึกษาออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547 : 11)

2.3.2.1 การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment)

2.3.2.2 การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ จะมุ่งเน้นไปในด้านการศึกษาที่อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลข โดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และ/หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองหรือทำซ้ำได้ เป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลนำเข้า

(input) สำหรับการประเมินความเสี่ยงเชิงเชิงคุณภาพ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (focus group interview) เป็นต้น ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) เป็นต้น การศึกษาในแนวนี้จะไม่เน้นการตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ การเก็บข้อมูลเชิงตัวเลข หรือการวิเคราะห์ทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีผู้ให้ความเห็นไว้ว่า ลำพังการใช้หรือหรือไม่ใช้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขมิใช่เป็นเครื่องชี้วัดที่ดีว่าการศึกษาเรื่องใดเป็นการศึกษาเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ ส่วนที่น่าจะใช้พิจารณาความแตกต่างคือวิธีการเข้าถึงข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลเพื่อตอบปัญหาที่ตั้งไว้ การศึกษาเชิงคุณภาพนี้ถือได้ว่ามีวิธีการเข้าถึงข้อมูลที่ดี เพราะผู้ทำการศึกษาจะต้องทำตัวให้เป็นส่วนหนึ่งของชุมชนมากที่สุดเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์และความไว้วางใจ จนสามารถเก็บข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด อีกประการหนึ่งการนำเสนอข้อมูล วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล ดังนั้นจุดเน้นของการศึกษาเชิงคุณภาพนี้ไม่ใช่การครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างในระดับกว้างดังเช่นการศึกษาเชิงปริมาณ แต่เป็นการเสนอผลให้เห็นแง่มุมหลายๆ ด้านของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม แม้การศึกษาในสองด้านนี้จะแตกต่างกันค่อนข้างมากแต่ไม่ได้หมายความว่าการประเมินความเสี่ยงจะต้องแยกกันโดยเด็ดขาด โดยข้อเท็จจริงแล้วการศึกษาทั้งสองด้านจะต้องกระทำควบคู่กันไป และบ่อยครั้งที่การศึกษาทั้งสองวิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและข้อมูลป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองวิธีร่วมกันจะลบจุดด้อยที่แต่ละวิธีมีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

2.3.3 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากหน่วยงานต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา รวมทั้งองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency หรือ EPA) ด้วย ดังนี้

2.3.3.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อที่จะตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่เรากำลังสนใจ จะมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่

2.3.3.2 การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าจะก่อน หรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม

2.3.3.3 การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์

2.3.3.4 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) คือการพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือ การตอบคำถามว่า สิ่งคุกคามใดๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น

2.3.4 การประเมินการสัมผัส

การประเมินการสัมผัส (exposure assessment) เป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่แต่ละบุคคล ประชากร หรือระบบนิเวศได้รับ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการประเมินการสัมผัสคือ (1) ค้นหาสารสิ่งคุกคามที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือสิ่งแวดล้อมได้รับ (2) คำนวณปริมาณที่ได้รับ (3) ได้รับด้วยวิธีใด (4) เป็นเวลานานเท่าใด และ (5) ภายใต้สภาพการณ์ใด โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งวิธีการศึกษาเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547 : 28)

2.3.4.1 การเฝ้าคุมการสัมผัส (Exposure Monitoring)

การเฝ้าคุมเป็นวิธีการที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับการสัมผัสได้เที่ยงตรงที่สุด และยังเป็นข้อมูลนำเข้าที่ดีสำหรับใช้ในการประเมินด้วยวิธีแบบจำลองอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเฝ้าคุมสามารถทำการเก็บข้อมูลที่มีระยะสัมผัสใกล้ชิดกับกลุ่มประชากร หรือสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจมากที่สุด เราสามารถแบ่งวิธีการเฝ้าคุมเป็น 2 วิธี คือ การเฝ้าคุมที่ตัวบุคคลและการเฝ้าคุมที่ตัวสื่อหรือสถานที่

1) การเฝ้าคุมที่ตัวบุคคล (Personal Monitoring)

การเฝ้าระวังชนิดนี้คือ การใช้วิธีการวัดความเข้มข้นของสารหรือสิ่งคุกคามที่แต่ละคนในกลุ่มประชากรได้รับ โดยไม่คำนึงถึงสถานที่ที่บุคคลนั้นอยู่โดยการเก็บตัวอย่างอากาศที่บุคคลนั้นหายใจหรือน้ำที่บุคคลนั้นดื่ม หรือในกรณีที่ต้องการวัดปริมาณรังสีก็ใช้เครื่องหรือแถบวัดปริมาณรังสีประจำกาย เป็นต้น นอกจากนี้ อาจจะใช้วิธีการเก็บตัวอย่างสารในร่างกาย เช่น เลือด ปัสสาวะ สารคัดหลั่ง วิธีหลังนี้มักจะเรียกว่า การเฝ้าคุมทางชีวภาพ (biological monitoring) การใช้วิธีนี้มีข้อดี คือจะให้ผลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่ไม่สามารถตรวจวัดได้เสมอไป เช่น สารคุกคามบางชนิดอาจมีผลและสะสมที่อวัยวะเป้าหมายที่เป็นสมอง

หรือตับ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถตัดเอาชิ้นเนื้อส่วนดังกล่าวมาตรวจได้ เพราะจะเป็นอันตรายมากเกินได้

2) การเฝ้าคุมที่ตัวกลางหรือสถานที่ (Ambient Monitoring)

วิธีนี้จะแตกต่างไปจากวิธีการแรกที่ได้กล่าวไปแล้วคือ จะเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ น้ำ หรือดินที่ตำแหน่งคงที่เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสิ่งคุกคามในบริเวณต่างๆ การเฝ้าคุมแบบนี้มักจะใช้ในกรณีที่พื้นที่หรือขนาดของประชากรที่ต้องการเฝ้าคุมมีขนาดใหญ่

อย่างไรก็ตาม วิธีการเฝ้าคุมมีข้อจำกัดหลายประการ ประการแรกการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างส่งตรวจ เพราะระยะเวลาที่แตกต่างกันย่อมจะให้ผลการตรวจที่แตกต่างกันได้ ตัวอย่างเช่น สิ่งคุกคามที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอาจจะมีระดับต่ำในระยะ 8 ชั่วโมงแรกแต่สูงในอีก 16 ชั่วโมงถัดไปก็ได้ นอกจากนั้น การเลือกสถานที่ที่ใช้วัดที่แตกต่างกันออกไปอาจทำให้ผลการตรวจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้ รวมทั้งจะต้องคำนึงถึงสภาพอากาศขณะทำการตรวจด้วย

การเฝ้าคุมถือได้ว่าเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าค่าใช้จ่าย เสียเวลาและยากต่อการนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับสถานที่อื่น นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้อาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีสำหรับสถานการณ์ที่เป็นจริง เนื่องจากการเก็บตัวอย่างมักจะกระทำภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด เช่น การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศโดยทั่วไปมักจะเป็นการเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศภายนอกอาคารสถานที่ในขณะที่คนส่วนมากมักจะมักจะใช้เวลาส่วนใหญ่ในบ้าน เป็นต้น แต่ข้อได้เปรียบของการเฝ้าคุมเหนือวิธีแบบจำลองที่ได้กล่าวมาแล้วคือสามารถใช้ข้อมูลที่ใกล้เคียงค่าที่แท้จริง ณ จุดที่มีการสัมผัสหรือได้รับสิ่งคุกคามนั้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินผลเป็นระยะๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่คาดไว้มาก

2.3.4.2 แบบจำลองการสัมผัส (Exposure Modeling)

แบบจำลองคือ รูปแบบหนึ่งของสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายค่าที่ต้องการจากค่าตัวแปรต่างๆ ที่ทราบหรือสามารถตรวจวัดได้ ปัจจุบันมีการสร้างแบบจำลองขึ้นมาหลายร้อยแบบ ส่วนมากจะมีความจำเพาะค่อนข้างสูง กล่าวคือสามารถใช้ได้กับแหล่งที่ปล่อยสิ่งคุกคามเฉาะกรณี เช่น แหล่งที่ปล่อยสิ่งคุกคามแบบเป็นจุด (โรงงาน) หรือใช้ได้กับสิ่งคุกคามบางชนิด และใช้ได้เฉพาะกับสิ่งแวดล้อมบางชนิด (เช่น ทะเลสาบ) เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นแบบใดทุกชนิดจะมีความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อนในการทำนายผลเสมอ ประการที่หนึ่งขึ้นกับลักษณะของฐานข้อมูลของตัวแปรที่จะป้อนเข้าไปในแบบจำลอง ดังนั้น ผลที่ได้จากการคำนวณอาจจะคลาดเคลื่อนไปหากสภาพของสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริงไม่ตรงกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไป บางครั้ง

เพื่อลดความผิดพลาดดังกล่าวลงก็อาจจะมีการรวบรวมข้อมูลเป็นการเฉพาะในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งก็ย่อมจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากด้วย ประการต่อมาขึ้นกับตัวแบบจำลองเองที่มีการคำนึงถึงตัวแปรนำเข้ามากน้อยเพียงใด แบบจำลองที่ไม่ซับซ้อนมากนักอาจจะมีความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อนได้สูง ในขณะที่แบบจำลองที่มีความซับซ้อนกว่าจะทำนายผลได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่ก็หมายความว่าจะต้องอาศัยข้อมูลที่มากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเกินไป บางครั้งอาจทำให้ค่าที่ทำนายได้มีความไม่แน่นอนเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณอันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของตัวแปรนำเข้าเองจนทำให้ความสามารถในการทำนายด้อยกว่าแบบจำลองที่ซับซ้อนน้อยกว่าเสียอีก

ความสามารถในการทำนายของแบบจำลองนี้ โดยทั่วไปสามารถแก้ไขหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการทดสอบภาคสนามกับสถานการณ์จริง แต่บ่อยครั้งการรวบรวมหรือแปลผลข้อมูลทำได้ยาก ยิ่งไปกว่านั้นการทดสอบมักจะได้ผลภายใต้สถานการณ์ที่ค่อนข้างจำเพาะทำให้ไม่สามารถประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือเงื่อนไขอื่นที่มีความแตกต่างออกไปได้

เราสามารถแบ่งแบบจำลองได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองการปลดปล่อยและแบบจำลองการสัมผัสในประชากร (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547 : 29)

1) แบบจำลองการปลดปล่อย (Release Assessment Model) แบบจำลองในกลุ่มนี้จะใช้ในการทำนายความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่ระยะทางหนึ่งๆ ห่างไปจากแหล่งกำเนิดสิ่งคุกคามนั้น อาจแบ่งย่อยออกได้อีก คือ

- แบบจำลองบรรยากาศ (Atmospheric Model) การสร้างแบบ จำลองชนิดนี้จะอาศัยความรู้ในเรื่องของกฎฟิสิกส์และเคมี เพื่อที่จะใช้ในการจำลองพฤติกรรมของสิ่งคุกคามที่มีการเคลื่อนตัวหรือเปลี่ยนรูปในบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองชนิดต่างๆ ในกลุ่มนี้มักจะสามารถทำนายค่าต่างๆ เหล่านี้คือ (1) ความเข้มข้นของสิ่งคุกคามในบรรยากาศ (2) อัตราการสะสมตัวลงในดินหรือน้ำ เราสามารถแบ่งชนิดของแบบจำลองบรรยากาศออกได้อีก คือ

(1) แบบจำลองของเก๊าส์ (Gaussian Plume Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประมาณค่าความเข้มข้นของสิ่งคุกคาม ในระยะที่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิด การคำนวณค่าที่อยู่ใต้ลมจะต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับความสูงของแหล่งกำเนิด อัตราการปลดปล่อย ความเร็วลม และสภาพอากาศทั่วๆ ไป แบบจำลองชนิดนี้อาศัยสมมุติฐานที่ว่ากลุ่มมวลของสิ่งคุกคามจะแพร่กระจายในแนวตั้งและแนวราบ เป็นไปตามการกระจายแบบเก๊าส์หรือการกระจายแบบปกติ (Gaussian or Normal Distribution) จากการวิจัยพบว่าค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลองชนิดนี้มักจะให้ค่าที่คาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงประมาณ 2-4 เท่า

(2) แบบจำลองการเคลื่อนที่ในระยะไกล (Long - Range Atmospheric Transport Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการทำนายความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่อาณาบริเวณกว้าง เช่น ระดับประเทศหรือทวีป การคำนวณมักอาศัยข้อมูลสภาพอากาศที่ผ่านมาของบริเวณนั้น โดยทั่วไปจะให้ค่าการทำนายคลาดเคลื่อนไปประมาณ 3-5 เท่า

(3) แบบจำลองมวลสาร (Puff Model) การสร้างแบบจำลองชนิดนี้อาศัยหลักการเดียวกับแบบแรก เพียงแต่การว่าการปลดปล่อยสิ่งคุกคามจากแหล่งกำเนิดเป็นแบบชั่วครั้งชั่วคราวหรือในปริมาณที่มากในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เช่น จากการระเบิดหรืออุบัติเหตุเป็นต้น

แบบจำลองบรรยากาศนี้ บางชนิดอาจจะมีการรวมเอาสมการที่คำนึงถึงการเปลี่ยนรูป การสลายตัวหรือการสะสมตัวลงในน้ำหรือดินเข้าไว้ด้วย ซึ่งแบบจำลองชนิดดังกล่าวจะมีความจำเป็นมากในกรณีที่การเปลี่ยนรูปมีผลทำให้สิ่งคุกคามมีความเป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลง

- แบบจำลองน้ำผิวดิน (Surface-Water Model) แบบจำลองชนิดนี้มักใช้สำหรับสิ่งคุกคามที่อาจมีการปนเปื้อนแหล่งน้ำบริโภค อาหารหรือแหล่งท่องเที่ยวทางน้ำ เช่น ลำธาร แม่น้ำ ทะเลสาบ หรือแหล่งน้ำผิวดินอื่นๆ การปนเปื้อนลงน้ำผิวดินนี้อาจมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นจุด เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากแหล่งกำเนิดที่ไม่เป็นจุด เช่น การไหลซึมจากแหล่งน้ำใต้ดิน หรือการสะสมตัวจากอากาศ หรือจากการชะน้ำฝนที่ตกลงสู่แหล่งมลพิษบนดิน เช่นเดียวกับแบบจำลองอากาศ ความเข้มข้นของสิ่งคุกคามขึ้นกับการไหล การผสมตัวของน้ำ รวมถึงการเปลี่ยนรูปทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของสารนั้นๆ โดยทั่วไปแบบจำลองประเภทนี้จะใช้ในการ (1) ประมาณตำแหน่งและขนาดของมวลสิ่งคุกคามที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแบบจุด (2) ประมาณอัตราการไหล การกระจายตัว และการเปลี่ยนแปลงของสิ่งคุกคาม จากการปนเปื้อนที่มีแหล่งกำเนิดเป็นแบบระยะสั้นๆ และ (3) ประมาณค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่ระยะต่างๆ จากแหล่งกำเนิดที่อาจเป็นจุดหรือไม่เป็นจุด

แบบจำลองน้ำผิวดินนี้ มักจะคำนวณโดยวิธีการแบ่งแหล่งน้ำออกเป็นส่วนๆ หรือเป็นกล่อง การเคลื่อนตัวของสิ่งคุกคามจะใช้สมการคณิตศาสตร์ในการคำนวณโดยใช้กฎการคงที่ของมวลและพลังงานที่เคลื่อนเข้าและออกจากกล่อง

- แบบจำลองน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำไม่อิ่มตัว (Groundwater and Unsaturated-Zone Model) สิ่งคุกคามที่ถูกปล่อยลงบนผิวดินอาจมีการซึมลงสู่น้ำใต้ดินผ่านชั้นหินและดินต่างๆ และในที่สุดก็อาจเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำบริโภคหรือน้ำผิวดินได้ วัตถุประสงค์หลักของแบบจำลองชนิดนี้คือ การคำนวณการกระจายของสิ่งคุกคามในชั้นดินที่อยู่รอบๆ แหล่งกำเนิด

คุกคาม เช่น ที่ทิ้งขยะ แบบจำลองมักจะใช้คำนวณเฉพาะการเคลื่อนตัวลงในแนวดิ่งของสิ่งคุกคามผ่านชั้นต่างๆ จนถึงชั้นน้ำใต้ดิน โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ ในแบบจำลองใหม่ๆ จะมีการแยกคำนวณเป็นส่วนๆ โดยใช้กฎการคงที่ของมวลและพลังงาน

- แบบจำลองของการสัมผัสหลายตัวกลาง (Multimedia Model) แบบจำลองชนิดนี้ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะคำนึงถึงการเคลื่อนตัวของสิ่งคุกคามในตัวกลางต่างชนิดกัน แม้ว่าแบบจำลองอากาศและน้ำจะได้มีการคำนึงถึงการสะสมตัวของสิ่งคุกคามในตัวกลางต่างๆ เช่น อากาศ น้ำ ดิน น้ำผิวดิน แต่ก็มักจะจำกัดการคำนวณอยู่ในตัวกลางชนิดเดียว ทั้งๆ ที่การประเมินการสัมผัสจะต้องคำนึงถึงการเคลื่อนตัวของสิ่งคุกคามในตัวกลางต่างชนิดกัน ผลการศึกษาหนึ่งพบว่า ร้อยละ 50-85 ของสิ่งคุกคาม เมื่อปล่อยลงสู่ตัวกลางหนึ่งในที่สุดแล้วอย่างน้อยร้อยละ 5 ของมวลสารจะเข้าสู่อีกตัวกลางหนึ่งเสมอ

แบบจำลองหลายตัวกลางนี้ มักจะใช้วิธีการเชื่อมแบบจำลองตัวกลางเดี่ยวหลายแบบเข้าด้วยกัน โดยใช้กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีที่ขับเคลื่อนตัวผ่านอากาศสู่น้ำ อากาศสู่ดิน และน้ำสู่ดิน อย่างไรก็ การสร้างแบบจำลองดังกล่าวต้องอาศัยข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมาก ในขณะที่องค์ความรู้ในด้านดังกล่าวยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นเท่านั้น

- แบบจำลองห่วงโซ่อาหาร (Food chain Model) สิ่งคุกคามบางชนิดที่ไม่สลายตัวตามธรรมชาติ อาจมีการสะสมเพิ่มปริมาณขึ้นเป็นจำนวนมากได้ในสิ่งแวดล้อม หากสารนั้นถูกสะสมในพืชหรือสัตว์และมีการถ่ายทอดต่อๆ กันไปตามห่วงโซ่อาหาร กระบวนการนี้เรียกว่า การสะสมตัวทางชีวภาพ (bioaccumulation) โดยทั่วไปแล้วความรู้ในเรื่องนี้ยังมีน้อยมากทำให้แบบจำลองห่วงโซ่อาหารอาศัยหลักการง่ายๆ เช่น ปัจจัยการสะสมตัว ทางชีวภาพ (bioaccumulation factor) และอัตราการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อน เป็นต้น เช่นเดียวกับแบบจำลองอื่นๆ ความสมบูรณ์ของแบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ตัวแปรหลายตัวยังมีความไม่แน่นอนสูง เช่น การคงตัวและพฤติกรรมของสารเคมีในพืชหรือสัตว์แต่ละชนิด เป็นต้น

2) แบบจำลองการสัมผัสในประชากร (Population Exposure Model) ในกลุ่มนี้เป็นการประเมินประชากรกลุ่มเสี่ยงที่อาจได้รับผลกระทบทางด้านสุขภาพอันเนื่องจากการสัมผัสสิ่งคุกคาม โดยเป้าหมายหลักแล้วต้องการที่จะตอบคำถามว่า ประชากรกลุ่มเสี่ยงจะได้รับปริมาณสิ่งคุกคามเข้าไปเท่าไร รูปแบบการศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น

- แบบจำลองวิธีการสัมผัส (Exposure Route Model) โดยพื้นฐานแล้วแบบจำลองชนิดนี้ ต้องการที่จะตอบคำถามว่าจะแปลงค่าปริมาณหรือความเข้มข้นจากสารในตัวกลางไปสู่ปริมาณหรือความเข้มข้นที่มนุษย์จะได้รับอย่างไร การพิจารณาในเรื่องนี้จะขึ้นกับ

วิธีการสัมผัสต่างๆ เช่น โดยการหายใจ การรับประทานและการสัมผัสทางผิวหนัง ในกรณีของการวัดสัมผัสทางการหายใจ หน่วยของการวัดจะเป็นความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามที่หายใจเข้าไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ส่วนทางการรับประทาน จะอยู่ในรูปของความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในอาหารทั้งหมดที่รับประทานเข้าไปสำหรับทางผิวหนังนิยมคำนวณในรูปของความเข้มข้นของสิ่งคุกคามในตัวกลางที่สัมผัสเฉลี่ยต่อพื้นที่ผิวทั่วร่างกาย

รูปแบบการคำนวณ โดยทั่วไปจะประมาณค่าปริมาณการได้รับสิ่งคุกคามของแต่ละคนโดยการหาผลคูณระหว่างความเข้มข้นของสิ่งคุกคามในตัวกลาง (ที่ได้จากแบบจำลองการปล่อยมลพิษ)

ในกรณีที่สิ่งคุกคามปนเปื้อนในตัวกลางหลายชนิด หรือในการสัมผัสหลายทาง จะต้องมีการคำนวณแต่ละตัวกลางแยกจากกัน ตัวอย่างเช่น เพื่อที่จะให้ได้ขนาดของสิ่งคุกคามทั้งหมดจากน้ำ จะต้องมีการคำนวณขนาดจาก (1) น้ำดื่ม (2) การดูดซึมทางผิวหนัง (เช่นในระหว่างการอาบน้ำหรือล้างมือ) (3) การหายใจ (จากการปนเปื้อนสู่อากาศเนื่องจากการอาบน้ำฝักบัว) (4) รับประทานพืชหรือสัตว์ที่สัมผัสต่อน้ำนั้น (5) การสัมผัสทางผิวหนังกับดินที่มีการปนเปื้อนน้ำนั้น จากนั้นก็รวมเอาค่าทั้งหมดเข้าด้วยกัน อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงการเกิดพิษซึ่งบางครั้งขึ้นกับวิธีที่สัมผัสด้วย เช่น การหายใจเอาสารโครเมียมอาจทำให้เกิดมะเร็งที่ปอดในขณะที่การรับประทานเข้าไปไม่ก่อให้เกิดโทษ

ตารางที่ 2.4 หน่วยและการวัดสิ่งคุกคามในตัวกลาง

ตัวกลาง	การวัด	หน่วยที่ใช้
อากาศ	น้ำหนักของสิ่งคุกคามต่อหน่วยปริมาตรหรือมวลของอากาศ	mg/m^3 ppm
อากาศ	ปริมาตรของสิ่งคุกคามต่อหน่วยปริมาตรของอากาศ	ppm
น้ำ	น้ำหนักของสิ่งคุกคามต่อหน่วยปริมาตรหรือมวลของน้ำ	mg/l ppm
อาหาร	น้ำหนักของสิ่งคุกคามต่อหน่วยน้ำหนักของอาหาร	mg/kg ppm
ดิน	น้ำหนักของสิ่งคุกคามต่อหน่วยน้ำหนักของดิน	mg/kg ppm

สูตรทั่วไปในการประมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ

$$ADD = \frac{CF * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

ADD = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (มก./กก. -วัน)

CF = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในผักและผลไม้ (มก./กก.)

IR = อัตราการสัมผัส (กก./วัน)

EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)

BW = น้ำหนักของร่างกาย น้ำหนักของร่างกายตลอดระยะเวลาที่มีการสัมผัส (กก.)

AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (วัน)

- แบบจำลองในประชากร (Population Model) เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินประชากรกลุ่มเสี่ยงอย่างน้อยจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างประชากรและกิจกรรมต่างๆ ของแต่ละคน หมายความว่าจะต้องพิจารณาว่าใครเป็นผู้ที่ทำงานหรืออาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งมลพิษ หรือใครเป็นผู้ที่มีโอกาสหายใจ ดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหารหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกปนเปื้อนจากแหล่งสิ่งคุกคามนั้น โดยสรุปการสร้างแบบจำลองชนิดนี้จะคำนึงถึงประชากรกลุ่มที่มีโอกาสเสี่ยงนั่นเอง ซึ่งสามารถทำได้โดยการแยกกลุ่มประชากรออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามลักษณะที่อาจจะเพิ่มโอกาสเสี่ยงแก่สมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ลักษณะที่ใช้แยกนี้เรียกว่า ปัจจัยเสี่ยง (risk factor) ซึ่งมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ วิถีการดำเนินชีวิต ได้แก่ อายุ เศรษฐฐานะ และพฤติกรรมที่มีผลต่อระดับการสัมผัส สำหรับปัจจัยเสี่ยงด้านพันธุกรรม ได้แก่ เพศ ระบบการกำจัดสิ่งคุกคามในร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกัน และความผิดปกติของเมตาบอลิซึมที่อาจทำให้เสี่ยงต่อโรคบางชนิดได้ง่ายเป็นต้น

วิธีการคำนวณที่ง่ายที่สุดได้แก่ การแยกคำนวณแต่ละคนในกลุ่มประชากรย่อยๆ จากผลคูณของความเข้มข้นที่แต่ละคนได้รับกับระยะเวลาที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น จากนั้นก็รวมผลลัพธ์ที่ได้เข้าด้วยกัน การหาค่าเฉลี่ยสามารถทำได้โดยการหารผลลัพธ์ที่ได้ด้วยค่าผลรวมของเวลาทั้งหมด ดังนั้น อย่างน้อยที่สุดจะต้องทราบข้อมูลของแต่ละคนเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมย่อยที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของสิ่งคุกคามในแต่ละสภาพแวดล้อมย่อย และเวลาเฉลี่ยที่ต้องใช้ในสภาพแวดล้อมย่อยนั้น

ในทางอุดมคติแล้ว แบบจำลองประชากรนี้จะต้องคำนึงถึงลักษณะเฉพาะทุกชนิดที่อาจจะมีผลต่อระดับการสัมผัสสิ่งคุกคาม เช่น เพศ สถานะสุขภาพ อาหารที่บริโภค ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดสิ่งคุกคามและอื่นๆ ได้แก่ การใช้ยา การสูบบุหรี่ ปัจจัยเสี่ยงจากการประกอบอาชีพ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น EPA เคยประเมินความเสี่ยงจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ โดยแบ่งกลุ่มประชากรออกได้แตกต่างกันถึง 25 กลุ่ม แล้วทำการประเมินการสัมผัสในแต่ละกลุ่มนั้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในการแยกลักษณะของแต่ละกลุ่มไม่อาจหาได้ทุกกรณี บ่อยครั้งจะต้องใช้การประมาณหรือสันนิษฐาน จึงเป็นผงให้ความหลากหลายในกลุ่มประชากรมักจะถูกละเลยไป

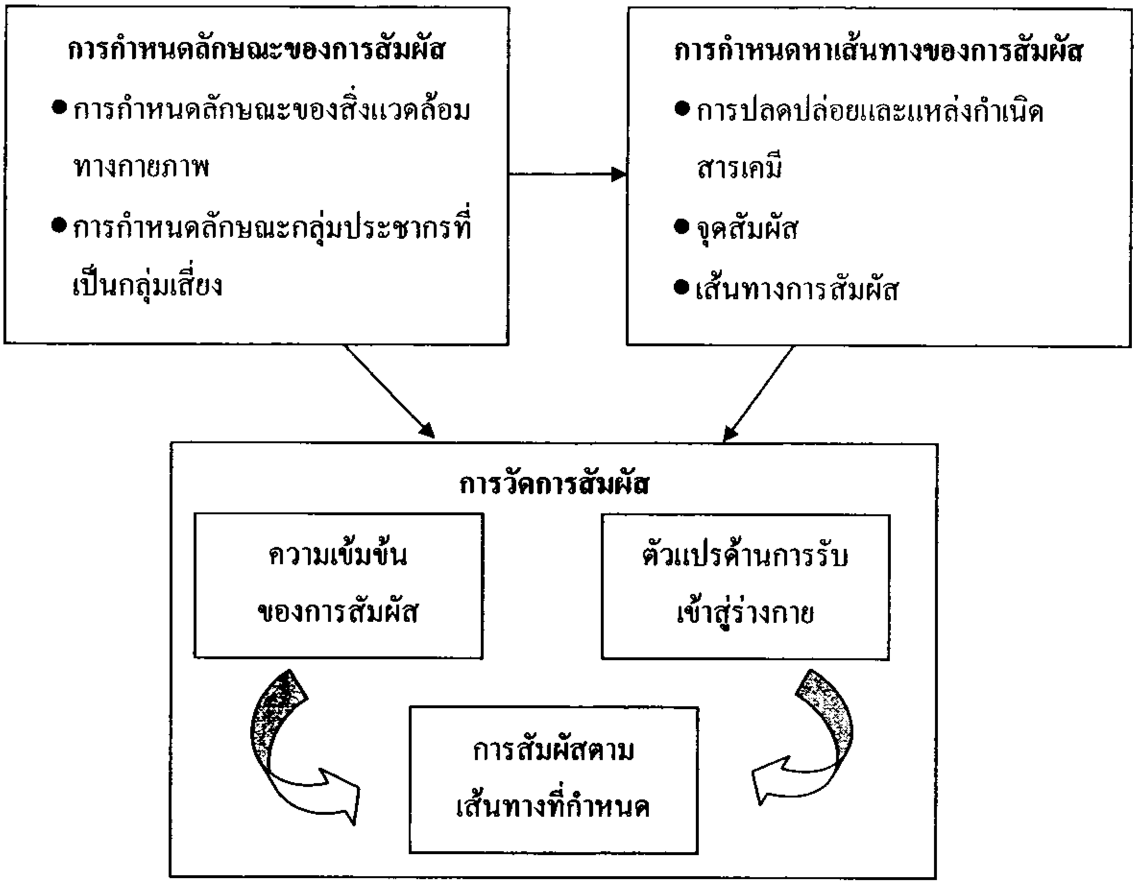
2.3.4.3 กระบวนการประเมินการสัมผัส

ในการประเมินการสัมผัส อาจสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547 : 33)

1) ขั้นที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส (Characterizing Exposure Setting)

ในขั้นนี้ ผู้ประเมินความเสี่ยงจะต้องกำหนดลักษณะของการสัมผัสในแง่เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพทั่วไปของแหล่งกำเนิดและของประชากรที่อยู่ในบริเวณนั้น หรือใกล้เคียง ลักษณะพื้นฐานต่างๆ ที่มักจะต้องมีการค้นหาข้อมูลคือ อากาศ ต้นไม้ น้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน เป็นต้น ลักษณะของประชากรที่จะต้องมีการตรวจสอบคือ ตำแหน่งที่อยู่เมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิด ลักษณะกิจกรรมที่ประชากรมักทำ และกลุ่มประชากรย่อยที่มีความไวสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ในขั้นนี้ นอกจากจะพิจารณาลักษณะลักษณะของประชากรที่อยู่ในปัจจุบันแล้ว ยังต้องพิจารณากลุ่มประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคตโดยพิจารณาจากการใช้ประโยชน์ของที่ดิน

ในขั้นแรกนี้เป็นการประเมินการสัมผัส โดยการกำหนดลักษณะของแหล่งกำเนินสารมลพิษตามลักษณะทางกายภาพทั่วไป และลักษณะของประชากรที่อยู่ในบริเวณนั้นหรือใกล้เคียง ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพลักษณะต่างๆ ของแหล่งกำเนิดและประชากรที่อาศัยอยู่โดยรอบ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการสัมผัสข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ในขั้นตอนนี้จะช่วยในการระบุเส้นทางการสัมผัสในขั้นที่สอง นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของประชากรที่อาจได้รับการสัมผัส ยังจะใช้ในขั้นตอนที่สาม ในการระบุค่าของตัวแปรที่จะใช้ในการคำนวณหาปริมาณที่ได้รับ



ภาพที่ 2.3 กระบวนการประเมินการสัมผัส (US Environmental Protection Agency. 1989)

(1) การกำหนดลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ในขั้นตอนย่อยนี้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพและปริมาณของสิ่งคุกคาม ได้แก่

(1.1) สภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การมีฝนตก

(1.2) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วและทิศทางลม

(1.3) สภาพทางภูมิศาสตร์ เช่น ตำแหน่งและที่ตั้งสภาพความสูงต่ำของพื้นที่รวมทั้งความลาดเอียง

(5.4) สภาพของป่า ได้แก่ ชนิดของดิน ความเป็นกรด-ด่าง

(5.5) สภาพน้ำใต้ดิน ได้แก่ ทิศทาง ความลึก และชนิดของการไหล

(5.6) สภาพน้ำผิวดิน ได้แก่ ชนิด อัตราการไหล ความเค็มของน้ำ

แหล่งของข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ได้จากข้อมูลเชิงพรรณนาของการประเมินเบื้องต้น (preliminary assessment) การตรวจสอบแหล่งกำเนิด (site inspection) เป็นต้น แหล่งข้อมูลอื่นๆ อาจได้แก่ การสำรวจสภาพดินแผนที่ป่าชายเลน (ถ้ามี) ภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือเอกสารของทางราชการที่เกี่ยวข้อง ผู้ประเมินอาจจะต้องขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาการที่เหมาะสม (เช่น นักอุทกธรณีวิทยา นักออกแบบจำลองอากาศ) ถ้าจำเป็น

(2) การกำหนดลักษณะกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง

เป็นการศึกษาลักษณะของประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณ หรือใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษโดยจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลในด้านต่างๆ ได้แก่ ตำแหน่งที่อยู่อาศัย ลักษณะของกิจกรรมที่ทำ และกลุ่มประชากรย่อยที่มีความไว

(2.1) การระบุตำแหน่งที่อยู่เมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิด

เป็นการระบุตำแหน่งและทิศทางของกลุ่มประชากรที่มีโอกาสได้รับการสัมผัส เมื่อเทียบกับตำแหน่งของแหล่งกำเนิด กลุ่มประชากรที่อยู่บนหรือใกล้กับแหล่งกำเนิดสารพิษมากที่สุดย่อมมีความเสี่ยงต่อการสัมผัสสูงที่สุด นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึงกลุ่มที่อยู่ห่างไกลออกไปแต่อาจสัมผัสสารพิษได้ เช่น ผู้บริโภคน้ำดื่ม ผู้บริโภคปลา หอย หรือผลิตภัณฑ์เกษตรที่ได้จากบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนินสารมลพิษ รวมทั้งผู้ที่มีโอกาสสัมผัสในอนาคตที่อพยพมาจากบริเวณนั้น แหล่งของข้อมูลอาจได้จาก

(2.1.1) การเยี่ยมชมแหล่งกำเนิด

(2.1.2) การสำรวจประชากร

(2.1.3) แผนที่ทางภูมิศาสตร์ การใช้ประโยชน์ที่ดินการตั้งบ้านเรือนหรือแผนที่อื่นๆ

(2.1.4) ข้อมูลด้านการประมง

(2.2) ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (กรณีที่มีการปนเปื้อนสารพิษลงสู่ดิน) เช่น ใช้เป็นที่อาศัย การพาณิชย์ การอุตสาหกรรม การเกษตร หรือการนันทนาการ นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาการใช้ที่ดินในบริเวณโดยรอบแหล่งกำเนิดสารมลพิษด้วย สำหรับแหล่งข้อมูลที่ดีที่สุดคือ การเยี่ยมชมบริเวณ โดยสำรวจที่ตั้งของบ้าน ที่สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ ย่านธุรกิจ อุตสาหกรรมหรือการใช้ประโยชน์อื่นๆ ในบริเวณโดยรอบแหล่งกำเนิด นอกจากนี้อาจหาข้อมูลของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้จาก แผนที่แบ่งเขตที่อยู่อาศัย เอกสารจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง แผนที่ทางภูมิศาสตร์การใช้ประโยชน์ที่ดิน การตั้งบ้านเรือนหรือแผนที่อื่นๆ และภาพถ่ายทางอากาศ

ภายหลังจากระบุการใช้ประโยชน์ของที่ดินแล้ว จะต้องระบุกิจกรรมของมนุษย์และลักษณะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละชนิด ซึ่งโดยทั่วไปสามารถพิจารณาได้ไม่ยากโดยไม่ต้องอาศัยแหล่งข้อมูลพิเศษใดๆ เพียงอาศัยความเข้าใจว่ากิจกรรมใดเกิดขึ้นในที่อยู่อาศัย เขตธุรกิจ หรือบริเวณสถานที่นันทนาการ

การระบุลักษณะของกิจกรรมสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

(2.2.1) พิจารณาสัดส่วนของเวลาที่ประชากรกลุ่มเสี่ยงใช้ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารพิษ ตัวอย่างเช่น ถ้าประชากรกลุ่มเสี่ยงทำการค้าหรือทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ระยะเวลาการสัมผัสสูงสุดที่สมเหตุสมผล คือ 8 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาการทำงานปกติ ในทางกลับกัน ถ้าประชากรกลุ่มเสี่ยงอยู่แต่ในบ้าน ระยะเวลาสัมผัสสูงสุดที่เป็นไปได้ คือ 24 ชั่วโมง

(2.2.2) พิจารณาว่ากิจกรรมเกิดขึ้นในบ้าน นอกบ้านหรือทั้งสอง ตัวอย่างเช่น ผู้ที่ทำงานในสำนักงานมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาเกือบทั้งหมดในอาคาร ในขณะที่คนงานก่อสร้างอาจใช้เวลาทั้งหมดอยู่นอกอาคาร

(2.2.3) พิจารณาว่ากิจกรรมต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น กิจกรรมนอกบ้าน บางอย่างเป็นกิจกรรมเฉพาะในฤดูร้อน (เช่น ว่ายน้ำ ตกปลา) และมักจะเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดเลยระหว่างช่วงฤดูหนาว ในทำนองเดียวกัน เด็กมีแนวโน้มที่จะเล่นนอกบ้านน้อยลงในช่วงฤดูหนาว

(2.2.4) พิจารณาว่าแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นถูกใช้ประโยชน์โดยกลุ่มประชากรหรือไม่ ถ้าหากการเข้าไปในบริเวณดังกล่าวไม่ได้ห้ามอย่างเข้มงวด ตัวอย่างเช่น เด็กที่อาศัยในบริเวณนั้นอาจเข้าไปเล่นในบริเวณดังกล่าวหรือประชาชนในท้องถิ่นอาจเข้าไปล่าสัตว์หรือปีนเขาในบริเวณนั้นได้

(2.2.5) พิจารณาลักษณะประชากรที่มีอิทธิพลต่อการสัมผัส ตัวอย่างเช่น แหล่งกำเนิดมลพิษอยู่ใกล้กับย่านการค้าหรือที่ตกปลาเพื่อการนันทนาการ ประชากรกลุ่มเสี่ยงมีแนวโน้มที่จะรับประทานปลาหรือสัตว์น้ำที่จับได้ในท้องถิ่นมากกว่าประชากรกลุ่มอื่น

(2.3) การพิจารณาการใช้ประโยชน์ของที่ดินในอนาคต ได้แก่การพิจารณาว่ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันมีความเป็นไปได้หรือไม่ ที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ตัวอย่างเช่น ถ้าน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีแหล่งมลพิษในปัจจุบันไม่ได้ใช้เพื่อเป็นแหล่งน้ำดื่มแต่มีคุณภาพดีที่สามารถใช้ดื่มได้ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของน้ำใต้ดินนั้นเป็นน้ำดื่มที่มีความเป็นไปได้สูง นอกจากนั้นต้องพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์ของที่ดินที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ตัวอย่างเช่น ถ้าอาณาบริเวณนั้นถูกจัดให้

เป็นย่านอุตสาหกรรม ก็จะพิจารณาว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะถูกใช้เป็นย่านที่อยู่อาศัยหรือการนันทนาการในอนาคต

โดยทั่วไป เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยมักจะมีโอกาสได้รับการสัมผัสสารคุกคามสูงที่สุด ดังนั้น ในการพิจารณาว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจะเป็นแบบใดก็มักจะตัดสินให้เป็นที่อยู่อาศัยเพื่อป้องกันมิให้การประเมินการสัมผัสต่ำกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม การตัดสินว่าที่ดินในอนาคตจะเป็นที่อยู่อาศัย อาจจะไม่สมเหตุสมผลหากที่ดินในบริเวณนั้นมีขนาดเล็กมาก แต่ถ้าข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันประเมินแล้วมีความเป็นไปได้สูงก็อาจตัดสินให้เป็นที่อยู่อาศัยได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าบริเวณนั้นเป็นโรงงานอุตสาหกรรมแต่ตั้งอยู่ใกล้ย่านที่อยู่อาศัยในเขตเมือง การที่จะถูกเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัยจึงมีความเป็นไปได้สูง แต่ถ้าตั้งอยู่ในบริเวณชนบทที่ห่างไกลและมีประชากรอาศัยอยู่น้อยมากหรือมีอัตราการเพิ่มต่ำ การจะเป็นที่อยู่อาศัยในอนาคตจึงมีความเป็นไปได้ต่ำ ในกรณีนี้การใช้ที่ดินเพื่อนันทนาการน่าจะมีความเป็นไปได้มากกว่า ในบางบริเวณอาจมีเหตุผลที่เชื่อได้ว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ในอนาคตก็ได้

ดังนั้น ในการพิจารณาว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจะเป็นอย่างไร จะต้องอาศัยข้อมูลที่มีอยู่รวมทั้งข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ แหล่งข้อมูลที่สำคัญที่จะช่วยในการตัดสินใจ ได้แก่

(2.3.1) ผังเมืองของจังหวัดหรือท้องถิ่น ที่จะแสดงการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

(2.3.2) สำมะโนประชากร

(2.3.3) แนวโน้มการใช้ที่ดินในบริเวณนั้น

อย่างไรก็ตาม แม้ข้อมูลบางอย่างจะแสดงให้เห็นเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก็ไม่ควรใช้เป็นข้อสรุปว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นตามนั้น

(2.4) กลุ่มประชากรย่อยที่ต้องให้ความเข้าใจ การทบทวนข้อมูลของบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษหรือมีการปนเปื้อน จะช่วยในการพิจารณาว่ากลุ่มประชากรใดใดที่อาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับการสัมผัสมากอันเนื่องมาจากมีความไวสูง พฤติกรรมที่อาจนำไปสู่การได้รับสารพิษสูงขึ้น หรือประวัติการสัมผัสในปัจจุบันหรือในอดีตจากแหล่งอื่นๆ มาก่อน กลุ่มประชากรย่อยที่มีโอกาสเสี่ยงสูง ได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ หญิงมีครรภ์และหญิงให้นมบุตร และผู้ที่มีโรคเรื้อรัง กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากแบบแผนของพฤติกรรมได้แก่ เด็กเพราะมีโอกาสที่จะสัมผัสดิน รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่รับประทานปลาที่จับได้ในท้องถิ่นหรือผักที่

ปลูกในบริเวณนั้นเป็นจำนวนมาก สำหรับกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากได้รับการสัมผัสสารคุกคามจากแหล่งอื่น ได้แก่ ผู้ที่ทำงานในอาชีพที่มีโอกาสได้รับสารนั้นหรือผู้ที่อาศัยอยู่ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

ในการค้นหากลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงจะต้องหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงาน ศูนย์เด็กเล็ก โรงพยาบาล สถานพยาบาล ชุมชนผู้สูงอายุ ย่านที่อยู่อาศัยที่มีเด็กมาก โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ทั้งนี้จะต้องขอข้อมูลจากสำมะโนประชากรหรือจากหน่วยงานสาธารณสุข

2) ขั้นที่ 2 การค้นหาเส้นทางของการสัมผัส (Identifying Exposure Pathways)

เส้นทางการสัมผัส ใช้อธิบายเส้นทางที่สารเคมีหรือสารคุกคามทางกายภาพใช้จากแหล่งกำเนิดมาสู่มนุษย์แต่ละคน ดังนั้น การวิเคราะห์เส้นทางการสัมผัสจึงต้องเชื่อมโยงข้อมูลแหล่งกำเนิดสารคุกคาม ตำแหน่งที่ตั้ง ชนิดของการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกับตำแหน่งของประชากรและลักษณะกิจกรรมที่ทำ เพื่อพิจารณาเส้นทางที่มีความสำคัญต่อการได้รับสารพิษของมนุษย์

โดยทั่วไปแล้ว เส้นทางของการสัมผัสนั้น ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ (1) แหล่งกำเนิดและกลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (2) ตัวกลางที่สารคุกคามใช้ในการเคลื่อนย้ายหรือคงสภาพอยู่ (3) จุดที่ประชากรกลุ่มเสี่ยงมีโอกาสสัมผัสกับตัวกลางที่ถูกปนเปื้อน และ (4) ช่องทางการสัมผัส (เช่น การรับประทาน) ณ จุดสัมผัส ในกรณีที่ตัวกลางถูกปนเปื้อนเนื่องจากการปลดปล่อยของสารคุกคามในอดีตอาจเป็นแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อนสู่ตัวกลางอื่น (ตัวอย่างเช่น ดินที่ถูกปนเปื้อนจากสารเคมีที่รั่วไหลอาจเป็นแหล่งกำเนิดให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดินได้) ในบางกรณีตัวแหล่งกำเนิดเอง (เช่น ถังเก็บน้ำสารเคมี ดินที่ถูกปนเปื้อน) เป็นจุดสัมผัสโดยที่ไม่ได้ปลดปล่อยสู่ตัวกลางอื่น ในกรณีหลังนี้ เส้นทางการสัมผัสจะประกอบด้วย (1) แหล่งกำเนิด (2) จุดสัมผัส และ (3) ช่องทางการสัมผัส แสดงองค์ประกอบพื้นฐานของเส้นทางการสัมผัสแต่ละประเภท ต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายกระบวนการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อระบุเส้นทางการสัมผัสและเลือกเส้นทางที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงปริมาณในขั้นตอนที่สามต่อไป

(1) การค้นหาแหล่งกำเนิดและตัวกลาง

ในขั้นนี้จะต้องพยายามหาแหล่งกำเนิดของสิ่งคุกคามทั้งหมดที่เป็นไปได้ โดยอาศัยข้อมูลทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นตอนที่หนึ่ง จากนั้นจึงพิจารณากลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมและตัวกลางที่เกี่ยวข้องทั้งในอดีต ปัจจุบันและอนาคต โดยแหล่งกำเนิดนี้

รถยนต์ จากนั้นต้องพิจารณาว่าตัวกลางที่จะเป็นสื่อนำมาสู่การได้รับสารนั้นคืออะไร ซึ่งส่วนมากจะเป็นอากาศ น้ำ หรืออาหาร หรือบางครั้งไม่มีตัวกลาง เช่น การสัมผัสทางผิวหนัง หรือเข้าสู่ร่างกายโดยตรง เช่น รังสี เป็นต้น ตารางที่ 2.5 แสดงแหล่งปลดปล่อยสารคุกคามที่พบบ่อยและกลไกการปลดปล่อยเฉพาะแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ ดังนั้น การนำข้อมูลที่มีการเฝ้าคุมมาผนวกกับข้อมูลด้านตำแหน่งของแหล่งกำเนิดจะช่วยในการวิเคราะห์การปลดปล่อยของสิ่งคุกคามสู่สิ่งแวดล้อมได้ ทั้งที่เกิดขึ้นมาแล้ว กำลังเกิดขึ้นหรือที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ตัวอย่างเช่น การปนเปื้อนของดินใกล้กับถังเก็บสารเคมีเก่า บอกให้ทราบว่าถังนั้น (ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิด) อาจแตกรั่ว (กลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม) สู่ดิน (ตัวกลาง) นอกจากนั้นจะต้องแน่ใจว่าได้พิจารณาจุดสัมผัสร่วมกับแหล่งกำเนิดที่มีการปลดปล่อยสารคุกคามสู่สิ่งแวดล้อม (เช่น ถังเก็บที่เปิดทิ้งไว้ กองขยะที่ไม่ได้ฝังกลบ บ่อบำบัดหรือดินที่มีการปนเปื้อน)

ตารางที่ 2.5 แหล่งปลดปล่อยสารคุกคามที่พบบ่อยและกลไกการปลดปล่อย (US Environmental Protection Agency. 1989)

ตัวกลาง	กลไกการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม	แหล่งกำเนิด
อากาศ	การระเหย	พื้นผิวของกากของเสีย เช่น บ่อบำบัด ท่อ หรือบริเวณที่สารเคมีหกสู่พื้น
	การฟุ้งกระจายของฝุ่น	ผิวดินที่ปนเปื้อน กากของเสียที่กองไว้บนดิน
น้ำผิวดิน	การระบายน้ำ	ผิวดินที่ถูกปนเปื้อน
	การไหลผ่านพื้นดินเป็นระยะ	น้ำล้นจากบ่อบำบัด การหกหรือรั่วของถังเก็บสารเคมี
น้ำใต้ดิน	การชะ	ขยะบนผิวดินหรือที่ถูกฝังไว้ใต้ดิน และดินที่ปนเปื้อนสารเคมี
ดิน	การชะ	ขยะบนผิวดินหรือที่ถูกฝังไว้ใต้ดิน
	การระบายน้ำ	ดินที่ปนเปื้อนสารเคมี
	การไหลผ่านพื้นดินเป็นระยะ	น้ำล้นจากบ่อบำบัด การหกหรือรั่วของถังเก็บสารเคมี
	การฟุ้งกระจายของฝุ่น	ผิวดินที่ปนเปื้อน กากของเสียที่กองไว้บนดิน

ตารางที่ 2.5 แหล่งปลดปล่อยสารคุกคามที่พบบ่อยและกลไกการปลดปล่อย (ต่อ) (US Environmental Protection Agency. 1989)

ตัวกลาง	กลไกการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม	แหล่งกำเนิด
ตะกอน	การระบายน้ำ การไหลผ่านพื้นดินเป็นระยะ	พื้นผิวของกากของเสีย เช่น บ่อบำบัด ท่อ หรือบริเวณที่สารเคมีหกสู่พื้น ผิวดินที่ถูกปนเปื้อน
	การรั่วซึมสู่น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดินที่ถูกปนเปื้อน
	การชะ	ขยะบนผิวดินหรือที่ถูกฝังไว้ใต้ดิน ดินที่ถูกปนเปื้อน
สารชีวภาพ	การรับเข้า (การสัมผัส การรับประทาน การหายใจ)	ดิน น้ำผิวดิน ตะกอน น้ำใต้ดิน หรืออากาศที่ปนเปื้อน

(2) การประเมินการเปลี่ยนสภาพและการเคลื่อนย้ายในตัวกลาง

ในขั้นนี้ เป็นการศึกษาการเคลื่อนตัวและการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นในตัวกลาง ก่อนที่จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะช่วยในการทำนายการสัมผัสในอนาคต และช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลแหล่งกำเนิดกับตัวกลางที่ปนเปื้อนได้ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนย้ายของสารคุกคามนี้ เพื่อให้สามารถระบุได้ว่ามีตัวกลางใดที่เกี่ยวข้องกับการพาสารคุกคามมาสู่ประชากรเป้าหมาย ดังนั้น ในขั้นนี้ผู้ประเมินจะต้องตอบคำถามว่า มีสารคุกคามชนิดใดเกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดและในสิ่งแวดล้อม เกิดขึ้นในตัวกลางใดในปัจจุบันและที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ภายหลังจากที่สารคุกคามต่างๆ (เช่น สารเคมี) ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อม อาจเกิดสิ่งต่อไปนี้

(2.1) การเคลื่อนตัว เช่น การเคลื่อนตัวโดยอาศัยการเคลื่อนตัวของตัวกลาง เช่น น้ำ อากาศ หรืออาจเป็นการเคลื่อนตัวโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของตัวสิ่งคุกคาม เช่น การแพร่ (diffusion)

(2.2) การเปลี่ยนรูปทางกายภาพ เช่น การระเหย การระเหิด การตกตะกอน

(2.3) การเปลี่ยนรูปทางเคมี เช่น การแตกตัวเนื่องจากแสง (photolysis) การแตกตัวเนื่องจากน้ำ (hydrolysis) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) การเกิดปฏิกิริยารีดักชั่น (reduction) เป็นต้น

(2.4) การเปลี่ยนรูปทางชีวภาพ เช่น การย่อยสลายโดยจุลชีพ

เป็นต้น

(2.5) การสะสมตัวในตัวกลางหนึ่งตัวกลางใดหรือมากกว่า ได้แก่ การเพิ่มความเข้มข้นของสารคุกคามในสิ่งมีชีวิต เช่น แคดเมียม ที่สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตบางชนิดจนมีความเข้มข้นสูงกว่าสิ่งแวดล้อมได้ถึงพันเท่า

ข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายและการเปลี่ยนรูปของสารเคมีสามารถหาได้จากข้อมูลด้านกายภาพและเคมีที่มีอยู่ในฐานข้อมูลด้านสารเคมีทั่วไป ตารางที่ 2.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ของสารเคมีที่สำคัญๆ และอธิบายว่าจะใช้ในการประเมินการเคลื่อนย้ายและการเปลี่ยนรูปของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมอย่างไร

นอกจากนี้จะต้องพิจารณาลักษณะของแหล่งกำเนิด (ที่ได้พิจารณาในขั้นที่หนึ่ง) ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวในสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะของดิน เช่น ความชื้นในดิน ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ จะมีผลต่อการเคลื่อนตัวของสารเคมีหลายชนิด หรือระดับน้ำใต้ดินที่สูงจะเพิ่มโอกาสที่สารเคมีในดินจะซึมลงไปปนเปื้อนได้อย่างมาก

อนึ่ง ควรใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีและแหล่งกำเนิดมลพิษในการประเมินการเคลื่อนตัวของสารคุกคามภายในและระหว่างตัวกลางด้วยกัน รวมทั้งการคงตัวหรือการสะสมตัวภายในตัวกลางหนึ่งตัวกลางใด นอกจากนั้น ควรใช้ข้อมูลที่มีการเฝ้าคุมและข้อมูลการวิเคราะห์เส้นทางการเปลี่ยนแปลงในการระบุตัวกลางที่ปนเปื้อนในปัจจุบันและในอนาคต

(3) การค้นหาจุดของการสัมผัสและเส้นทางเข้าสู่ร่างกาย

ภายหลังจากที่สามารถระบุตัวกลางที่ปนเปื้อนหรือที่จะปนเปื้อนได้แล้ว ขั้นต่อไปคือ การระบุจุดสัมผัส (exposure point) โดยพิจารณาว่าประชากรกลุ่มเสี่ยง (ที่ระบุไว้แล้วในขั้นตอนที่หนึ่ง) อาจสัมผัสตัวกลางนี้หรือไม่และที่ใด นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาตำแหน่งของกลุ่มประชากรและลักษณะของกิจกรรมในบริเวณนั้น รวมทั้งกลุ่มประชากรย่อยที่มีความเสี่ยงสูงด้วย ทุกๆ จุด ที่อาจมีการสัมผัสกับตัวกลางถือว่าเป็นจุดสัมผัสทั้งสิ้น และควรหาจุดสัมผัสซึ่งความเข้มข้นในการสัมผัสสูงที่สุด การพิจารณายังรวมถึงการสัมผัสที่อาจอยู่นอกบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิด ซึ่งโดยมากความเข้มข้นของการสัมผัสสูงสุด จะเกิดขึ้นในบริเวณที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดมากที่สุดและบริเวณที่อยู่ใต้ลมลงมา ในบางกรณีอาจพบความเข้มข้นสูงสุดในบริเวณที่อยู่ห่างออกไป ตัวอย่างเช่น สารเคมีในบริเวณนั้นอาจถูกพาให้เคลื่อนตัวและสะสมที่แหล่งน้ำที่ห่างออกมาและถูกสะสมเพิ่มความเข้มข้นในสัตว์น้ำในที่สุด

ตารางที่ 2.6 ค่าพารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวในสิ่งแวดล้อม และค่าทางกายภาพและเคมีที่สำคัญ (US Environmental Protection Agency. 1989)

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
K_{oc}	เป็นค่าที่แสดงขนาดของการแยกตัวของสารเคมีระหว่างคาร์บอนอินทรีย์และน้ำ ณ จุดสมดุล ค่า K_{oc} ที่สูง แสดงว่าสารเคมีจะอยู่ติดกับดินหรือตะกอนได้ดีกว่าการอยู่ในน้ำ
K_d	เป็นค่าที่แสดงความจำเพาะของดินหรือตะกอน โดยวัดขนาดของการแยกตัวของสารเคมีระหว่างดินหรือตะกอนและน้ำ ค่า K_d ที่สูง แสดงว่าสารเคมีจะอยู่ติดกับดินหรือตะกอนได้ดีกว่าการอยู่ในน้ำ
K_{ow}	เป็นค่าที่แสดงขนาดของการแยกตัวของสารเคมีระหว่างน้ำและอ็อกทานอล (octanol) ณ จุดสมดุล ค่า K_{ow} ที่สูง แสดงว่าสารเคมีจะอยู่ติดกับออกทานอลได้ดีกว่าการอยู่ในน้ำ ออกทานอลถือเป็นตัวแทนของไขมัน และสามารถใช้ค่า K_{ow} ในการทำนายการสะสมของสารเคมีนั้นในสัตว์น้ำ
ความสามารถในการละลาย	คือค่าเพดานบนของความเข้มข้นของสารเคมีที่ละลายในน้ำ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ความเข้มข้นในของเหลวที่เกินไปจากค่าความสามารถในการละลาย อาจแสดงว่าสารเคมีถูกดูดซับบนผิวของตะกอน มีการปะปนของสารเคมีที่เป็นตัวทำละลาย เช่น สาร solvent หรือการปะปนของของเหลวบางชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ
Henry's Law Constant	เป็นค่าที่แสดงขนาดของการแยกตัวของสารเคมีระหว่างอากาศและน้ำ ณ จุดสมดุล ค่า Henry's Law Constant ที่สูง แสดงว่าสารเคมีจะระเหยไปสู่อากาศได้มากกว่าการอยู่ในน้ำ
ความดันอากาศ (vapor pressure)	คือค่าความดันของไอสารเคมีที่อยู่ในสภาพสมดุลกับสารเคมีนั้นที่อยู่ในสภาพของแข็งหรือของเหลว ณ อุณหภูมิที่กำหนด ค่านี้จะใช้ในการคำนวณอัตราการระเหยของสารบริสุทธิ์ออกจากผิว หรือใช้ในการประมาณค่า Henry's Law Constant สำหรับสารเคมีที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ต่ำ ค่าความดันไอที่สูง แสดงว่าสารเคมีมีแนวโน้มที่จะกลายเป็นไอได้มาก

ตารางที่ 2.6 ค่าพารามิเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวในสิ่งแวดล้อม และค่าทางกายภาพและเคมีที่สำคัญ (ต่อ) (US Environmental Protection Agency. 1989)

พารามิเตอร์	คำอธิบาย
ความสามารถในการแพร่ (diffussivity)	เป็นค่าที่อธิบายการเคลื่อนตัวของโมเลกุลในตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือก๊าซอันเนื่องมาจากความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ค่านี้ใช้ในการคำนวณส่วนที่มีการกระจายตัวของสารเคมีขณะเคลื่อนตัว ค่าความสามารถในการแพร่ที่สูง แสดงว่าสารเคมีจะมีการเคลื่อนตัวได้มากเมื่อมีความเข้มข้นแตกต่างกัน
ค่าปัจจัยการเพิ่มความเข้มข้นทางชีวภาพ (bioconcentration factor, BCF)	เป็นค่าที่แสดงขนาดของการแยกตัวของสารเคมี ณ จุดสมดุลระหว่างตัวกลางที่มีชีวิต เช่น เนื้อเยื่อของปลาหรือพืชกับตัวกลางภายนอก เช่น น้ำ ค่า BCF ที่สูง แสดงว่าการสะสมตัวในสิ่งมีชีวิตมีค่าสูง
ค่าครึ่งชีวิตในตัวกลางเฉพาะ	แสดงค่าความคงตัวของสารเคมีในตัวกลางที่กำหนด แม้ว่าที่แท้จริงอาจผันแปรไปได้อย่างมากขึ้นกับสภาพของแหล่งกำเนิดก็ตาม ค่าครึ่งชีวิตที่สูงแสดงว่าสารเคมีคงตัวอยู่ในตัวกลางได้นาน

ภายหลังจากระบุจุดสัมผัสแล้ว จะต้องค้นหาช่องทางการสัมผัสที่เป็นไปได้ทั้งหมด (ได้แก่ การรับประทาน การหายใจ การสัมผัสทางผิวหนัง) โดยอาศัยข้อมูลด้านตัวกลางที่ปนเปื้อนและกิจกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ณ จุดสัมผัส ในบางสถานการณ์อาจมีจุดสัมผัสแต่ช่องทางการสัมผัสไม่เกิดขึ้น (เช่น สัมผัสดินที่ปนเปื้อนโดยที่สวมถุงมือ)

(4) การรวบรวมข้อมูล

ในขั้นนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้เส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์ เส้นทางที่สมบูรณ์จะต้องประกอบด้วย (1) แหล่งกำเนิดหรือสารคุกคามที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด (2) จุดสัมผัสที่การสัมผัสสามารถเกิดขึ้น และ (3) ช่องทางการสัมผัสที่การสัมผัสสามารถเกิดขึ้นได้ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งจะถือว่าเส้นทางไม่สมบูรณ์ เช่น ในสถานการณ์หนึ่งซึ่งแหล่งกำเนิดมีการปล่อยสารคุกคามสู่บรรยากาศ แต่ไม่มีผู้คนอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงเลย เป็นต้น

จากเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์ทั้งหมด ให้เลือกเส้นทางที่จะใช้ในการประเมินการสัมผัสต่อไป โดยหลักแล้วเส้นทางทั้งหมดควรถูกนำมาประเมิน เว้นแต่ว่ามีหลักฐานที่เชื่อได้ว่าสามารถตัดออกไปได้ หลักฐานดังกล่าวได้แก่สิ่งใดสิ่งหนึ่งต่อไปนี้

(4.1) การสัมผัสจากเส้นทางนั้นมีระดับน้อยกว่าเส้นทางอื่นซึ่ง

เกิดกับตัวกลางเดียวกัน ณ จุดสัมผัสเดียวกัน

(4.2) ขนาดของการสัมผัสจากเส้นทางนั้นน้อยมาก

(4.3) โอกาสที่การสัมผัสจะเกิดขึ้นน้อยมาก และความเสี่ยงที่สัมพันธ์กันก็น้อยมากเช่นกัน ในทางตรงข้ามถ้าเส้นทางนั้นอาจก่อให้เกิดผลเสียหายอย่างมากจะต้องนำมาประเมินเสมอแม้ว่าโอกาสของการเกิดจะต่ำเพียงใดก็ตาม

สำหรับเส้นทางที่สมบูรณ์แล้วนี้อาจพบว่า การวัดปริมาณการสัมผัสในขั้นต่อไปอาจเป็นไปไม่ได้ เนื่องจากขาดข้อมูลที่จำเป็นต่อการประเมินเกี่ยวกับการปลดปล่อยสารคุกคาม ความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อม หรือการรับเข้าในร่างกายของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่มีอยู่อาจใช้ทดแทนหรือช่วยเสริมข้อมูลที่เก็บมาจากการเฝ้าคุมได้ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวให้น้อยที่สุด แต่สิ่งที่ต้องคำนึงไว้เสมอคือ ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการทำแบบจำลองนี้อาจมีค่าสูงมากจนไม่อาจยอมรับผลที่ได้ว่าถูกต้อง

(5) การสรุปข้อมูล

ในขั้นตอนนี้คือ การสรุปข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์ทั้งหมด โดยการระบุประชากรกลุ่มเสี่ยง ตัวกลางที่จะนำไปสู่การสัมผัส จุดสัมผัส และช่องทางการสัมผัส เส้นทางใดที่ถูกตัดออกจากการประเมิน จะต้องระบุเหตุผลไว้ด้วย นอกจากนั้นต้องทำข้อสรุปเกี่ยวกับเส้นทางการสัมผัสที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน รวมทั้งที่จะเกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตแยกออกจากกัน ข้อสรุปทั้งหมดจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการกำหนดขอบเขตในการดำเนินการขั้นต่อไป (การวัดปริมาณการสัมผัส) ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างของแบบการทำข้อสรุปดังกล่าว

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างแบบการทำข้อสรุปเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์พร้อมเหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือก (US Environmental Protection Agency. 1989)

ประชากรกลุ่มเสี่ยง	**ช่องทาง ตัวกลาง และจุดสัมผัส**	**เส้นทางนี้ถูกเลือกเพื่อการประเมินต่อไป**	**เหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือก**
การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน			
กลุ่มผู้อยู่อาศัย	การดื่มน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำที่อยู่ต่ำลงไปจากแหล่งกำเนิดมลพิษ	ใช่	ผู้คนอาศัยน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำมาทำน้ำดื่ม

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างแบบการทำข้อสรุปเส้นทางการสัมผัสที่สมบูรณ์พร้อมเหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือก (ต่อ) (US Environmental Protection Agency. 1989)

ประชากรกลุ่มเสี่ยง	ช่องทาง ตัวกลาง และจุดสัมผัส	เส้นทางนี้ถูกเลือกเพื่อการประเมินต่อไป	เหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือก
กลุ่มผู้อยู่อาศัย	การหายใจเอาไอระเหยของสารเคมีจากน้ำใต้ดินในระหว่างนำมาใช้ภายในบ้าน	ใช่	สารเคมีที่สนใจและอยู่น้ำใต้ดินสามารถระเหยเป็นไอได้และน้ำนี้ก็ถูกนำมาใช้ด้วย
คนงานในโรงงานอุตสาหกรรม	การสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีในดินที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดสารมลพิษนั้น	ใช่	ดินที่ปนเปื้อนสารเคมีนั้นอยู่ในบริเวณที่คนงานอาจนำมาใช้ได้
การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต			
กลุ่มผู้อยู่อาศัย	การสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีในดินที่อยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดสารมลพิษนั้น	ใช่	ในบริเวณนั้นอาจถูกพัฒนาให้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยในอนาคต
กลุ่มผู้อยู่อาศัย	การรับประทานเอาสารเคมีที่สะสมในปลาที่อยู่ในสระน้ำใกล้กับแหล่งกำเนิดมลพิษ	ใช่	การสัมผัสด้วยวิธีนี้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก เนื่องจากสารเคมีที่สนใจไม่สามารถสะสมในปลาได้อย่างมากจนก่อให้เกิดอันตราย

3) ขั้นที่ 3 การวัดการสัมผัส (Quantifying Exposure)

ในขั้นนี้ ผู้ประเมินจะทำการวัดขนาด ความถี่ และระยะเวลาของการสัมผัสของแต่ละเส้นทางที่ได้จากขั้นตอนที่สอง โดยทั่วไป ขั้นนี้มักจะทำเป็น 2 ระยะ คือการประมาณความเข้มข้นของการสัมผัส และการคำนวณปริมาณที่ได้รับ

ในขั้นของการประมาณความเข้มข้นของการสัมผัสนี้ผู้ประเมินจะต้องระบุความเข้มข้นของสารคุกคามตลอดช่วงระยะเวลาของการสัมผัส ซึ่งความสามารถประมาณได้จากข้อมูลการเฝ้าคุมหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนย้าย และการเปลี่ยนแปลงของสารคุกคามในสิ่งแวดล้อม (ดูตอนต้นของบท) แบบจำลองที่ดีสามารถใช้ทำนายความเข้มข้นของสารคุกคามในอนาคตที่อาจมีการปนเปื้อนในตัวกลางที่สนใจได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวกลางที่ยังไม่มีการเฝ้าคุม

ในขั้นของการคำนวณปริมาณที่ได้รับ ผู้ประเมินจะคำนวณการได้รับสารคุกคามเฉพาะอย่างสำหรับแต่ละเส้นทางที่ระบุไว้ในขั้นที่สอง การประมาณการสัมผัสจะระบุในรูปของปริมาณมวลสารของสารคุกคาม ที่มีการสัมผัสกับร่างกายต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักร่างกายต่อหนึ่งหน่วยเวลา (เช่น มิลลิกรัมของสารเคมีต่อน้ำหนักร่างกายหนึ่งกิโลกรัมต่อวันหรือ มก./กก.-วัน) ค่าที่ได้นี้เรียกว่า "ปริมาณที่ได้รับ" (intake) ในเอกสารอื่นๆ อาจมีการใช้ศัพท์อื่นๆ ที่มีความหมายเทียบเท่าหรือเกี่ยวข้องกับ "ปริมาณที่ได้รับ" ดังแสดงในกรอบข้อความที่ 1 ในการคำนวณหาปริมาณที่ได้รับจะใช้สมการที่ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของการสัมผัส อัตราการสัมผัส ความถี่ของการสัมผัสระยะเวลาการสัมผัส น้ำหนักร่างกาย และระยะเวลาเฉลี่ยของการ ค่าของตัวแปรบางค่าอาจขึ้นกับสภาพของแหล่งกำเนิดและลักษณะของกลุ่มประชากรที่อาจสัมผัสสารนั้น

ภายหลังจากที่คำนวณค่าปริมาณการได้รับแล้ว จะต้องจัดกลุ่มตามประชากรตามความเหมาะสม จากนั้นจะต้องพิจารณาแหล่งของความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นกับข้อมูล (เช่น ความแปรปรวนในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล การประมาณค่าพารามิเตอร์ ฯลฯ) รวมทั้งผลที่มีต่อการประมาณการสัมผัสข้อมูลเกี่ยวกับความไม่แน่นอนเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ ซึ่งจะต้องประเมินผลของการประเมินการสัมผัสและความเสี่ยงและทำการตัดสินใจในการดำเนินการต่อไป ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ การคำนวณระดับการสัมผัสสูงสุดที่สมเหตุสมผล (reasonable maximum exposure : RME) และการพิจารณาระยะเวลาการสัมผัส โดยเฉพาะการสัมผัสระยะสั้น

(1) ข้อพิจารณาทั่วไป

ขั้นตอนต่อไปของกระบวนการประเมินการสัมผัสคือ การวัดขนาด ความถี่ และระยะเวลาของการสัมผัสในประชากรกลุ่มเสี่ยง สำหรับเส้นทางการสัมผัสที่เลือกมาทำการประเมินตามขั้นตอนที่สองที่ได้กล่าวมาแล้ว ในขั้นนี้มักจะดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอนย่อยคือ ขั้นแรกทำการประมาณความเข้มข้นของการสัมผัส จากนั้นขั้นที่สองทำการคำนวณปริมาณที่ได้รับ (intake) ตามเส้นทางแต่ละเส้นทาง ระเบียบวิธีในการคำนวณความเข้มข้นของการสัมผัสและการสัมผัสตามเส้นทางจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

(2) การคำนวณหาความเข้มข้นของการสัมผัส

ในส่วนนี้ จะได้อธิบายหลักการพื้นฐานและระเบียบวิธีในการคำนวณหาความเข้มข้นของการสัมผัสของสารคุกคามที่อาจก่อให้เกิดพิษในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยอาศัยข้อมูลที่มีการเก็บหรือแบบจำลองที่เหมาะสม ดังได้กล่าวมาแล้วว่าความเข้มข้นในสมการการสัมผัสคือ ความเข้มข้นเฉลี่ยที่ได้รับ ณ จุดสัมผัสตลอดระยะเวลาการสัมผัส ดังนั้น ในการประมาณค่าความเข้มข้นของการสัมผัส วัตถุประสงค์หลัก คือ การหาค่าที่อนุรักษ์ของค่าเฉลี่ยดังกล่าว (เช่น ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ของเพดานบนของค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของสารเคมี) ต่อไปนี้จะอธิบายถึงหลักการเกี่ยวกับการค้นหาชนิดของข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมาณความเข้มข้น แหล่งข้อมูล รวมทั้งการแปลความหมายและการนำผลไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอทั่วไปสำหรับการประมาณค่าความเข้มข้นของการสัมผัส

โดยทั่วไปยังต้องอาศัยความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเป็นส่วนมากในการประมาณค่าความเข้มข้นการสัมผัส ทั้งนี้อาจประมาณได้จาก (1) ข้อที่ทำการเก็บจากการเฝ้าคุมเพียงอย่างเดียว (2) ข้อมูลที่ทำการเก็บจากแหล่งเฝ้าคุม ร่วมกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม ในการประเมินการสัมผัสส่วนมากมักจะต้องใช้ข้อมูลในกรณีที่สองเพื่อประมาณความเข้มข้นการสัมผัสเสมอ

(2.1) การใช้ข้อมูลจากการเฝ้าคุมโดยตรง การใช้ข้อมูลจากการเฝ้าคุมในการประมาณความเข้มข้นการสัมผัส มักเกิดขึ้นในกรณีที่การสัมผัสเกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับตัวกลางที่มีการเฝ้าคุมโดยตรง (เช่น การสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีในดินและตะกอนดิน) หรือในกรณีที่การเฝ้าคุมเกิดขึ้น ณ จุดสัมผัสโดยตรง (เช่น บ่อน้ำดื่มหรือบริเวณที่ผลิตน้ำประปา) ดังนั้น ในการพิจารณาเส้นทางการสัมผัส ข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าคุม (การวัด) จึงเป็นค่าประมาณของความเข้มข้นการสัมผัสที่ดีที่สุด

ขั้นตอนในการประมาณความเข้มข้นการสัมผัส คือ ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าคุมที่มีอยู่ทั้งหมด โดยพิจารณาจากลักษณะของแหล่งกำเนิดสารพิษ

และเส้นทางที่จะทำการประเมิน บางครั้งอาจจำเป็นต้องแบ่งข้อมูลของสิ่งคุกคามจากตัวกลางต่างๆ ออกเป็นกลุ่มย่อยตามตำแหน่งที่ทำการสุ่มตัวอย่างและเส้นทางการสัมผัส

(2.2) การใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง ในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อการใช้ข้อมูลจากการเฝ้าคุมเพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสม แต่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนย้ายของสารคุกคามในสิ่งแวดล้อมร่วมด้วยในการประมาณความเข้มข้นการสัมผัส กรณีซึ่งการใช้ข้อมูลจากการเฝ้าคุมเพียงอย่างเดียวอาจไม่เหมาะสม ได้แก่ กรณีต่อไปนี้

(2.2.1) จุดสัมผัสอยู่คนละบริเวณกับจุดที่มีการเฝ้าคุม (ตรวจวัด) โดยเฉพาะอย่างอย่าง เมื่อจุดสัมผัสอยู่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดสารมลพิษ แต่การใช้แบบจำลองจำเป็นจะต้องทราบกลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมและการเคลื่อนย้ายจากแหล่งกำเนิดสู่จุดสัมผัส (เช่น การเคลื่อนย้ายในน้ำใต้ดิน การกระจายในอากาศ เป็นต้น)

(2.2.2) ขาดข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายของข้อมูลตามเวลา โดยทั่วไปข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวมมักเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยเฉพาะในกรณีของอุบัติเหตุต่างๆ เช่น การรั่วไหลของสารเคมีจากรถบรรทุก แม้ว่าอาจมีบางสถานการณ์ที่เชื่อได้ว่าความเข้มข้นของสารคุกคามจะคงที่อยู่เป็นเวลานาน แต่ก็พบว่าข้อมูลที่มีการเก็บจากการเฝ้าคุมไม่เพียงพอต่อการทำนายความเข้มข้นของการสัมผัสในอนาคต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองในการทำนายดังกล่าว

(2.2.3) ข้อมูลการเฝ้าคุมถูกจำกัดด้วยการวัด ในบางกรณีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอยู่ในระดับต่ำกว่าจะทำการวัดได้ด้วยเครื่องมือ แต่สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษขึ้นได้ เช่นนี้การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายความเข้มข้นจึงมีความจำเป็น ตัวอย่างเช่น สารพิษจากน้ำใต้ดินอาจไหลเข้าสู่แม่น้ำ ซึ่งจะถูกเจือจางลงจนอยู่ในระดับที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ อย่างไรก็ตาม ปริมาณที่มีอยู่ (แม้จะต่ำมาก) อาจเพียงพอที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษหรืออาจสะสมในสิ่งมีชีวิตจนก่อให้ผลต่อสุขภาพได้

(2.3) ข้อพิจารณาอื่นๆ เมื่อใดที่มีการประเมินสารคุกคามที่ปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งคือ การพิจารณาการกระจายของข้อมูลตามสถานที่ และประเมินในลักษณะที่มีความเกี่ยวข้องกับเส้นทางการสัมผัสที่จะทำการประเมินให้มากที่สุด กล่าวโดยสรุป ให้พิจารณาบริเวณที่มีการปนเปื้อนและให้สอดคล้องกับลักษณะกิจกรรมของประชากร การทำแผนที่การกระจายของทั้งความเข้มข้นและลักษณะกิจกรรมจะเป็นประโยชน์อย่างมาก ในการประเมินการสัมผัส บริเวณที่มีการซ้อนทับกันของลักษณะกิจกรรมและการปนเปื้อนจะใช้ในการกำหนดอาณาบริเวณของการสัมผัส การเลือกตัวอย่างแบบสุ่มหรือโดยการสุ่มแบบตะแกรงอย่างเป็นระบบ (systemtic grid pattern) จะทำให้ได้ตัวแทนที่ดีสำหรับเส้นทางการสัมผัสที่

กำหนดมากกว่าทำการรวบรวมข้อมูลจากบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงเท่านั้น

สำหรับประเด็นอื่นๆ ที่ควรพิจารณาในการประเมินความเข้มข้นการสัมผัส ได้แก่

(2.3.1) สภาพเสถียรหรือไม่เสถียร โดยทั่วไปเรามักกำหนดให้สภาพการประเมินในบริเวณหนึ่งๆ อยู่ในสภาวะที่เสถียร เพราะในสภาพที่ไม่เสถียร (เช่น แหล่งกำเนิดมีความเข้มข้นของสารคุกคามลดลงเรื่อยๆ) มักไม่อาจหาข้อมูลได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้สูงที่จะได้ผลการประเมินความเข้มข้นการสัมผัสที่เกินความเป็นจริงในกรณีการสัมผัสแบบระยะยาว

(2.3.2) ชนิดและจำนวนของพารามิเตอร์ที่กำหนด ในการพัฒนาแบบจำลองของการสัมผัส อาจจำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์บางชนิด เช่น ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ความเร็วและทิศทางของลม และชนิดของดิน เป็นต้น ในกรณีที่ค่าเหล่านี้ไม่อาจหาได้ ก็ให้พิจารณาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแทน

(2.3.3) ชนิดและจำนวนของกระบวนการการเปลี่ยนสภาพในสิ่งแวดล้อม ในบางกรณี แบบจำลองการสัมผัสอาจจำกัดแค่การพิจารณาเฉพาะความสมดุลของมวล (mass balance) การเจือจาง (dilution) การกระจายตัว (dispersion) และการแตกตัวที่อยู่ในสมดุล (equilibrium partitioning) ในขณะที่บางกรณีแบบจำลองของกระบวนการเปลี่ยนสภาพในสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนกว่า อาจจำเป็น เช่น ปฏิกิริยาเคมี การสลายตัวทางชีวภาพ (biodegradation) และการแตกตัวด้วยแสง (photolysis) อย่างไรก็ตาม การทำนายกระบวนการเปลี่ยนสภาพในสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ต้องการการตรวจสอบความถูกต้องในจำนวนที่มากกว่ากระบวนการเปลี่ยนสภาพในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมักมีความซับซ้อนน้อยกว่า

(2.4) การประมาณความเข้มข้นสารเคมีในอาหาร

ในส่วนนี้จะแยกพิจารณาตามประเภทของอาหาร ดังนี้ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547 : 54)

(2.4.1) ปลาและหอย ความเข้มข้นของสารเคมีในปลาและหอยสามารถทำการตรวจวัดหรือประมาณได้ การสุ่มตรวจสัตว์น้ำเหล่านี้ในบริเวณที่ทำการประเมินสามารถใช้เป็นข้อมูลได้ แต่ก่อนใช้ควรจะทำการประเมินก่อนว่าการสุ่มตัวอย่างเพียงพอหรือไม่ในแง่จำนวนและสายพันธุ์ นอกจากนั้นจะต้องตรวจสอบว่า วิธีการตรวจมีข้อจำกัดด้านปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่ยังอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์หรือไม่ จำนวนตัวอย่างที่น้อยเกินไปหรือการตรวจวัดที่สามารถตรวจหาระดับความเข้มข้นที่ต่ำมากๆ ได้อาจนำไปสู่ข้อสรุปที่ผิดพลาดได้

ในการตรวจวัดทั่วไป จะต้องพิจารณาก่อนว่าสารเคมีถูกสะสมในสิ่งมีชีวิตแบบเพิ่มความเข้มข้น (bioconcentration) (ได้แก่ การรับเอาสารเคมีจากน้ำ) หรือแบบสะสม (bioaccumulation) (ได้แก่ การรับเอาสารเคมีจากการกินอาหาร ตะกอนดิน หรือน้ำ) ตัวอย่างเช่น สาร VOC (volatile organic chemical) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะสะสมในสัตว์ชนิดหนึ่ง แต่ไม่สะสมในสัตว์อีกชนิดหนึ่ง ตัวอย่างเช่น สาร PAH (polycyclic aromatic hydrocarbon) มีแนวโน้มที่จะสะสมในพวกสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง (เช่น หอย กุ้ง) มากกว่าในปลา เนื่องจากในปลา สารนี้จะถูกทำให้สลายตัวอย่างรวดเร็ว สำหรับกรณีสารเคมีที่มีการเพิ่มความเข้มข้นในสัตว์น้ำ จะต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแยกส่วนระหว่างสิ่งมีชีวิตและน้ำ (organism/water partition coefficient) เช่น ค่าความเข้มข้นชีวภาพ (bioconcentration factor, BCF) ในการประมาณความเข้มข้น ณ จุดเสถียร ค่า BCF ที่ใช้สำหรับเนื้อเยื่อที่รับประทานได้ (เช่น เนื้อ) โดยทั่วไปจะเหมาะกับการประเมินการสัมผัสในมนุษย์ที่เกิดจากการรับประทานปลาหรือหอยมากกว่าค่า BFC ที่เป็นของทั้งตัว ถึงแม้ว่าอาจจะมีกรณียกเว้นสำหรับสัตว์น้ำบางชนิดหรือพฤติกรรมการบริโภคของประชากรบางกลุ่มก็ตาม ในกรณีที่มีข้อมูลจากหลากหลายการทดลองก็ให้เลือกค่า BCF ที่ได้จากการทดลองในสัตว์สายพันธุ์คล้ายคลึงกับสายพันธุ์ที่มีอยู่ในบริเวณนั้นให้มากที่สุด ซึ่งเมื่อนำมาคูณกับความเข้มข้นของสารเคมีในน้ำก็จะได้ค่าประมาณความเข้มข้นในเนื้อเยื่อ สิ่งซึ่งต้องระวังก็คือค่า BCF ที่ได้จะต้องหามาจากสภาพที่เสถียรหรือสมดุลเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปจะถึงจุดดังกล่าวได้ก็ต่อเมื่อมีการสัมผัสมาเป็นระยะเวลานานพอสมควร (แต่ก็มีสารเคมีบางชนิดที่ถึงจุดเสถียรในสัตว์บางสายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว)

ในกรณีที่ไม่อาจหาค่า BCF ได้ ก็อาจใช้วิธีการประมาณค่า โดยใช้สมการถดถอยซึ่งอาศัยข้อมูลสัมประสิทธิ์การแตกตัวระหว่างออกทานอลและน้ำ (K_{ow}) นอกจากนี้ยังมีสมการอื่นๆ ที่พัฒนาขึ้นสำหรับสารเคมีที่โครงสร้างคล้ายคลึงกันซึ่งอาจนำมาใช้แทนได้ ถ้าหากมีความสัมพันธ์เชิงสถิติมากพอ อย่างไรก็ตามสมการถดถอยที่ใช้เพื่อประมาณค่า BCF นี้อาจให้ผลความเข้มข้นสารเคมีในเนื้อเยื่อสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง ขึ้นกับสารและการศึกษาที่ใช้ในการหาสมการถดถอย ยกตัวอย่างเช่น สาร PAH ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก (เช่น bena(a)pyrene) ซึ่งมีค่า K_{ow} สูง ทำให้เกิดผลการทำนายได้ว่าจะมีสารตกค้างในเนื้อเยื่อของปลาสูง อย่างไรก็ตาม สาร PAH จะถูกทำลายในตับได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เหลือสะสมในเนื้อเยื่อน้อยมาก การที่ค่า K_{ow} สูง เพราะสมการถดถอยไม่ได้ไม่ได้นำเอาปัจจัยด้านเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetic) เข้ามาพิจารณา ทำให้ได้ผลการประมาณความเข้มข้นในสิ่งมีชีวิตสูงกว่าความเป็นจริง ในทางตรงข้าม การศึกษาที่ใช้ในการพัฒนาสมการถดถอยที่ไม่ได้พิจารณาในขณะที่อยู่ในสภาพเสถียร มีแนวโน้มที่จะได้ค่า BCF ที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

วิธีการหลักในการประมาณความเข้มข้นของสารเคมีในเนื้อเยื่อปลา ได้แก่ การหาค่าความเข้มข้นสารเคมีที่ละลายในน้ำเท่านั้น ซึ่งแม้ว่าสารเคมีอาจปรากฏในตะกอนดินและอาจสะสมในปลาได้ แต่เนื่องจากขาดข้อมูลที่จะแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นในปลาที่มาจากตะกอนดินมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด จึงไม่นำมาคิดร่วมด้วย อย่างไรก็ตามมีสารเคมีบางชนิด เช่น PCB สามารถดูดซับบนผิวตะกอนดินได้ดีมาก และสามารถอยู่ในพื้นผิวน้ำในปริมาณความเข้มข้นที่ต่ำมาก จนไม่อาจตรวจพบได้ แต่สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตได้ ในกรณีนี้อาจต้องใช้แบบจำลองในการหาความเข้มข้นในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตอันเนื่องมาจากสารเคมีที่อยู่ในตะกอนดิน

(2.4.2) พืช สารเคมีที่ปนเปื้อนในบริเวณที่ทำการประเมินอาจพบในพืชได้อันเนื่องมาจากการสะสมบนผิวของพืชนั้นโดยตรง ดูดซึมจากดิน และดูดซึมจากในอากาศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสุ่มตัวอย่างพืชหรือผลผลิตของมันมาทำการตรวจวิเคราะห์ เพื่อประมาณค่าความเข้มข้นการสัมผัส ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลการตรวจวัด อาจใช้แบบจำลองในการประมาณค่าความเข้มข้นการสัมผัสได้ แต่พึงระวังว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองมักมีความไม่แน่นอนสูง

ในกรณีการสะสมลงบนพืชเป็นแหล่งที่สำคัญของสารเคมี เราอาจใช้แบบจำลองการกระจายตัวในอากาศ ร่วมกับการใช้ "ค่าสัดส่วนการดักจับโดยพืช" (plant interception fraction) มาคำนวณระดับสารเคมีที่อยู่ในพืช ค่าสัดส่วนการดักจับโดยพืชสามารถหาได้จากงานการศึกษาวิจัย

ในกรณีที่การปนเปื้อนในดินเป็นแหล่งที่สำคัญของสารเคมี เราอาจคำนวณความเข้มข้นของสารเคมีในพืชได้ โดยการหาผลคูณระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแยกส่วนระหว่างดินกับพืชและความเข้มข้นในดิน ค่าสัมประสิทธิ์การแยกส่วนระหว่างดินกับพืชสามารถหาได้จากรายงานการศึกษา โดยเลือกค่าที่สอดคล้องกับชนิดของพืชที่ทำการประเมิน ในกรณีที่ไม่พบข้อมูลดังกล่าว เราสามารถใช้ค่า BCF ทั่วไปที่ไม่จำเพาะต่อพืช อย่างไรก็ตามนอกจากค่า BCF เราต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการรับเอาสารพิษเข้าไปในพืช ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน และสารเคมีอื่นๆ ร่วมด้วย

(2.4.3) สัตว์บก เช่นเดียวกับชนิดของอาหารอื่นๆ เราควรใช้ข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าคุมเนื้อเยื่อของสัตว์เหล่านี้ในการประเมินการสัมผัสสารเคมีในมนุษย์ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดังกล่าว ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้าย (transfer coefficient) ร่วมกับปริมาณมวลสารเคมีรวมที่สัตว์รับประทานเข้าไปต่อวัน ในการประมาณค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในเนื้อ นม และไข่ โดยทั่วไปข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการทำแบบจำลองการรับเอาสารเคมีของสัตว์บกจะมีที่ศึกษาไว้เฉพาะแต่ในสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมจำพวกวัวควาย สิ่งที่ต้องระลึกไว้คือ

สัตว์เหล่านี้มักจะได้รับสารเคมีพร้อมกันจากหลายแหล่ง เช่น น้ำ ดิน อาหารในยุ้งฉาง หญ้า ฟาง ซึ่งปริมาณแหล่งอาหารเหล่านี้ที่สัตว์เหล่านี้ที่สัตว์กินเข้าไปต่อวันก็มีความผันแปรได้อย่างมาก ซึ่งแต่ละแหล่งเองก็ยังมีปริมาณสารปนเปื้อนที่แตกต่างกันได้อย่างมากด้วย ดังนั้น เนื่องจากทุกแหล่งมีความสำคัญต่อปริมาณสารเคมีที่สัตว์จะได้รับเข้าไป การคำนวณโดยใช้วิธีหามวลสารรวมต่อวันจึงมีความเหมาะสม เพราะสามารถใช้ประยุกต์ได้กับข้อมูลที่มาจากหลายๆ แหล่งกำเนิดดังกล่าว

ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้ายสามารถหาได้จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าดังกล่าวได้ ก็ให้ใช้สมการถดถอยในเอกสารงานวิจัย เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนย้าย สิ่งที่ต้องระวังคือ สมการถดถอยในเอกสารงานวิจัยบางชิ้นได้จากการศึกษาแบบระยะสั้น ดังนั้นจึงอาจได้ผลการประเมินความเข้มข้นสารเคมีในเนื้อหรือนมที่ต่ำกว่าความเป็นจริง นอกจากนั้นค่าสมการถดถอยที่ได้จากค่า K_{ow} อาจทำให้ได้ผลการประเมินเกินจากความเป็นจริงในสารเคมีบางชนิด เช่น benz(a)pyrine ซึ่งโดยปกติจะถูกทำลายในร่างกายอย่างรวดเร็ว ภายหลังจากที่ได้ค่าความเข้มข้นสารเคมีในอาหารสัตว์แล้ว ก็ให้นำมาคำนวณร่วมกับตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณการกินอาหาร ดินและน้ำต่อวัน (ซึ่งสามารถหาได้จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง) เพื่อหาค่าปริมาณสารเคมีที่สัตว์ได้รับต่อวัน

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการสรุปค่าความเข้มข้นการสัมผัส (US Environmental Protection Agency. 1989)

ประชากร/เส้นทางการสัมผัส	ความเข้มข้นของการสัมผัส	หมายเหตุ
ผู้อยู่อาศัย		
การดื่มน้ำใต้ดิน		
Benzene	9 μg/L	ความเข้มข้นในระดับค่าความเชื่อมั่นเพดานบนที่ร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดความเข้มข้นจากบ่อน้ำ
Chlordane	5.3 μg/L	
Cyanide	11 μg/L	
การสัมผัสดินโดยตรง		
แมงกานีส	1200 mg/kg	ความเข้มข้นในระดับค่าความเชื่อมั่นเพดานบนที่ร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดความเข้มข้นที่ผิวดินในบริเวณนั้น
เซเลเนียม	48 mg/kg	
ปรอท	2 mg/kg	

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการสรุปค่าความเข้มข้นการสัมผัส (ต่อ) (US Environmental Protection Agency. 1989)

ประชากร/เส้นทางการสัมผัส	ความเข้มข้นของการสัมผัส	หมายเหตุ
การหายใจฝุ่น		
แมงกานีส	1 mg/m^3	ความเข้มข้นได้จากการประมาณจากแบบจำลองการเกิดฝุ่นฟุ้งกระจายและการกระจายตัวในอากาศ โดยค่าความเข้มข้นที่ใช้เป็นข้อมูลป้อนในแบบจำลองคือ ค่าในระดับค่าความเชื่อมั่นเพคานบนที่ร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดความเข้มข้นที่ผิวดินในบริเวณนั้น
เซเลเนียม	0.04 mg/m^3	
ปรอท	0.002 mg/m^3	

(3) การประมาณค่าสารคุกคามที่ได้รับ

อธิบายเกี่ยวกับวิธีการคำนวณปริมาณที่ประชากรจะได้รับสารคุกคาม และเส้นทางการสัมผัสที่เลือกมาทำการประเมิน ข้อสังเกตเกี่ยวกับสมการนี้คือ ปริมาณที่ได้รับนี้แสดงในรูปปริมาณสารคุกคาม ณ จุดแลกเปลี่ยน (ได้แก่ ผิวหนัง ปอด ทางเดินอาหาร) ที่พร้อมจะถูกดูดซึม ดังนั้น ค่าปริมาณที่ได้รับจึงไม่ใช่ค่าที่ถูกดูดซึม ซึ่งค่าหลังนี้หมายถึง ปริมาณสารคุกคามที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด

ปริมาณที่ได้รับจากการรับประทานอาหาร มนุษย์อาจได้รับสารคุกคามโดยการรับประทานอาหารที่มีสารเคมีสะสมอยู่ อาหารที่พบได้บ่อยๆ คือ ปลาและหอย ผักและผลไม้ และเนื้อ ไข่ รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากนม ซึ่งจะได้แยกพิจารณาดังนี้

(3.1) การรับประทานผักและผลไม้ การคำนวณทำได้โดยใช้สมการซึ่งแสดงในตารางที่ 19 เส้นทางการสัมผัสนี้จะเป็นแหล่งที่สำคัญสำหรับเกษตรกรและผู้อยู่อาศัยที่รับประทานผักและผลไม้ที่ปลูกในท้องถิ่น การประมาณค่าปริมาณผักและผลไม้ที่ถูกรับประทานและมีการปนเปื้อนสารคุกคาม จะต้องพิจารณาจากค่าสัดส่วนที่มีการปนเปื้อน (F) ร่วมกับปริมาณผักและผลไม้ที่รับประทานและปลูกในท้องถิ่น (HF) องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมประมาณว่าค่า HF สำหรับผลไม้มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.20 และค่าสูงสุดคือ 0.30 สำหรับผัก ค่าเฉลี่ยคือ 0.25 และค่าสูงสุดคือ 0.40 (ค่าสูงสุดนี้ได้ถือว่าคือค่าประมาณที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95) และในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว กลุ่มคนงานและกลุ่มที่มาพักผ่อนหย่อนใจมีโอกาสได้รับด้วยวิธีนี้น้อยกว่า

สมการการคำนวณปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับจากการรับประทาน (US Environmental Protection Agency. 1989)

$$ADD = \frac{CF * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

ADD = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ (มก./กก.-วัน)
CF = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคามในผักและผลไม้ (มก./กก.)
IR = อัตราการรับประทาน (กก./วัน)
EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)
ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)
BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.)
AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (วัน)

(4) การรวมปริมาณที่ได้รับจากทุกเส้นทางการสัมผัสเข้าด้วยกัน

ดังได้กล่าวมาแล้วว่ากลุ่มประชากรหนึ่ง อาจได้รับสารคุกคามชนิดหนึ่งจากหลายเส้นทาง ตัวอย่างเช่น ผู้ที่อาศัยอาจได้รับสารคุกคามจากน้ำใต้ดินโดยการดื่ม หายใจสารคุกคามที่อยู่ในรูปไอระเหยในขณะใช้ประโยชน์ (เช่น อาบน้ำ) และยังอาจได้รับจากไอระเหยหรือฝุ่นที่ฟุ้งกระจายมาจากบริเวณที่มีการปนเปื้อน การคำนวณหาค่าการสัมผัสสูงสุดที่สมเหตุสมผล (RME) รวม จึงอาจทำได้โดยรวมค่า RME ของเส้นทางหนึ่งกับค่าการสัมผัสที่มีลักษณะเฉพาะของเส้นทางหนึ่ง หมายความว่า การรวมปริมาณที่ได้รับไม่ใช่เป็นการบวกค่าของเส้นทางเข้าด้วยกัน แต่นักประเมินความเสี่ยงจะต้องจัดกลุ่มเส้นทางการสัมผัสให้สอดคล้องกับแต่ละกลุ่มประชากร ซึ่งจะทำให้ได้ผลการประเมินที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

(5) การประเมินความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอน ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการประเมินการสัมผัส โดยอาศัยข้อมูลต้นกำเนิดและระดับของความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการประมาณการสัมผัส จะช่วยให้ผู้มีอำนาจการตัดสินใจสามารถประเมินได้ว่าค่าการสัมผัสสูงสุดที่ประเมินได้ เป็นค่าที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผลหรือไม่ ดังนั้นผู้ที่ทำการประเมินการสัมผัสควรจะระบุความไม่แน่นอนไว้ในตารางรายงานผลการประเมินด้วย ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการรายงานปริมาณการสัมผัสและช่วงของค่า รวมทั้งตัวแปรทั้งหมดที่มีอยู่ในสมการตัวอย่างตารางดังกล่าวแสดงในตารางที่ 2.9 ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวจะต้องแสดงช่วงของค่าที่เป็นไปได้ จุดกึ่งกลางของช่วง และค่าที่ใช้ในการประเมิน นอกจากนี้จะต้องให้เหตุผลในการเลือกค่าดังกล่าว

ด้วย ในส่วนที่สองเป็นการอภิปรายเกี่ยวกับข้อสันนิษฐานหลักๆ ของการประเมินการสัมผัส รวมทั้งความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้น

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างตารางสรุปการใช้ค่าต่างๆ ในการประเมินการสัมผัส (US Environmental Protection Agency. 1989)

ตัวแปร	ช่วง	จุดกึ่งกลาง	ค่าที่ใช้	เหตุผล
ความเข้มข้นของ Benzene ในดิน (มก./กก.)	ไมพบ-3,500	250 (ค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์)		
การสัมผัสแบบเรื้อรัง (มก./กก.)			1,400	ค่าประมาณเพดานบนของค่าเฉลี่ยที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
การสัมผัสแบบเฉียบพลัน (มก./กก.)			3,500	ความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจพบ
อัตราการรับประทานดินในผู้ใหญ่ (มก./กก.)	0-170	17 (ค่าเฉลี่ยคณิตศาสตร์)	100	ช่วงที่ใช้ได้จากข้อสันนิษฐานจากค่าปัจจัยการติดของดินและร้อยละการรับประทาน ค่านี้ได้จาก EPA
ความถี่การสสัมผัส (วัน/สัปดาห์)	1-7	3	5	ความเห็นที่ดีที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญ
ระยะเวลาการสัมผัส (ปี)	1-20	10	20	ความเห็นที่ดีที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญ

จากข้อสันนิษฐานแต่ละข้อ และจะมีผลต่อการประเมินการสัมผัสอย่างไร แหล่งกำเนิดของความไม่แน่นอนที่ควรระบุได้แก่ 1) ข้อมูลที่ได้จากการเฝ้าคุม (ตรวจวัด) ว่าอาจเป็นหรือไม่เป็นตัวแทนที่แท้จริง 2) แบบจำลองการสัมผัส ข้อสันนิษฐานและตัวแปรป้อนเข้าที่ใช้ในการประเมินความเข้มข้นการสัมผัส และ 3) ตัวอย่างตารางในประเด็นที่กล่าวมานี้แสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างตารางแสดงความไม่แน่นอนสำหรับการประเมินการสัมผัส

ข้อสันนิษฐาน	**ผลต่อการประเมิน**		
	โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินเกินความเป็นจริง	**โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง**	**โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินเกินหรือต่ำกว่าความเป็นจริง**
การสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม			
ตัวกลางที่ทำการประเมินอาจมีขนาดตัวอย่างไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับข้อมูลดินที่มีอยู่			ปานกลาง
ในการวิเคราะห์ทางเคมีอาจมีความผิดพลาดทั้งแบบสุ่มและเป็นระบบ ซึ่งอาจมีผลทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้			ปานกลาง
แบบจำลองการเคลื่อนย้ายและการเปลี่ยนแปลง			
สารเคมีในปลาจะถึงจุดสมดุลกับความเข้มข้นสารเคมีในน้ำ			
การใช้แบบจำลองการกระจายแบบปกติในการประมาณความเข้มข้นในอากาศนอกบริเวณออกไป	ต่ำ		
การใช้แบบจำลองแบบกล่องในการประมาณความเข้มข้นในอากาศในบริเวณที่ปนเปื้อน			ต่ำ
การใช้แบบจำลองของ Cowherd ในการประมาณค่าปัจจัยการปลดปล่อยของยานพาหนะ	ต่ำ		

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างตารางแสดงความไม่แน่นอนสำหรับการประเมินการสัมผัส (ต่อ)

ข้อสันนิษฐาน	**ผลต่อการประเมิน**		
	โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินเกินความเป็นจริง	**โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง**	**โอกาสที่อาจจะทำให้ผลการประเมินเกินหรือต่ำกว่าความเป็นจริง**
การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการสัมผัส			
ข้อสันนิษฐานมาตรฐานเกี่ยวกับน้ำหนักกาย ระยะเวลาการสัมผัส อายุขัยที่คาดหวัง ลักษณะประชากรและวิถีชีวิตอาจไม่เป็นตัวแทนของสภาพการสัมผัสที่แท้จริง		ปานกลาง	
ปริมาณตัวกลางที่ได้รับเชื่อว่ามีค่าคงที่และเป็นตัวแทนของประชากรที่สัมผัส		ปานกลาง	
ขอสันนิษฐานเกี่ยวกับการสัมผัสรายวันตลอดอายุขัยของผู้อยู่อาศัย	ปานกลาง		
การใช้ข้อมูลดินบริเวณที่มีการปนเปื้อนสูงเป็นค่าเพดานบนของการสัมผัสตลอดอายุขัย	ปานกลางถึงสูง		

(6) การสรุปและนำเสนอผลการประเมินการสัมผัส

ในขั้นสุดท้ายนี้ ผู้ประเมินการสัมผัสควรทำข้อสรุปผลการประเมินการสัมผัส ข้อมูลสรุปควรนำเสนอในรูปตาราง โดยแสดงค่าประมาณปริมาณสารคุกคามที่ได้รับตามชนิดของสารคุกคามในแต่ละเส้นทางการสัมผัส เส้นทางการสัมผัสควรจัดกลุ่มตามกลุ่มประชากรเพื่อที่การรวมผลทำได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นควรจัดกลุ่มตามการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันและอนาคต ในแต่ละกลุ่มนี้ ควรแยกกลุ่มย่อยเป็นปริมาณที่ได้รับรายวันแบบกึ่งเรื้อรังและเรื้อรังแยกออกจากกัน ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างตารางสรุปผลดังกล่าว นอกจากนี้ควรมีตารางสรุปการ

คำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับแต่ละเส้นทางการสัมผัส เพื่อช่วยในการพิจารณาทบทวนการคำนวณในภายหลัง

ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างตารางสรุปผลการประเมินการสัมผัสสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน (US Environmental Protection Agency. 1989)

กลุ่มประชากร	เส้นทางการสัมผัส	สารเคมี	ปริมาณที่ได้รับรายวันแบบเรื้อรัง (มก./กก./วัน)	
			ผลที่เป็นมะเร็ง	ผลที่ไม่ใช่มะเร็ง
ผู้อยู่อาศัย	ดื่มน้ำใต้ดินที่ไหลจากบริเวณที่ปนเปื้อนสู่บ่อน้ำท้องถิ่น	Benzene	0.00025	b
		Chlordane	0.00025	0.00035
		Phenol	c	0.1
		Cyanide	c	0.0003
		Nitrobenzene	c	0.00021
	การหายใจสารเคมีที่ระเหยเป็นไอจากน้ำใต้ดินในระหว่างการใช้น้ำนั้น	Benzene	0.000013	b
	การรับประทานปลาที่สะสมสารเคมีในทะเลสาบที่อยู่ใกล้เคียง	Chlordane	0.00008	0.00019
		MEK	c	0.005
		Phenol	c	0.08

a ตารางที่คล้ายคลึงกันควรแสดงปริมาณที่ได้รับรายวันแบบกึ่งเรื้อรัง (SDI) รวมทั้งค่าประมาณของ CDI และ SDI สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วย

b CDI สำหรับผลที่ไม่ใช่มะเร็ง ไม่ได้คำนวณสำหรับ benzene เนื่องจากยังไม่มีค่ามาตรฐานสำหรับการได้รับแบบเรื้อรัง

c CDI สำหรับผลที่เป็นมะเร็ง ไม่ได้คำนวณสำหรับสารเคมีที่ EPA พิจารณาแล้วว่าไม่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์

2.3.5 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง

เป็นขั้นตอนของการประมวลผลเพื่อประเมิน และสรุปความน่าจะเป็นที่กลุ่มประชากรที่ศึกษาจะได้รับอันตรายจากสารเคมีหรือปัจจัยเสี่ยงหนึ่งๆ ภายใต้สภาพการณ์ที่กำหนดออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือตัวเลข การอธิบายลักษณะความเสี่ยงออกมาในเชิงปริมาณนั้นมีอยู่ 2 แบบ ตามลักษณะความเป็นพิษของสาร ได้แก่

2.3.5.1 สารที่เป็นสารก่อมะเร็ง

2.3.5.2 สารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง

Reference Dose (RfD) ปริมาณของสารเคมีที่มากที่สุดซึ่งได้รับทุกวันแล้วไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษหรือผลเสีย (Adverse Effect) ใดๆ ต่อร่างกาย RfD เป็นค่าที่ได้จากคำนวณจากค่า NOAEL หรือ LOAEL หรือ enchmark dose โดยใช้ค่า uncertainty และ modifying factor ที่เหมาะสม

Risk Characterization เป็นการแสดงความเสี่ยงของการได้รับยาที่ตกค้างในเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นอาหาร ทำได้โดยการคำนวณหา hazard quotient (HQ)

HQ = ADD/RfD

เกณฑ์การยอมรับ risk characterization ต้องมีค่า HQ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

Risk Characterization ของสารไม่ก่อมะเร็ง ทำได้โดยการคำนวณหา hazard quotient (HQ)

HQ = ADD/RfD

การคำนวณความเสี่ยงสำหรับสารไม่ก่อมะเร็งโดยใช้ HQ นั้น เป็นเพียงการเปรียบเทียบปริมาณที่ได้รับกับ RfD เท่านั้น ไม่ใช่ค่าที่แสดงความเสี่ยงที่แท้จริง ดังเช่น Risk Characterization สำหรับสารก่อมะเร็ง แต่ Risk Manager ก็สามารถใช้ค่า HQ ในการตัดสินใจได้ กล่าวคือถ้า HQ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 หมายความว่า สถานการณ์การปนเปื้อนของสารเคมียังไม่รุนแรงจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน แต่ถ้า HQ มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่าสถานการณ์การปนเปื้อนของสารเคมีค่อนข้างรุนแรง จนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนได้จำเป็นต้องมีการแก้ไขหรือดำเนินการแก้ไขหรือดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปนเปื้อน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินตนา ภู่มงกุฎชัย และคณะ (2550) การวิจัยชนิดปริมาณสารตกค้างของสารโพรฟีโนฟอสในพริก เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารตกค้าง (MRL) ครั้งที่ 1-2 ผลการศึกษาพบว่า การทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวของสารโพรฟีโนฟอสในพริก ประกอบด้วย 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 แปลงพริกของเกษตรกรที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ระหว่างเดือนเมษายน – พฤษภาคม 2550 การทดลองที่ 2 ที่อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม 2550 แต่ละการทดลองประกอบด้วย 2 แปลงทดลอง ได้แก่ แปลงควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสารเคมี) และแปลงที่ฉีดพ่นสารโพรฟีโนฟอสตามอัตราการแนะนำ (40 ml.ai/น้ำ 20L) ทำการฉีดพ่นสารเคมีทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละครั้งจำนวน 3 ครั้ง และเก็บผลผลิตที่ระยะเวลาต่างๆ หลังฉีดพ่นครั้งสุดท้าย สุ่มเก็บพริกตามระยะเวลานำเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างของสารโพรฟีโนฟอสด้วยเครื่องจีซี-เอฟพีดี (GC-FPD) พบว่าการทดลองที่ 1 พบปริมาณ 4.08, 3.02, 2.69, 1.90, 1.66, 1.03, 0.80, 0.57 และ 0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแปลงที่ 2 พบปริมาณ 8.88, 5.47, 3.96, 3.47, 1.81, 1.49, 1.08, 0.86 และ 0.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 0, 1, 3, 7, 10, 14, 17, 21 และ 25 วัน ตามลำดับ จากฉลากกำหนดให้เก็บผลผลิตหลังการฉีดพ่นสารโพรฟีโนฟอส 21 วัน จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบปริมาณสารโพรฟีโนฟอสตกค้าง 0.69 และ 3.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่ระยะ 3 วัน ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่โคเด็กซ์ (Codex) กำหนดในพริก (5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

นอกจากนี้ได้สุ่มสำรวจพริกจากแหล่งจำหน่ายจำนวน 60 ตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่ม organophosphate 23 ชนิด ตรวจพบสารพิษตกค้าง 6 ชนิด จำนวน 33 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 55 ได้แก่ profenofos ปริมาณ 0.01 – 4.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 15 ตัวอย่าง chlorpyrifos ปริมาณ 0.01 – 0.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 15 ตัวอย่าง ซึ่งทั้ง 2 สารไม่มีตัวอย่างใดเกินค่า Codex MRL พบ ethion ปริมาณ 0.01 – 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 15 ตัวอย่าง triazophos ปริมาณ 0.02 – 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง dimethoate ปริมาณ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จำนวน 1 ตัวอย่าง dicrotophos ปริมาณ 0.05 mg/kg จำนวน 1 ตัวอย่าง ทั้ง 4 สารไม่มีค่า MRL ที่ Codex กำหนดในพริก

อุดม คำชา และคณะ (2547) การปรับปรุงพันธุ์พริกขี้หนูรับประทานสดพันธุ์หัว ผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงพันธุ์พริกขี้หนูรับประทานสดพันธุ์หัวเรือ ได้เริ่มดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ โดยการรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ ระหว่างปี 2540 – 2541 ทำการเปรียบเทียบพันธุ์ ระหว่างปี 2542 – 2543 จากการเปรียบเทียบพันธุ์ ทำให้ได้พริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือสายพันธุ์ที่ดี จำนวน 5 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ ศก.1 ศก.4 ศก.13 ศก.25 และ ศก.26 ได้นำสาย

พันธุ์พริกดังกล่าวไปทดสอบทั้งในศูนย์วิจัยพืชสวนฯ สถานีทดลองพืชสวนฯ และไร่เกษตรกร ระหว่างปี 2544 – 2547 จำนวน 5 แห่ง

ผลจากการทดสอบพันธุ์ในช่วงแรกในศูนย์วิจัยพืชสวนฯ และสถานีทดลองพืชสวนต่างๆ พบว่า การเจริญเติบโตของพริกแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละแห่งใกล้เคียงกันทั้งในแง่ความสูง (75 – 90 เซนติเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (78 -82 เซนติเมตร) สำหรับผลผลิตพบว่า พันธุ์พริกสายพันธุ์ ศก.13 ให้ผลผลิตสูงสุด โดยให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่อต้น 551.9 กรัม (1,766 กก./ไร่) จำนวนผลต่อต้น 288.6 ผล รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ ศก.25 ให้น้ำหนักผลสดต่อต้น 529.5 (1,694.4 กก./ไร่) จำนวนผลต่อต้น 292.4 ผล เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ของเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักผลสดต่อต้น 470.2 กรัม หรือประมาณ 1,504.6 กก./ไร่ จำนวนผลต่อต้น 227.8 ผล สายพันธุ์ ศก.13 ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ของเกษตรกรประมาณ 14%

ผลจากการทดสอบพันธุ์ในช่วงที่สอง เป็นการทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกรพบว่า การเจริญเติบโตของพริกแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละแห่งใกล้เคียงกันทั้งในแง่ความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม และการแตกกิ่งแขนง สำหรับผลผลิตพบว่า พริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือสายพันธุ์ ศก.13 ให้น้ำหนักผลพริกสดสูงสุด 1,744.3 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์สายพันธุ์ ศก.25 ศก.26 และสายพันธุ์ของเกษตรกร 1,696.6 1,572.2 และ 1,503.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ผลผลิตพริกแห้งต่อไร่ พบว่าพริกสายพันธุ์ ศก.25 และ ศก.13 ผลผลิตพริกแห้ง 484.2 และ 476.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับพริกหัวเรือสายพันธุ์ของเกษตรกรให้ผลผลิตพริกแห้ง 415.5 กิโลกรัมต่อไร่ พริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือสายพันธุ์ ศก.25 และ ศก.13 ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ของเกษตรกรประมาณ 14%

อุดม คำชา และคณะ (2550) การศึกษาความเสียหายและการเข้าทำลายของแมลงศัตรูและการป้องกันกำจัด ผลการศึกษาพบว่า การสำรวจความเสียหายศัตรูพริก ระหว่างปี 2549 – 2550 พบศัตรูพริกระยะแตกช่อใบอ่อนและติดดอก ได้แก่ เพลี้ยไฟ ไรแดง ไรขาว และเพลี้ยอ่อนเล็กน้อย เนื่องจากเกษตรกรฉีดพ่นสารเคมีควบคุมศัตรูเหล่านี้ สำหรับระยะติดผล พบหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* หนอนเจาะสมอฝ้าย *Helicoverpa armigera* Hub. หนอนเจาะฝักถั่วเหลือง *Etiella zinckenella* และหนอนแมลงวันทองชนิด *Bactocera latifrons* ทำความเสียหายผลผลิต 1-2% ในแปลงที่มีการควบคุมอย่างดี โดยพ่นสารเคมีทั้งแปลงพริกฤดูแล้งและฤดูฝน สำหรับแปลงเกษตรกรที่ขาดการเอาใจใส่ พบความเสียหายจากการเข้าทำลายของศัตรูทั้ง 4 ชนิด 10-20% เริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน – กันยายน และพบโรคแอนแทรคโนสค่อนข้างรุนแรงในเดือนกันยายน และเริ่มพบโรคใบด่างพริกในหลายแหล่งปลูกเพิ่มมากขึ้น

นาตยา จันทร์ส่อง และคณะ (2550) ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพริก ดิน และน้ำใต้ดินของแปลงเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตามโครงการเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP : พืช) ผลการศึกษาพบว่า ศึกษาชนิดและปริมาณสารตกค้างในพริก ดิน และน้ำของแปลงเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตามโครงการเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP : พืช) โดยการเก็บตัวอย่างพริก ดิน และน้ำใต้ดินจากแปลงพริกของเกษตรกร จำนวน 150 ราย ที่ผ่านการรับรองระบบการจัดการคุณภาพ GAP พริกในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ ระหว่างปี 2549 – 2550 นำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณสารพิษตกค้างของสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มคาร์บาเมทในห้องปฏิบัติการ ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพริกจากแปลงเกษตรกร จำนวน 150 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง จำนวน 73 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 49 และพบสารพิษเกินค่า MRL ที่อ้างอิงตามค่า Codex MRL จำนวน 10 ตัวอย่าง ชนิดสารที่พบมากที่สุดเป็นกลุ่มไพรีทรอยด์ คือ cypermethrin จำนวน 30 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.017-0.975 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบเกินค่า MRL จำนวน 4 ตัวอย่าง สารที่พบรองลงมาเป็นสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต คือ chlorpyrifos จำนวน 29 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.088-2.105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบเกินค่า MRL 6 ตัวอย่าง พบสารตกค้างในพริกจากจังหวัดศรีสะเกษมากกว่าจังหวัดอุบลราชธานี แต่จังหวัดอุบลราชธานีพบสารตกค้างเกินค่า MRL มากกว่าจังหวัดศรีสะเกษ นอกจากนี้ยังตรวจพบสารพิษที่เป็นอันตรายชนิดที่ 4 คือ endosulfan จำนวน 1 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากแปลงพริกอำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดอุบลราชธานี สาร ensosulfan เป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้ถูกห้ามผลิต นำเข้า และห้ามใช้ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2547 ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในดินบริเวณแปลงพริก จำนวน 150 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 30 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 20 ชนิดสารที่พบมากที่สุด คือ endosulfan จำนวน 19 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบ 0.008-0.162 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารที่พบรองลงมา คือ cypermethrin จำนวน 16 ตัวอย่าง และพบสาร chlorpyrifos จำนวน 1 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างในดินจากแปลงพริกจังหวัดอุบลราชธานีมากกว่าจังหวัดศรีสะเกษ และพบสาร endosulfan จำนวน 19 ตัวอย่าง จากดินแปลงพริกในจังหวัดอุบลราชธานี แต่เกือบทุกตัวอย่างเป็นการตกค้างตั้งแต่ฤดูกาลปลูกที่ผ่านมา ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในน้ำใต้ดินที่เก็บช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน รวม 180 ตัวอย่าง ไม่พบสารพิษตกค้าง จึงถือว่าน้ำใต้ดินจากแปลงพริกทั้ง 2 จังหวัด ยังไม่มีผลกระทบจากการใช้สารเคมีในแปลงพริก ผลการตรวจเลือดของเกษตรกร จำนวน 97 ราย โดยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพบว่าเกษตรกรมีผลเลือดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงมากที่สุด ร้อยละ 58 โดยเกษตรกรจากจังหวัดอุบลราชธานีมีผลเลือดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงมากกว่าเกษตรกรจากจังหวัดศรีสะเกษ

ผลการศึกษาในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแปลงพริกของเกษตรกรจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดศรีสะเกษ ยังไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณแปลงพริก ได้แก่ ดิน และน้ำใต้ดิน แต่จากผลการวิเคราะห์ผลพริกถือว่ามีความเสี่ยงจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่ถูกต้อง และจังหวัดอุบลราชธานีถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากกว่าจังหวัดศรีสะเกษ เนื่องจากตรวจพบสารพิษเกินค่า MRL ในตัวอย่างพริกจำนวนมากกว่า และพบการใช้วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 และจากข้อมูลผลการวิเคราะห์เมื่อนำไปใช้ในการพิจารณาต่ออายุใบ Q-GAP พบว่าแปลงเกษตรกร จำนวน 150 ราย ไม่ผ่านการต่ออายุใบ Q จำนวน 11 ราย จากข้อมูลนี้ ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องควรเพิ่มความเข้มงวดในการตรวจสอบรับรองแปลง GAP พริก เพื่อติดตามต่ออายุใบ Q ให้มากขึ้น พบว่า สาเหตุที่เกษตรกรใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกันที่ไม่ถูกต้อง ทั้งที่ได้รับการรับรองแปลง GAP แล้ว เนื่องจากราคาของพริกที่จำหน่ายไม่แตกต่างจากแปลงที่ไม่ได้รับการรับรอง ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องร่วมกันแก้ไขปัญหาเพื่อผลักดันให้เกษตรกรหันมาปฏิบัติตาม GAP ให้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผลผลิตพริกปลอดภัยต่อผู้บริโภค และลดผลกระทบจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อม

พงศ์ศรี ใบอดุลย์ และคณะ (2550) การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและกลุ่มไพรีทรอยด์ในผักด้วยวิธี QuECHERS ด้วย Gas Chromatrography/Mass Spectrometry ผลการศึกษาพบว่า การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษออร์แกนโนฟอสเฟตและกลุ่มไพรีทรอยด์ในผักโดยวิธี QuECHERS ด้วย Gas Chromatrography/Mass Spectrometry ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โดยทำการทดสอบวัตถุมีพิษ จำนวน 30 ชนิด คือ กลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส 24 ชนิด กลุ่มไพรีทรอยด์ 6 ชนิด ในแตงกวาที่เป็นตัวแทนของพืชในกลุ่ม Fruiting vegetable ที่มีปริมาณน้ำสูงและมีปริมาณคลอโรฟิลต่ำ จากการทดสอบพบว่ามีวัตถุมีพิษชนิดเดียว คือ bifenthrin ที่ผ่านเกณฑ์ทดสอบ คือให้ผลของประสิทธิภาพการเอาสารกลับคืนได้ของวิธีวิเคราะห์ (Recovery) อยู่ในช่วง 80-110% มีความถูกต้องของการทำซ้ำ (Internal reproducibility) ที่ 14.3% และค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Limit of detection) ที่ระดับ 0.08 มก./กก. ขณะที่วัตถุมีพิษชนิดอื่นมีประสิทธิภาพการเอาสารกลับคืนได้ของวิธีวิเคราะห์ (Recovery) อยู่ในช่วง 56-143% ความถูกต้องของการทำซ้ำ (Internal reproducibility) ที่ 14-53% และค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (Limit of detection) ที่ระดับ 0.08-0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สุนันทา ชมพูนิช และคณะ (2550) การทดสอบความสามารถในการตรวจสอบสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในดิน โดยใช้ Gas

Chromatograph : ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างอ้างอิง ผลการศึกษาพบว่า ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรได้ทดลองเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการตรวจสอบสารพิษกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในดิน โดยใช้ Gas Chromatograph ระหว่างห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรกับห้องปฏิบัติการในส่วนภูมิภาคของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1-8 สารพิษที่ทดสอบจะเลือกจากกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 14 ชนิด ได้แก่ alpha-BHC gamma-BHC heptachor heptachlor epoxide aldrin dieldrin endrin alpha-endosulfan beta-endosulfan endosulfan sulfate o p'-DDE p p'-DDE o p'-TDE และ p p'-TDE กลุ่มไพรีทรอยด์ 4 ชนิด ได้แก่ bifenthrin cypermethrin fenvalerate และ permethrin และกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัส 10 ชนิด ได้แก่ chlorpyrifos diazinon ethion malathion methidathion parathion methyl pirimiphos methyl profenofos trizophos และ EPN ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการทดสอบ จะใช้วิธีทดสอบวิธีเดียวกันกับของห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษทางการเกษตร ซึ่งผ่านการตรวจสอบความใช้ได้แล้ว โดยห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรได้ทดลองเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้อ้างอิง ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity) และความคงทน (stability) ของสารพิษทั้ง 3 กลุ่ม ตาม ISO Guide 35 ผลการประเมินความเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ ANOVA ได้ค่า F critical เท่ากับ 0.02 ค่า F value มีค่า 0.66-7.21 ซึ่งสารพิษที่มีค่า F value < F critical แสดงว่าตัวอย่างที่เตรียมมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนสารพิษที่ค่า F value > F critical เมื่อนำไปประเมินโดยการใช้สมการ Horwitz equation ค่า Ss/SDp อยู่ระหว่าง 0.08-0.16 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดให้ Ss/SDp < 0.3 นั่นคือ ตัวอย่างมีความเป็นเนื้อเดียวกันเช่นกัน การทดสอบความคงทนของตัวอย่าง พบว่าสามารถเก็บไว้ใน Freezer อุณหภูมิ – 20 ± 5 องศาเซลเซียส ได้นานมากกว่า 5 เดือน recovery ของสารทั้ง 3 กลุ่ม มีค่า 63-109% การเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถในการตรวจสอบสารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในดิน ระหว่างห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตร ส่วนใหญ่เป็นที่น่าพอใจ Z-Score มีค่าระหว่าง -1.49 ถึง 1.78

วิภา ตั้งนิพนธ์ และคณะ (2550) การศึกษาเทคโนโลยีการใช้วัสดุธรรมชาติในการดูดซับสารกำจัดแมลง กลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในแปลงผัก ผลการศึกษาพบว่า ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุธรรมชาติ 11 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบ ชานอ้อย ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง ทรายละเอียด ถ่านบด ผักตบชวา หยวกกล้วย และใยบวบ ในการดูดซับสารกำจัดแมลงกลุ่ม Organophosphorus โดยเก็บตัวอย่างน้ำนอกแปลงผัก ตำบลคลองจินดา อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่ไหลเข้าไปในท่อ และผ่านถุงผ้าที่ใส่วัสดุธรรมชาติ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ต่อ 1 treatment ระหว่างวันที่ 6 – 30 มีนาคม 2550 รวมจำนวนตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ 60 ตัวอย่าง

ผลการตรวจวิเคราะห์ไม่พบชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่ม Organophosphorus ในน้ำนอกแปลงผักที่ไหลผ่านวัสดุธรรมชาติทั้ง 11 ชนิด ที่เก็บมาวิเคราะห์ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุธรรมชาติทั้ง 11 ชนิด ในการดูดซับสารกลุ่ม Organophosphorus จำนวน 19 ชนิด ในห้องปฏิบัติการ พบว่าวัสดุธรรมชาติที่สามารถดูดซับสารกลุ่ม Organophosphorus ได้ดี (มากกว่า 80%) คือ ขุยมะพร้าว ชนิดของสารพิษที่ถูกดูดซับไว้ ได้แก่ azinphos-ethyl และ EPN วัสดุธรรมชาติที่สามารถดูดซับสารกลุ่ม Organophosphorus ได้ปานกลาง (50%-79%) คือ ขุยมะพร้าว ฟางข้าว ชานอ้อย ใยบวบ หยวกกล้วย เปลือกถั่วลิสง ทรายละเอียด ซังข้าวโพด และแกลบ ชนิดของสารพิษที่ดูดซับไว้ ได้แก่ monocrotophos pirimiphos-methyl chlorpyrifos pirimiphos-ethyl fenitrothion prothiophos methidathion profenofos triazophos EPA และ azinphos-ethyl สำหรับถ่านบด และผักตบชวาดูดซับสารกลุ่ม Organophosphorus ในปริมาณต่ำกว่า 50%

Somsiri Jaipiem (2008) การศึกษานี้ได้ศึกษาเส้นทางการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสของเกษตรกรในพื้นที่เกษตรกรรมบางเหรียง โดยทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน เพื่อตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตตกค้าง ได้แก่ คลอร์ไพรีฟอส ไดโครโตฟอส และโพรฟีโนฟอสในน้ำ ดิน อากาศ และบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสร่างกายของเกษตรกร ได้แก่ มือ และลำตัวรวมทั้งทำการวิเคราะห์ปริมาณสารเมตาบอไลต์ของสารกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตในปัสสาวะของกลุ่มเกษตรกรปลูกผักจำนวน 33 คน และกลุ่มอ้างอิง 17 คน ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตในน้ำ อากาศ ดิน มือ และลำตัวของเกษตร อยู่ในช่วง 0.11- 0.217 ไมโครกรัมต่อลิตร 0.024-0.070 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.004-0.881 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 0.024-0.086 มิลลิกรัมมือสองข้าง 0.558-2.112 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารเมตาบอไลต์ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในปัสสาวะของเกษตรกรปลูกผักสูงกว่ากลุ่มอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญทั้งสองฤดู การศึกษายังชี้ประเด็นสำคัญให้เห็นเส้นทางการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตของอาชีพเกษตรกรปลูกผัก ได้แก่ ทางการดื่มน้ำ การสูดดม และการสัมผัสทางผิวหนัง โดยเฉพาะการสัมผัสบริเวณมือและผิวหนังทั้งร่างกาย ซึ่งได้รับสารกำจัดศัตรูพืชโดยตรง รวมทั้งการสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในดิน และน้ำการรับสัมผัสสารระยะยาวของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ ซึ่งจัดเป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง แต่อาจจะก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพชนิดเรื้อรังได้ เนื่องจากค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย Hazard Index (HI) ทางเส้นทางการสัมผัส ได้แก่ การสูดดม มือสัมผัส และผิวหนังทั้งร่างกายมีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HI > 1) ในฤดูแล้ง

เท่ากับ 38 6 และ 88 เท่า ตามลำดับ และในฤดูฝน เท่ากับ 36 11 และ 62 เท่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบว่าการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค และการสัมผัสดินของเกษตรกร อาจจะไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารกำจัดแมลงกลุ่มนี้ สำหรับผลกระทบต่อสุขภาพชนิดเฉียบพลัน เกษตรกรอาจจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสสารคลอร์ไพริฟอส และไดโครโตฟอส จากการสูดดมในระหว่างการเตรียม การผสม และการฉีดพ่นสารกำจัดแมลง และพบว่าการสัมผัสสารไดโครโตฟอส อาจจะก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงสุด เนื่องจากมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายสูงสุด ดังนั้นการศึกษานี้ เสนอให้หน่วยงานรัฐบาลและชุมชนมีมาตรการการลดความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงต่อไป

Nutta Taneepanichskul (2009) การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอส (กลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต) ผ่านทางการรับสัมผัสทางผิวหนังของเกษตรกรผู้ปลูกพริกในตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย ได้ทำการศึกษาในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 เพื่อตรวจวัดปริมาณสารคลอร์ไพรีฟอสตกค้างบนมือทั้งสองข้างของเกษตรกรผู้ปลูกพริกหลังจากการพ่นสารกำจัดศัตรูพืช โดยใช้เกษตรกรจำนวน 35 คน (ชาย 26 คน และหญิง 9 คน) โดยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากเกษตรกรผู้ปลูกพริกทั้งหมดในตำบลหัวเรือ ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรในกลุ่มนี้มีอายุระหว่าง 40 ถึง 50 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 56.34 (±11.11) กิโลกรัม พื้นผิวมือทั้งสองข้างของเกษตรกรผู้ปลูกพริกชายเท่ากับ 0.088 ตารางเมตร และหญิงเท่ากับ 0.075 ตารางเมตร ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารคลอร์ไพรีฟอสตกค้างบนผิวมือของเกษตรกรมีค่าเท่ากับ 6.95±18.24 มก./กก. (0.01-98.59 มก./กก.) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินค่าการรับสัมผัสสูงสุดของเกษตรกรที่ระดับ 95 เปอร์เซนไทล์ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรจากการได้สัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอสในปริมาณสูงสุดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ จากการคำนวณค่าการรับสัมผัสสารต่อวันของเกษตรกรพบว่า ค่าการรับสัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอสของเกษตรกรทั้งหมดเท่ากับ 2.51×10^{-9} มก./กก./วัน โดยกลุ่มเกษตรกรชายมีการรับสัมผัสต่อวันเท่ากับ 2.57×10^{-9} มก./กก./วัน มากกว่าเกษตรกรหญิง (2.51×10^{-9} มก./กก./วัน) และทำการระบุความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอสทางการรับสัมผัสทางผิวหนัง เนื่องจากค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายของเกษตรกรทั้งหมดเท่ากับ 1.67×10^{-6} (กลุ่มเกษตรกรชาย 1.71×10^{-6} และกลุ่มเกษตรกรหญิง 1.61×10^{-6}) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HQ $<$ 1) งานวิจัยนี้ได้เสนอแนะให้ทำการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสสารคลอร์ไพรีฟอส ผ่านการรับสัมผัสทางการสูดดมและการบริโภค เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรได้ระบุว่า มีอาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสในระยะเฉียบพลันและเรื้อรังหลังจากมีการฉีดพ่นคลอร์ไพรีฟอส

สุทธิสาร์ อุไรกุล (2553) การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตได้ศึกษาในผู้บริโภคพริกในตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี ช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2554 แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานและการบริโภคได้ทำการสำรวจจากประชากรในพื้นที่ทั้งหมด 110 คน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์โดยตรงกับผู้ตอบ (ชาย 45 คน และหญิง 65 คน) ผลการศึกษาพบว่าประชากรในกลุ่มตัวอย่างนี้มีช่วงอายุระหว่าง 15 ถึง 79 ปี และมีน้ำหนักเฉลี่ย (± ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 57 ±10 กิโลกรัม อัตราการบริโภคพริกเฉลี่ยของประชากรในพื้นที่นี้คือ 0.018 กก./วัน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคนไทยทั่วไป (0.005 กก./วัน) สำหรับการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพริก ตัวอย่างพริกจำนวน 33 ตัวอย่าง ถูกนำมาสกัดโดยใช้วิธี QuEChERS และวิเคราะห์โดย GC-FPD ผลการวิเคราะห์ตรวจพบคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสระหว่าง <0.010-1.303 มก./กก และ 0.520-6.290 มก./กก ตามลำดับ โดยจากตัวอย่างทั้งหมดพบการปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอสจำนวน 9 ตัวอย่าง และโพรฟีโนฟอสจำนวน 5 ตัวอย่างที่มีปริมาณปนเปื้อนสูงกว่าค่า MRLs สำหรับประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภคพริก ปริมาณการรับสัมผัสสารเฉลี่ยต่อวันถูกคำนวณโดยใช้ข้อมูลข้างต้น ปริมาณการรับสัมผัสคลอร์ไพรีฟอสเฉลี่ยต่อวันจากการบริโภคพริกในพื้นที่นี้คือ 1.07×10^{-4} มก./กก./วัน ปริมาณการรับสัมผัสโพรฟีโนฟอสเฉลี่ยต่อวันจากการบริโภคพริกในพื้นที่นี้คือ 8.00×10^{-4} มก./กก. ผลชี้ให้เห็นว่าผู้บริโภคอาจได้รับความเสี่ยงจากการรับสัมผัสโพรฟีโนฟอสมากกว่าคลอร์ไพรีฟอส การระบุความเสี่ยงโดยอาศัยค่าดัชนีบ่งชี้อันตราย (HQ) พบว่า ค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายของคลอร์ไพรีฟอสมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HQ < 1) ส่วนค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายของโพรฟีโนฟอสมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ (HQ > 1) เมื่อพิจารณาที่ค่ารับสัมผัสสูงสุดของผู้บริโภคที่ระดับ 95 เปอร์เซนไทล์ และที่ค่าสูงสุดพบว่ามีค่าสูงกว่าค่า RfD ถึง 45 และ 110 เท่า การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสมควรจะดำเนินการอย่างเร่งด่วนในพื้นที่หัวเรือเพื่อลดความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่มีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กรอบการวิจัย

การวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลทั้งจากการทำแบบสอบถาม และการสุ่มตรวจวัดปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในพริก การดำเนินงานแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนหลัก โดยมีกรอบการดำเนินงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.1 กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยแปลงปลูกพริกหมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 5 แปลง และเก็บแบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคพริกสดจำนวน 200 ตัวอย่าง แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ปลูกพริกเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 ตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไปเขตอำเภอบึงบูรพ์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 150 ตัวอย่าง ระยะเวลาในการดำเนินการเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงเดือน ตุลาคม 2553 ถึงเดือน เมษายน 2554

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.2.1 การสำรวจข้อมูลและสภาพทั่วไปของตำบลหัวเรือเบื้องต้น

การสำรวจสภาพโดยทั่วไปของตำบลหัวเรือ และสภาพพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรที่เพาะปลูกพริก โดยการรวบรวมข้อมูลสถานการณ์การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ข้อมูลของเกษตรกร ลักษณะและวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือฉีดสารเคมีของเกษตรกร รวมทั้งข้อมูลด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเบื้องต้นจากผู้นำชุมชน เพื่อใช้กำหนดแนวทางและขอบเขตในการศึกษา

3.2.2 การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม

การจัดทำและเก็บข้อมูลและแบบสอบถาม เพื่อรวบรวมข้อมูลผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสดและข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง 200 คน โดยแบ่งเป็นตัวอย่างในพื้นที่ปลูกพริกเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 คน และกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไปเขตจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 150 คน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมความเสี่ยงจากการรับประทานพริก ระหว่างกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริกกับประชากรกลุ่มเกษตรกรรมทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรมที่รับประทานพริก จากแปลงปลูกพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประชากรทั้งสองกลุ่มพิจารณาใช้เป็นตัวแทนผู้อาศัย

ในเขตพื้นที่ปลูกพริกและประชาชนทั่วไปที่บริโภคพริก สำหรับแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภค และส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านสุขภาพ

3.2.2.1 ส่วนที่ 1 แบบสอบถาม ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสดจำนวน 7 ข้อ ได้แก่ ชื่อ-สกุล ที่อยู่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา น้ำหนักตัวและอาชีพ ซึ่งลักษณะคำถามเป็นแบบคำถามปลายปิด (Close-ended Question) และคำถามปลายเปิด (Open Question)

3.2.2.2 ส่วนที่ 2 แบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด โดยสอบถามจากปริมาณการรับประทานอาหารรสเผ็ด แหล่งพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารในครัวเรือน การตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้น ความนิยมใช้พริกสดในการประกอบอาหาร การล้างพริกก่อนประกอบอาหาร การล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทานอาหาร ประเภทอาหารใส่พริกที่นิยมบริโภค ประเภทอาหารใส่พริกสดประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน และอายุที่เริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน

3.2.2.3 ส่วนที่ 3 แบบสอบถาม ข้อมูลด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด โดยสอบถามจากอาการแสดงหลังจากรับประทานอาหารที่มีการใช้พริกสดเป็นเครื่องเคียง หรืออาหารที่มีพริกเป็นองค์ประกอบ และมีการตรวจเลือดเพื่อหาระดับ Acetylcholinesterase (AChE) ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

สำหรับตัวอย่างของแบบสอบถามแสดงไว้ในภาคผนวก

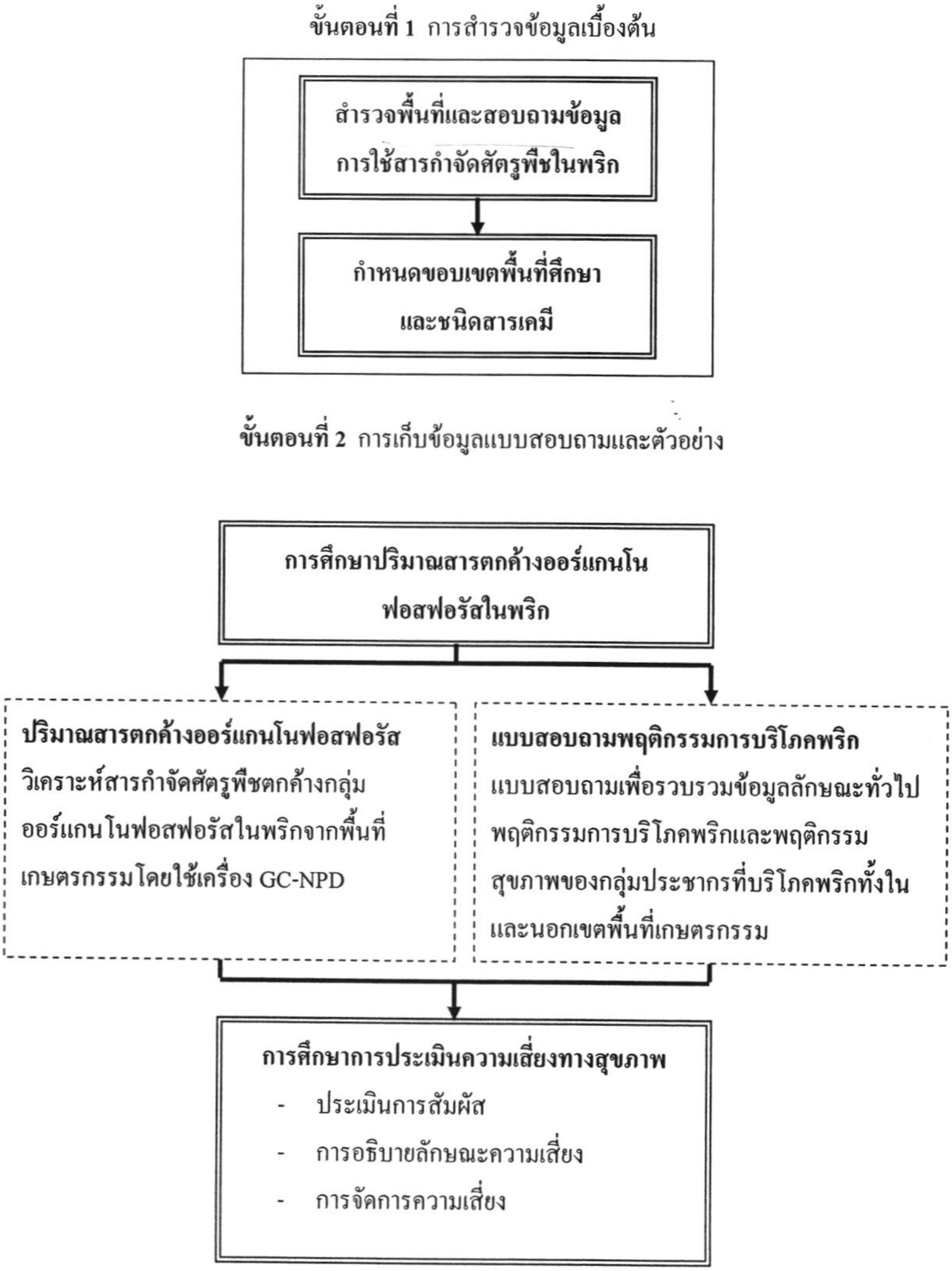
3.2.3 การเก็บตัวอย่างพริกเพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

การเก็บตัวอย่างพริก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสที่ตกค้างดำเนินการเก็บตัวอย่างภายหลังฉีดพ่นในวันที่ 0 1 4 7 และ 14 เพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บผลผลิตพริก เนื่องจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 7 วัน สำหรับการสุ่มตัวอย่างแปลงพริกสุ่มเก็บจากแปลงปลูกพริกในตำบลหัวเรือตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี เพราะเป็นแหล่งปลูกพริกที่ใหญ่และสำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย จำนวน 5 แปลง โดยเลือกสุ่มเก็บตัวอย่างให้กระจายแปลงปลูกพริกให้ทั่วพื้นที่ปลูกพริก เพื่อความครอบคลุมในพื้นที่ปลูกพริกของเกษตรกรเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ดังภาพที่ 3.2 และมีข้อมูลของจุดเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยในการเก็บตัวอย่างได้เลียนแบบพฤติกรรมจริงและสภาวะการฉีดจริง กล่าวคือ เกษตรกรจะผสมสารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชตามแบบที่กระทำ โดยรายละเอียดของการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และอุปกรณ์วิเคราะห์จะได้แสดงไว้ในหัวข้อต่อไป ผลจากการวิเคราะห์สารตกค้างในพริกสามารถใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมได้ รวมทั้งสามารถใช้ในการประเมินโอกาสรับสัมผัสและความเสี่ยงได้ต่อไป

3.2.4 การประเมินโอกาสการรับสัมผัสและความเสี่ยงจากการรับประทานพริกสด

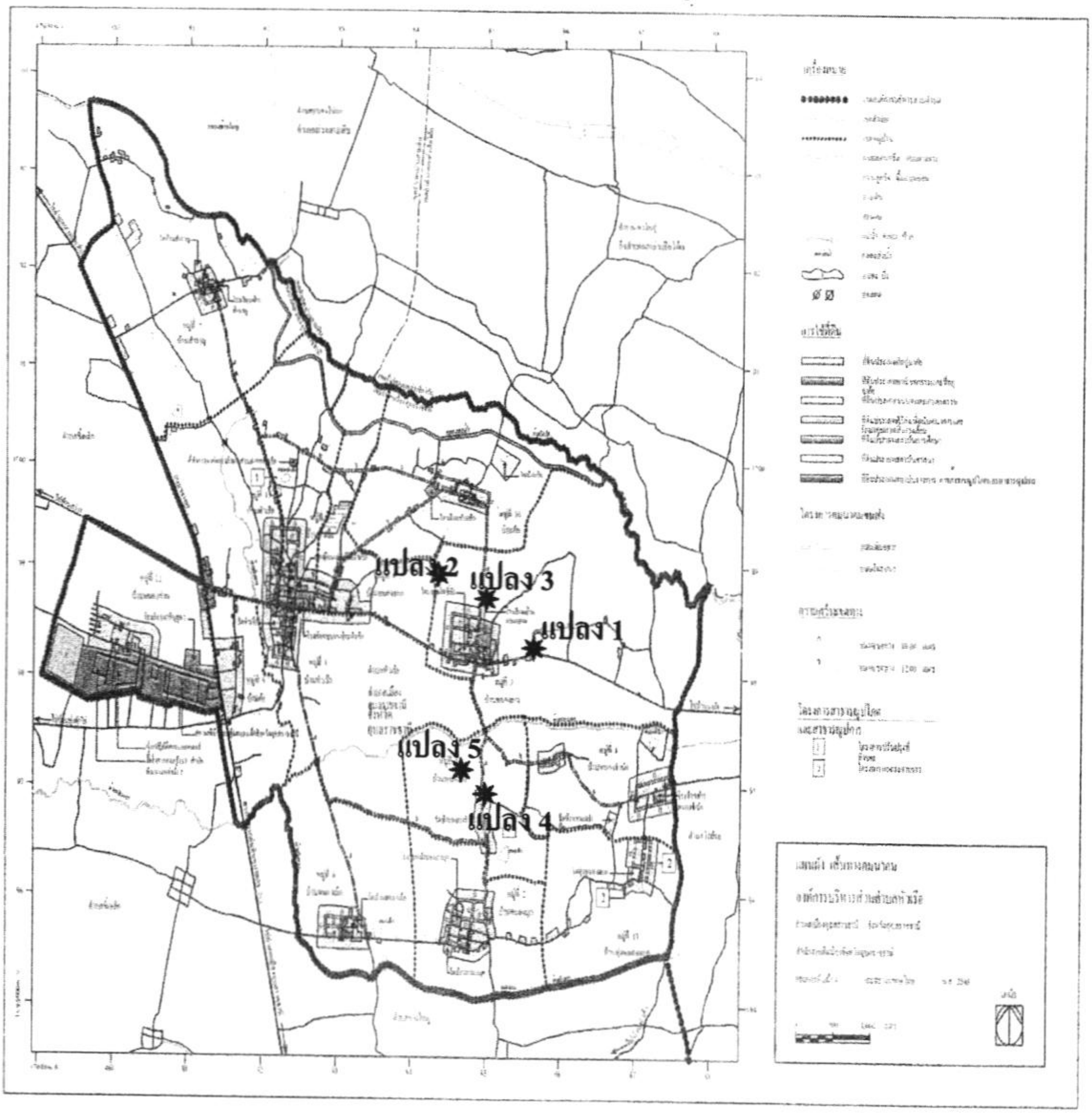
ขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณการรับสัมผัสสารและความเสี่ยงจากสมการ ที่กล่าวไว้เบื้องต้นในบทที่ 2 เพื่อวิเคราะห์หาโอกาสรับสัมผัสจากการบริโภคพริกสด ในหัวข้อนี้จะได้ประเมินโอกาสรับสัมผัสและความเสี่ยงของเกษตรกรและประชาชนที่บริโภคพริกทั่วไป จากนั้นจะได้นำผลดังกล่าวเพื่อเสนอแนะแนวทางการบริโภคพริกด้วยความปลอดภัยต่อไป



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดเก็บตัวอย่าง

แปลงพริก	ตำแหน่งพิกัด
แปลงที่ 1	บ้านเลขที่ 5 หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
แปลงที่ 2	บ้านเลขที่ 126 หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
แปลงที่ 3	บ้านเลขที่ 32 หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
แปลงที่ 4	บ้านเลขที่ 12 หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
แปลงที่ 5	บ้านเลขที่ 24 หมู่ที่ 16 ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่าง

3.3 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.3.1 การเก็บตัวอย่าง

3.3.1.1 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับเก็บตัวอย่าง

1) กล่องโฟมสำหรับบรรจุตัวอย่าง

2) น้ำแข็ง

3) ถุงพลาสติกสีชาที่ปิดสนิทได้

4) ถุงมือยางทางการแพทย์

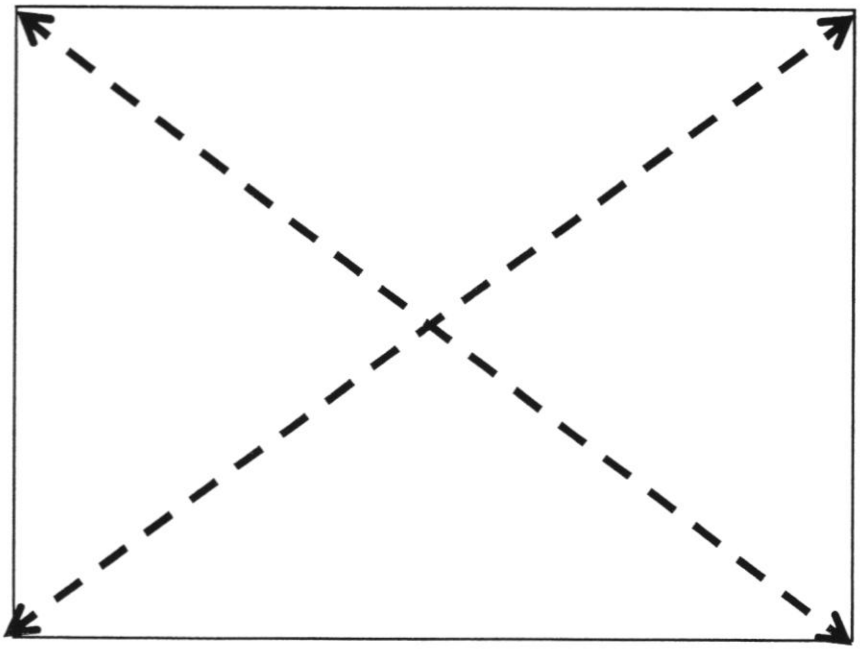
5) ปากกาเคมี

3.1.3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

1) การเตรียมถุงพลาสติกสีชาที่ปิดสนิทได้และปากกาเคมีเขียนบันทึกแปลงและวันที่เก็บตัวอย่างพริก

2) การเก็บตัวอย่างพริกจากแปลงทดลองในแต่ละวันที่ 0, 1, 4, 7 และ 14 หลังการฉีดพ่นสารออร์แกนโนฟอสฟอรัสครั้งสุดท้าย แบบสุ่มกระจายทั่วแปลงตามเส้นทะแยงมุมตามภาพที่ 3.3 ให้ได้ตัวอย่าง 150 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกสีชาที่ปิดสนิทได้ขนาดที่เตรียมไว้

3) การเก็บตัวอย่างพริก หลังเก็บตัวอย่างพริกแล้วตัวอย่างพริกถูกเก็บไว้ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งอยู่ภายในเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างก่อนนำส่งวิเคราะห์ต่อไป



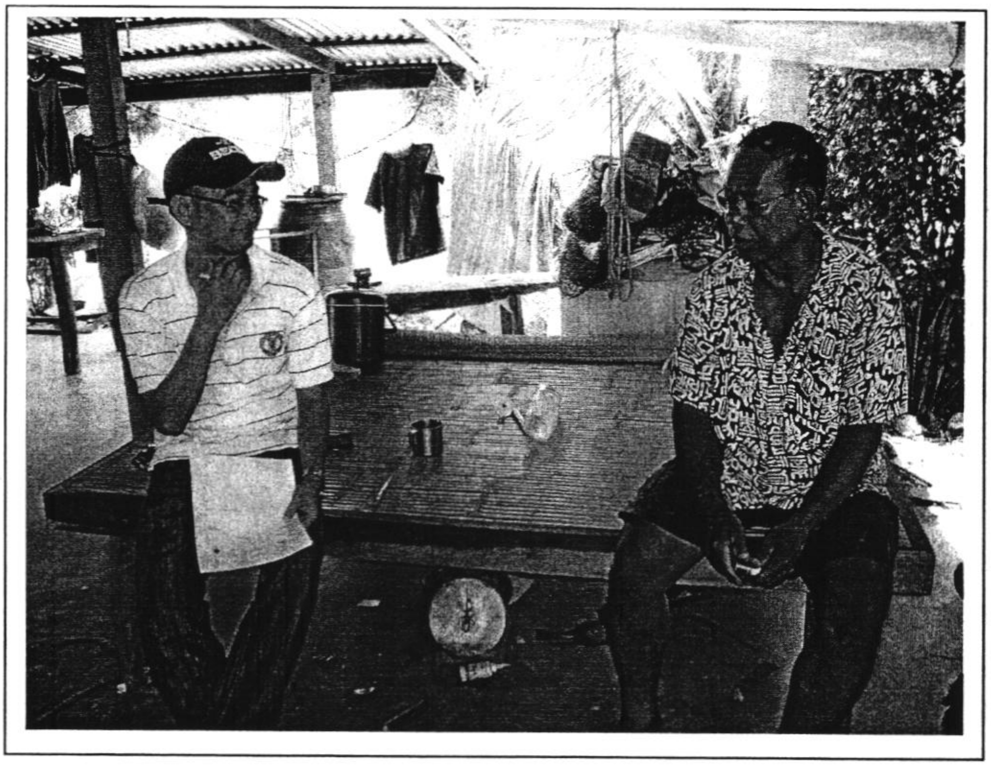
ภาพที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างพริกจากแปลงทดลอง

3.3.2 วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

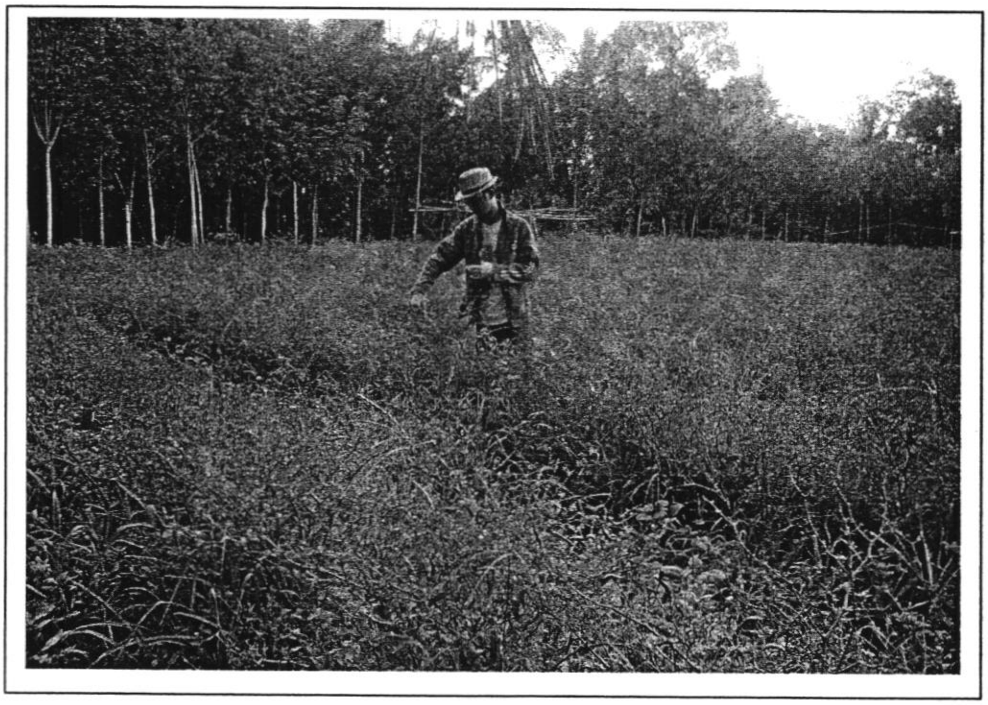
วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สารออร์แกนโนฟอสฟอรัส เป็นไปตามวิธีมาตรฐานของ QuEChERS ซึ่งใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง แก๊สโครมาโตรกราฟี (จีซี) - เอ็นพีดี (Gas Chromatography with Nitrogen-Phosphorus Detector; GC-NPD) โดยการส่งตรวจวัดที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง จังหวัดฉะเชิงเทรา รายละเอียดของวิธีนี้แสดงไว้ในภาคผนวก

ใช้วิธีเคราะห์รวมของ Steinwandter, 1985 ที่ได้ดัดแปลงและศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการว่าสามารถวิเคราะห์สารพิษตกค้างของกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอสเฟต และมีเปอร์เซ็นต์ค่าการกลับคืน (Recovery) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ 70-110 % ชั่งตัวอย่างพริกที่ปั่นละเอียด 20 กรัม เติม n-Hexane ที่อิ่มตัวด้วย Acetonitrile(ACN) จำนวน 80 มิลลิลิตร ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยความเร็วรอบ 12,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที กรองผ่าน Vaccum pump ใส่ separatory funnel ขนาด 250 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้เติมสาร Acetonitrile ที่อิ่มตัวด้วย Hexane ปริมาตร 50 มิลลิลิตร partition ด้วยเครื่อง funnel shaker นาน 15 นาที ทิ้งให้สารละลายแยกชั้นเก็บสารละลายชั้นล่าง ซึ่งเป็นชั้นของ Acetonitrile (ACN) กรองผ่าน sodium sulfate ที่รองรับด้วย cylinder ขนาด 100 มิลลิลิตร สารละลายชั้นบน นำมาทำการ partition ด้วยเครื่อง funnel shaker นาน 15 นาที อีกครั้งด้วย Acetonitrile(ACN) ที่อิ่มตัวด้วย n-Hexane จำนวน 50 มิลลิลิตร เก็บสารละลายชั้นล่างที่ได้กรองผ่าน sodium sulfate รวมกับสารละลายชั้นล่างที่ได้ในตอนแรก ส่วนสารละลายชั้นบนทิ้งไป และปรับปริมาตรด้วย Acetonitrile (ACN) ให้ได้ 100 มิลลิลิตร แบ่งสารละลายที่ได้มา 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ลดปริมาตรด้วยเครื่อง Evaporatory จนเกือบแห้ง และเติม Ethyl Acetate (PR grade) จำนวน 5 มิลลิลิตร ลดปริมาตรเกือบแห้ง 2 ครั้ง และนำมาเติม Ethyl Acetate (PR grade) ปรับปริมาตรให้ได้ 5 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต

ปิเปตต์สารละลายที่ได้ด้วย auto pipette จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวด vial และทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง GC โดยใช้หัวตรวจวัดชนิด NPD



ภาพที่ 3.4 การเก็บตัวอย่างแบบสอบถาม



ภาพที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างพริก

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสดและข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง 200 คน โดยแบ่งเป็นตัวอย่างในพื้นที่ปลูกพริกเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 50 คน และกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไปเขตจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 150 คน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมความเสี่ยงจากการรับประทานพริก ระหว่างกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริกกับประชากรกลุ่มเกษตรกรรมทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรมที่รับประทานพริก จากแปลงปลูกพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประชากรทั้งสองกลุ่มพิจารณาใช้เป็นตัวแทนผู้อาศัยในเขตพื้นที่ปลูกพริกและประชาชนทั่วไปที่บริโภคพริก สำหรับแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) การเก็บข้อมูลแบบสอบถาม

(1.1) ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

(1.2) พฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

(1.3) ข้อมูลด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

(2) การเก็บตัวอย่างพริกเพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

(3) การประเมินโอกาสการรับสัมผัสและความเสี่ยงจากการรับประทานพริกสด

4.1 ผลการเก็บข้อมูลแบบสอบถาม

4.1.1 ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช จากการบริโภคพริกสด

ผลการศึกษาพบว่า ผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด ซึ่งจำแนกเป็นกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริกและกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่นมีลักษณะประชากร ดังนี้ (ตารางที่ 4.1)

กลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก พบว่า เพศของกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 56.00 อายุ ส่วนใหญ่มีอายุ 56 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 40.00 อายุเฉลี่ย 50.80 ปี อายุสูงสุด 80 ปี อายุต่ำสุด 18 ปี ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 72.00 น้ำหนักตัวเฉลี่ย 56.86 กิโลกรัม น้ำหนักต่ำสุด 35.00 กิโลกรัม น้ำหนักสูงสุด 78.00 กิโลกรัม และอาชีพ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 64.00

กลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น พบว่า เพศของกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 81.30 อายุ ส่วนใหญ่มีอายุ 56 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 33.30 อายุเฉลี่ย 47.58 ปี อายุสูงสุด 82 ปี อายุต่ำสุด 13 ปี ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 66.00 น้ำหนักตัวเฉลี่ย 57.04 กิโลกรัม น้ำหนักต่ำสุด 34.00 กิโลกรัม น้ำหนักสูงสุด 84.00 กิโลกรัม และอาชีพ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 64.70

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		**เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)**		**รวม (n=200)**	
	จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
1. เพศ						
- ชาย	22	44.00	28	18.70	50	25.00
- หญิง	28	56.00	122	81.30	150	75.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
2. อายุ						
- ต่ำกว่า 26 ปี	2	4.00	19	12.70	21	10.50
- 26-35 ปี	6	12.00	19	12.70	25	12.50
- 36-45 ปี	9	18.00	23	15.30	32	16.00
- 46-55 ปี	13	26.00	39	26.00	52	26.00
- 56 ปีขึ้นไป	20	40.00	50	33.30	70	35.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
อายุเฉลี่ย 48.39 ปี ต่ำสุด 13 ปี สูงสุด 82 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.436						

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
3. ระดับการศึกษา						
- ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	36	72.00	99	66.00	135	67.50
- มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	10	20.00	30	20.00	40	20.00
- อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	1	2.00	4	2.70	5	2.50
- ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	3	6.00	17	11.30	20	10.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
4. น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)						
- เฉลี่ย	56.86		57.04		56.99	
- ต่ำสุด	35.00		34.00		34.00	
- สูงสุด	78.00		84.00		84.00	
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	10.0041		9.18774		9.37306	
5. อาชีพ						
- รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	4	8.00	9	6.00	13	6.50
- พนักงานเอกชน	1	2.00	3	2.00	4	2.00
- ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	10	20.00	26	17.30	36	18.00
- เกษตรกรรม	32	64.00	97	64.70	129	64.50
- นักเรียน/นักศึกษา	0	0.00	4	2.70	5	2.50
- รับจ้าง	1	2.00	8	5.30	9	4.50
- ว่างงาน	1	2.00	3	2.00	4	2.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

4.1.2 พฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

ผลการศึกษาพบว่า ผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด ซึ่งจำแนกเป็นกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริกและกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น มีลักษณะพฤติกรรมการบริโภค ดังนี้ (ตารางที่ 4.2)

กลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก พบว่า การรับประทานอาหารรสเผ็ดของกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก ส่วนใหญ่รับประทานระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 62.00 แหล่งพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารภายในครัวเรือน ส่วนใหญ่ปลูกเอง ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 56.00 ตลาดพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารมีการตรวจสอบสารกำจัดแมลง ส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูล คิดเป็นร้อยละ 68.00 ความนิยมใช้พริกสดหรือพริกแห้งในการประกอบ ส่วนใหญ่นิยมใช้พริกสด คิดเป็นร้อยละ 72.00 การล้างพริกก่อนนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร ส่วนใหญ่ทำเป็นประจำ คิดเป็นร้อยละ 64.00 การล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทาน ส่วนใหญ่ทำเป็นประจำ คิดเป็นร้อยละ 96.00 ประเภทของอาหารใส่พริกที่นิยม ส่วนใหญ่นิยมรับประทานต้ม คิดเป็นร้อยละ 20.76 ประเภทอาหารที่นิยมใช้พริกสดประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความส่วนใหญ่นิยมส้มตำ คิดเป็นร้อยละ 43.22 ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ปริมาณเฉลี่ย 7.56 เม็ด ปริมาณสูงสุด 20.00 เม็ด ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหาร โดยไม่ผ่านความร้อนต่อวัน ส่วนใหญ่ 3 มื้อต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และอายุเริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหาร โดยไม่ผ่านความร้อน อายุเฉลี่ย 7.25 ปี

กลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น พบว่า การรับประทานอาหารรสเผ็ดของกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ส่วนใหญ่รับประทานระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 66.70 แหล่งพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารภายในครัวเรือน ส่วนใหญ่ซื้อจากตลาดไม่ทราบข้อมูล คิดเป็นร้อยละ 79.30 ตลาดพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารมีการตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้น ส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูล คิดเป็นร้อยละ 90.00 ความนิยมใช้พริกสดหรือพริกแห้งในการประกอบอาหาร ส่วนใหญ่นิยมใช้พริกสด คิดเป็นร้อยละ 90.00 การล้างพริกก่อนนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร ส่วนใหญ่ทำเป็นประจำ คิดเป็นร้อยละ 90.70 การล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทานอาหาร ส่วนใหญ่ทำเป็นประจำ คิดเป็นร้อยละ 73.30 ประเภทของอาหารใส่พริกที่นิยมรับประทาน ส่วนใหญ่นิยมรับประทานแกง คิดเป็นร้อยละ 22.20 ประเภทอาหารที่นิยมใช้พริกสดประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ส่วนใหญ่นิยมส้มตำ คิดเป็นร้อยละ 48.87 ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ปริมาณเฉลี่ย

6.49 เม็ด ปริมาณสูงสุด 20.00 เม็ด ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหาร ส่วนใหญ่ 1 มื้อต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 62.00 และอายุเริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหาร อายุเฉลี่ย 5.98 ปี

4.1.3 ข้อมูลด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืช จากการบริโภคพริกสด

ผลการศึกษาพบว่า ผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด ซึ่งจำแนกเป็นกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริกและกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น มีลักษณะข้อมูลด้านสุขภาพ ดังนี้ (ตารางที่ 4.2)

กลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก พบว่า อาการผิดปกติหลังรับประทานอาหารที่มีการใช้พริกสดเป็นเครื่องเคียงหรืออาหารที่มีพริกเป็นองค์ประกอบ ของกลุ่มประชาชนในพื้นที่ปลูกพริก ส่วนใหญ่ไม่มีอาการผิดปกติ คิดเป็นร้อยละ 60.00 ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา เคยตรวจหาสารเคมีตกค้าง ส่วนใหญ่ไม่เคย คิดเป็นร้อยละ 46.00 เคย ผลปกติ คิดเป็นร้อยละ 32.00

กลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น พบว่า อาการผิดปกติหลังรับประทานอาหารที่มีการใช้พริกสดเป็นเครื่องเคียงหรืออาหารที่มีพริกเป็นองค์ประกอบ ของกลุ่มประชาชนทั่วไปเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ส่วนใหญ่ไม่มีอาการผิดปกติ คิดเป็นร้อยละ 70.00 ส่วนใหญ่ไม่เคย คิดเป็นร้อยละ 86.70 เคย ผลปกติ คิดเป็นร้อยละ 9.30

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. ท่านชอบรับประทานอาหารรสเผ็ดมากแค่ไหน						
- มาก	6	12.00	30	20.00	36	18.00
- ปานกลาง	31	62.00	100	66.70	131	65.50
- น้อย	13	26.00	18	12.00	31	15.50
- ไม่รับประทานเผ็ด	0	0.00	2	1.30	2	1.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
2. แหล่งพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารภายในครัวเรือน						
- ปลูกเอง ไม่ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช	8	16.00	20	13.30	28	14.00
- ปลูกเอง ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช	28	56.00	2	1.30	30	15.00
- ซื้อจากตลาด ไม่ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช	0	0.00	7	4.70	7	3.50
- ซื้อจากตลาด ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช	4	8.00	2	1.30	6	3.00
- ซื้อจากตลาด ไม่ทราบข้อมูล	10	20.00	119	79.30	129	64.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
3. ตลาดพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารมีการตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้น						
- มี ผลการตรวจปลอดภัย	2	4.00	9	6.00	11	5.50
- มี ผลการตรวจไม่ปลอดภัย	0	0.00	2	1.30	2	1.00
- ไม่มีการตรวจ	14	28.00	4	2.70	18	9.00
- ไม่ทราบข้อมูล	34	68.00	135	90.00	169	84.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
4. ท่านนิยมใช้พริกสดหรือพริกแห้งในการประกอบอาหาร						
- พริกสด	36	72.00	135	90.00	171	85.50
- พริกแห้ง	14	28.00	15	10.00	29	14.50
รวม	50	100.00	150	100.00	100	100.00
5. ท่านล้างพริกก่อนนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร						
- ทำเป็นประจำ	32	64.00	136	90.70	168	84.00
- ทำเป็นบางครั้ง	13	26.00	14	9.30	27	13.50
- ไม่ทำเลย	5	10.00	0	0.00	5	2.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
6. ท่านล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทานอาหาร						
- ทำเป็นประจำ	48	96.00	110	73.30	158	79.00
- ทำเป็นบางครั้ง	2	4.00	40	26.70	42	21.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
7. ประเภทของอาหารใส่พริกที่ท่านนิยมรับประทาน						
- ต้ม	27	20.76	101	19.84	128	20.03
- แกง	26	20.00	113	22.20	139	21.75
- น้ำพริก	16	12.31	69	13.56	85	13.30
- ส้มตำ	14	10.77	85	16.70	99	15.50
- ลาบ	14	10.77	9	1.77	23	3.60
- ผัด	13	10.00	90	17.68	103	16.12
- ป่น	13	10.00	4	0.79	17	2.66
- ยำ	5	3.85	36	7.07	41	6.42
- ก้อย	2	1.54	0	0.00	2	0.31
- ก๋วยเตี๋ยว	0	0.00	2	0.39	2	0.31
รวม	130	100.00	509	100.00.	639	100.00
8. ท่านนิยมใช้พริกสดประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อนในอาหารประเภทใด						
- ส้มตำ	35	43.22	130	48.87	165	47.55
- น้ำพริก	26	32.10	52	19.55	78	22.48
- เครื่องเคียง	9	11.11	12	4.51	21	6.05
- ยำ	9	11.11	70	26.31	79	22.76
- ตำแตง	1	1.23	1	0.38	2	0.58
- ตำเมี่ยง	1	1.23	0	0.00	1	0.29
- ตำถั่ว	0	0.00	1	0.38	1	0.29
รวม	81	100.00	266	100.00	347	100.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
9. ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน (เม็ด/มื้อ)						
- เฉลี่ย	7.58		6.49		6.77	
- สูงสุด	20.00		20.00		20.00	
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.195		4.069		3.890	
10. ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน (มื้อ/วัน)						
- ไม่รับประทาน	2	4.00	12	8.00	14	7.00
- 1 มื้อ	10	20.00	93	62.00	103	51.50
- 2 มื้อ	18	36.00	19	12.70	37	18.50
- 3 มื้อ	20	40.00	24	16.00	44	22.00
- 4 มื้อขึ้นไป	0	0.00	2	1.30	2	1.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
11. ท่านเริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อนตั้งแต่อายุ (ปี)						
- เฉลี่ย	7.25		5.98		6.32	
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.101		2.688		2.796	

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
12. ท่านมีอาการผิดปกติหลังรับประทานอาหารที่มีการใช้พริกสดเป็นเครื่องเคียงหรืออาหารที่มีพริกเป็นองค์ประกอบ						
- ไม่มีอาการผิดปกติ	30	60.00	105	70.00	135	67.50
- มีอาการผิดปกติ	20	40.00	45	30.00	65	32.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
อาการผิดปกติที่แสดง						
ปวดศีรษะ วิงเวียน						
- บ่อย	0	0.00	0	0.00	0	0.00
- บางครั้ง	2	4.00	11	7.30	13	6.50
- ไม่เคย	48	96.00	139	92.70	187	93.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
อ่อนเพลีย						
- บ่อย	0	0.00	0	0.00	0	0.00
- บางครั้ง	3	6.00	3	2.00	6	3.00
- ไม่เคย	47	94.00	147	98.00	194	97.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
คลื่นไส้ อาเจียน						
- บ่อย	0	0.00	1	0.70	1	0.50
- บางครั้ง	7	14.00	6	4.00	13	6.50
- ไม่เคย	43	86.00	143	95.30	186	93.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ปวดเกร็งช่องท้อง						
- บ่อย	0	0.00	1	0.70	1	0.50
- บางครั้ง	7	14.00	24	16.00	31	15.50
- ไม่เคย	43	86.00	125	83.30	168	84.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
ท้องเสีย						
- บ่อย	0	0.00	2	1.30	2	1.00
- บางครั้ง	5	10.00	31	20.70	36	18.00
- ไม่เคย	45	90.00	117	78.00	162	81.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
ตาพร่ามัว						
- บ่อย	0	0.00	0	0.00	0	0.00
- บางครั้ง	3	6.00	15	10.00	18	9.00
- ไม่เคย	47	94.00	135	90.00	182	91.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
เจ็บหน้าอก หายใจลำบาก						
- บ่อย	1	2.00	0	0.00	1	0.50
- บางครั้ง	2	4.00	2	1.30	4	2.00
- ไม่เคย	47	94.00	148	98.70	195	97.50
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคและสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (ต่อ)

	เขตพื้นที่ปลูกพริก (n=50)		เขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (n=150)		รวม (n=200)	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
หมดสติ						
- บ่อย	0	0.00	0	0.00	0	0.00
- บางครั้ง	1	2.00	0	0.00	1	0.50
- ไม่เคย	49	98.00	150	100.00	199	99.50
รวม	50.00	100.00	150	100.00	200	100.00
แสบท้อง						
- บ่อย	3	6.00	0	0.00	3	1.50
- บางครั้ง	1	2.00	0	0.00	1	0.50
- ไม่เคย	46	92.00	150	100.00	196	98.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00
13. ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเคยตรวจหาสารเคมีตกค้างหรือไม่						
- ไม่เคย	23	46.00	130	86.70	153	76.00
- เคย แต่ไม่ทราบผล	4	8.00	2	1.30	6	3.00
- เคย ผลปกติ	16	32.00	14	9.30	30	15.00
- เคย พบว่าปลอดภัย	2	4.00	3	2.00	5	2.50
- เคย พบว่ามีความเสี่ยง	5	10.00	1	0.70	6	3.00
- เคย พบว่าไม่ปลอดภัย	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	50	100.00	150	100.00	200	100.00

ผลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่าง ระหว่างเขตพื้นที่ปลูกพริกกับเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น แต่กลุ่มตัวอย่างเขตพื้นที่ปลูกพริกในรอบ 1 ปีที่ผ่านมาเคยตรวจหาสารเคมีตกค้างในเลือดมากกว่ากลุ่มตัวอย่างเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น

4.2 การเก็บตัวอย่างพริกเพื่อวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

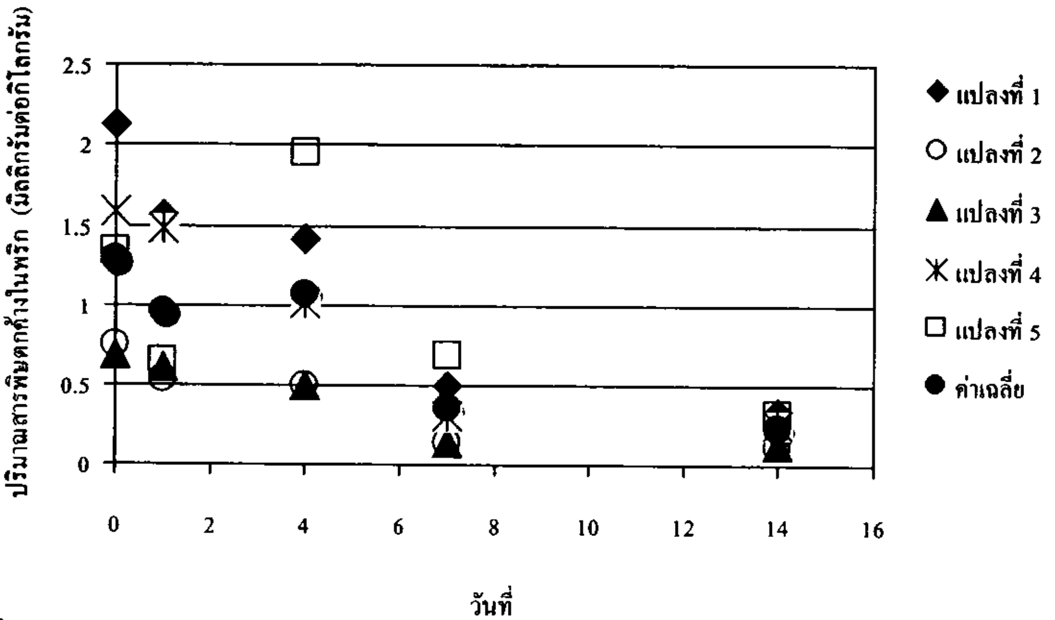
4.2.1 ความเข้มข้นของคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอส

ปริมาณสารตกค้างคลอร์ไพรีฟอสในพริก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังจากฉีดพ่น วันที่ 0, 1, 4, 7 และวันที่ 14 ในแปลงพริกทั้ง 5 แปลง ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารตกค้างของคลอร์ไพรีฟอสในพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ระยะเวลาหลังการฉีดพ่น (วัน)	ปริมาณสารพิษตกค้างในพริก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)						
	แปลงที่ 1	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	แปลงที่ 4	แปลงที่ 5	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	2.13	0.75	0.69	1.59	1.34	1.30	0.60
1	1.56	0.53	0.61	1.49	0.65	0.97	0.51
4	1.42	0.50	0.49	1.02	1.96	1.08	0.62
7	0.50	0.14	0.14	0.30	0.69	0.35	0.24
14	0.33	0.12	0.13	0.26	0.32	0.23	0.10

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit : MRL) คือ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 4.1 ความเข้มข้นของคลอร์ไพรีฟอสในพริก 5 แปลง หลังฉีดพ่นวันที่ 0, 1, 4, 7 และวันที่ 14

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 สามารถพิจารณาหาค่าครึ่งชีวิต และค่าคงที่จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารคลอร์ไพรีฟอสซึ่งเป็นไปตามปฏิกิริยาที่หนึ่ง (first-order reaction) ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารคลอร์ไพรีฟอสตกค้างในพริก

แปลงที่	ค่าคงที่จลนพลศาสตร์ (วัน$^{-1}$)	ครึ่งชีวิต (วัน)	R^2
1	0.1332	5.20	0.8307
2	0.1309	5.29	0.7845
3	0.1192	5.81	0.8152
4	0.1293	5.36	0.8215
5	0.1023	6.77	0.6260
เฉลี่ย	0.1229	5.69	0.7756

ปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังหนึ่ง (สมการที่ 4.1) ดังนี้

$$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt \qquad \text{(สมการที่ 4.1)}$$

โดย [A] = ปริมาณสารคงเหลือ, $[A]_0$ = ปริมาณสารเริ่มต้น, k = ค่าคงที่, t = เวลา

$k = 0.1229$ $t_{1/2} = 5.69$ วัน

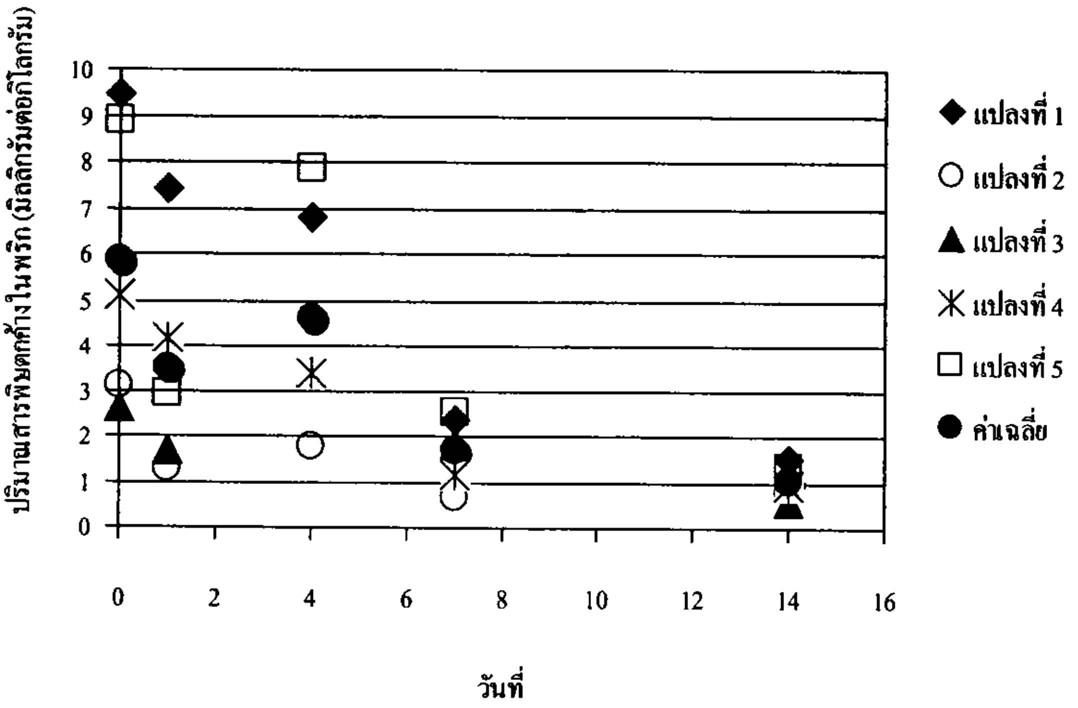
ผลดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า ลักษณะการย่อยสลายของสารคลอร์ไพรีฟอสขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น จากข้อมูลการตกค้างของสารคลอร์ไพรีฟอส พบว่าสารคลอร์ไพรีฟอสตกค้างในพริกภายหลังการฉีดพ่น มีค่าสูงกว่าค่า MRL ซึ่งเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ภายหลังฉีดพ่น สารดังกล่าวจะถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยทั่วไปกรมส่งเสริมการเกษตรได้แนะนำให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 7 วัน ดังนั้นหากพิจารณาเปรียบเทียบการตกค้างของสารคลอร์ไพรีฟอสภายหลังฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน จะพบว่าสารคลอร์ไพรีฟอสเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่า MRL แต่พบว่าสารตกค้างในแปลงตัวอย่างถึง 2 แปลง (จากตัวอย่างทั้งหมด 5 แปลง) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ MRL ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า หากเกษตรกรฉีดพ่นสารคลอร์ไพรีฟอสในลักษณะที่กระทำในปัจจุบัน ระยะเวลาตามที่กรมส่งเสริมการเกษตรแนะนำอาจยังไม่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาข้อมูลนี้ประกอบกับค่าครึ่งชีวิตจะพบว่า ในกรณีที่พบการปนเปื้อนที่สูงสุด (แปลงที่ 5) หากทิ้งพริกไว้เป็นระยะเวลา 8 วัน สารคลอร์ไพรีฟอสจะถูกย่อยสลายตามธรรมชาติจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

สารตกค้างโพรฟีโนฟอสในพริก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังจากฉีดพ่นวันที่ 0, 1, 4, 7 และวันที่ 14 ในแปลงพริกทั้ง 5 แปลง ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารตกค้างของโพรฟีโนฟอสในพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ระยะเวลาหลังการฉีดพ่น (วัน)	**ปริมาณสารพิษตกค้างในพริก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)**						
	แปลงที่ 1	**แปลงที่ 2**	**แปลงที่ 3**	**แปลงที่ 4**	**แปลงที่ 5**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
0	9.48	3.12	2.64	5.13	8.91	5.86	3.19
1	7.43	1.30	1.70	4.17	2.93	3.51	2.46
4	6.78	1.79	3.41	3.37	7.85	4.64	2.56
7	2.36	0.66	1.82	1.14	2.52	1.70	0.79
14	1.49	0.78	0.60	0.94	1.32	1.03	0.37

ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit : MRL) คือ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นของโพรฟีโนฟอสในพริก 5 แปลง หลังฉีดพ่นวันที่ 0, 1, 4, 7 และวันที่ 14

จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.2 สามารถพิจารณาหาค่าครึ่งชีวิต และค่าคงที่จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารโพรฟีโนฟอสซึ่งเป็นไปตามปฏิกิริยาที่หนึ่ง (first-order reaction) ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จลนพลศาสตร์การย่อยสลายของสารโพรฟีโนฟอสตกค้างในพริก

แปลงที่	ค่าคงที่จลนพลศาสตร์ (วัน$^{-1}$)	ครึ่งชีวิต (วัน)	R^2
1	0.1322	5.24	0.8499
2	0.0990	7.00	0.4949
3	0.1058	6.55	0.7805
4	0.1212	5.72	0.8253
5	0.1364	5.08	0.5149
เฉลี่ย	0.1189	5.92	0.6931

ปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังหนึ่ง (สมการที่ 4.1) ดังนี้

$$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt \qquad \text{(สมการที่ 4.1)}$$

โดย [A] = ปริมาณสารคงเหลือ, $[A]_0$ = ปริมาณสารเริ่มต้น, k = ค่าคงที่, t = เวลา

$k = 0.1189$ $\qquad$ $t_{1/2} = 5.92$ วัน

ผลดังกล่าวสามารถกล่าวได้ว่า ลักษณะการย่อยสลายของสารโพรฟีโนฟอสฟอสขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น จากข้อมูลการตกค้างของสารโพรฟีโนฟอส พบว่าสารโพรฟีโนฟอสตกค้างในพริกภายหลังการฉีดพ่น มีค่าสูงกว่าค่า MRL ซึ่งเท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ภายหลังฉีดพ่น สารดังกล่าวจะถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยทั่วไปกรมส่งเสริมการเกษตรได้แนะนำให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 7 วัน ดังนั้นหากพิจารณาเปรียบเทียบการตกค้างของสารโพรฟีโนฟอสภายหลังฉีดพ่นเป็นเวลา 7 วัน จะพบว่าสารโพรฟีโนฟอสทุกแปลงมีค่าต่ำกว่า MRL ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า หากเกษตรกรฉีดพ่นสารโพรฟีโนฟอสในลักษณะที่กระทำในปัจจุบัน ระยะเวลาตามที่กรมส่งเสริมการเกษตรแนะนำอาจเพียงพอและอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

4.3 การประเมินโอกาสการรับสัมผัสและความเสี่ยงจากการรับประทานพริกสด

จากข้อมูลประชากรตัวอย่างและพฤติกรรมการบริโภค สามารถสรุปลักษณะการสัมผัสได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี) ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี) และอัตราการรับประทาน (กก./วัน)

ตัวแปร	ค่า(±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)		
	ประชากรตัวอย่างในเขตพื้นที่ปลูกพริก *n* =50	ประชากรตัวอย่างเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น *n* =150	รวม *n* =200
ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)	365	365	365
ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)	43.55±13.83	41.57±16.87	42.07±16.16
อัตราการรับประทาน (กก./วัน)	0.007±0.0045	0.005±0.0059	0.006±0.0049

พริก 1 เม็ด = 1.32 ± 0.05 g

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถคำนวณหาโอกาสรับสัมผัสและประเมินความเสี่ยงได้ดังตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10

ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากคลอร์ไพรีฟอส จากการบริโภคพริกของกลุ่มประชาชนในพื้นที่เกษตรกรรมตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี คือ 4.30×10^{-5} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากโพรฟีโนฟอส จากการบริโภคพริกในพื้นที่หัวเรือ คือ 2.09×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากคลอร์ไพรีฟอส จากการบริโภคพริกของกลุ่มประชาชนทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธาน คือ 3.10×10^{-5} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากโพรฟีโนฟอส จากการบริโภคพริกในพื้นที่หัวเรือ คือ 1.49×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากคลอร์ไพรีฟอส จากการบริโภคพริกของกลุ่มประชาชนรวมทั้งหมด คือ 3.70×10^{-5} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากโพรฟีโนฟอส จากการบริโภคพริกในพื้นที่หัวเรือ คือ 1.79×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

ตารางที่ 4.8 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของเกษตรกรปลูกพริกในเขตพื้นที่ปลูกพริก ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี (n=50)

ออร์แกนโนฟอสฟอรัส	ความเข้มข้น (mg/kg) n =50		ประเมินการรับสัมผัส IR (kg/day)	EF (days/yr)	ED (yrs)	BW (kg)	ATx365 (day)	ADD (mg/kg-day)	Oral RfD[a,b] (mg/kg-day)	Risk Characterization Hazard quotient
Chlorpyrifos	Min	0.14	0.001	365	12.00	56.86	12.00	2.00×10^{-6}	0.003	0.0008
	Mean	0.35	0.007	365	43.55	56.86	43.55	4.30×10^{-5}	0.003	0.0143
	Max	0.69	0.020	365	73.00	56.86	73.00	2.4×10^{-4}	0.003	0.0813
Profenofos	Min	0.66	0.001	365	12.00	56.86	12.00	1.20×10^{-5}	0.0001	0.1161
	Mean	1.70	0.007	365	43.55	56.86	43.55	2.09×10^{-4}	0.0001	2.0929
	Max	2.59	0.020	365	73.00	56.86	73.00	9.11×10^{-4}	0.0001	9.1101

[a] IRIS, 1988 (Oral reference dose of chlorpyrifos)

[b] Jaipieam, 2009 (Oral reference dose of profenofos)

$$ADD = \frac{CF * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

HQ = ADD/RfD

ตารางที่ 4.9 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของตัวแทนผู้บริโภคทั่วไปในเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (n=150)

ออร์แกนโนฟอสฟอรัส	**ความเข้มข้น (mg/kg)** n =150		**ประเมินการรับสัมผัส**						**Oral RfD[a,b] (mg/kg-day)**	**Risk Characterization**
			IR (kg/day)	**EF (days/yr)**	**ED (yrs)**	**BW (kg)**	**ATx365 (day)**	**ADD (mg/kg-day)**		**Hazard quotient**
Chlorpyrifos	Min	0.14	0.001	365	6.00	57.04	6.00	2.00×10^{-6}	0.003	0.0010
	Mean	0.35	0.005	365	41.57	57.04	41.57	3.10×10^{-5}	0.003	0.0102
	Max	0.69	0.040	365	77.00	57.04	77.00	4.84×10^{-4}	0.003	0.1613
Profenofos	Min	0.66	0.001	365	6.00	57.04	6.00	1.20×10^{-5}	0.0001	0.1157
	Mean	1.70	0.005	365	41.57	57.04	41.57	1.49×10^{-4}	0.0001	1.4902
	Max	2.59	0.040	365	77.00	57.04	77.00	1.82×10^{-3}	0.0001	18.1627

[a] IRIS, 1988 (Oral reference dose of chlorpyrifos)

[b] Jaipieam, 2009 (Oral reference dose of profenofos)

$$ADD = \frac{CF * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

HQ = ADD/RfD

ตารางที่ 4.10 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารตกค้างออร์แกนโนฟอสฟอรัส เนื่องจากการบริโภคพริกของกลุ่มตัวอย่างของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด (n=200)

ออร์แกนโนฟอสฟอรัส	**ความเข้มข้น (mg/kg)**		**ประเมินการรับสัมผัส**						**Oral RfD[a,b]**	**Risk Characterization**
	***n* =200**		**IR (kg/day)**	**EF (days/yr)**	**ED (yrs)**	**BW (kg)**	**ATx365 (day)**	**ADD (mg/kg-day)**	**(mg/kg-day)**	**Hazard quotient**
Chlorpyrifos	Min	0.14	0.001	365	6.00	56.99	6.00	2.00×10^{-6}	0.003	0.0008
	Mean	0.35	0.006	365	42.07	56.99	42.07	3.70×10^{-5}	0.003	0.0123
	Max	0.69	0.040	365	77.00	56.99	77.00	4.84×10^{-4}	0.003	0.1614
Profenofos	Min	0.66	0.001	365	6.00	56.99	6.00	1.20×10^{-5}	0.0001	0.1158
	Mean	1.70	0.006	365	42.07	56.99	42.07	1.79×10^{-4}	0.0001	1.7898
	Max	2.59	0.040	365	77.00	56.99	77.00	1.82×10^{-3}	0.0001	18.1786

[a] IRIS, 1988 (Oral reference dose of chlorpyrifos)

[b] Jaipieam, 2009 (Oral reference dose of profenofos)

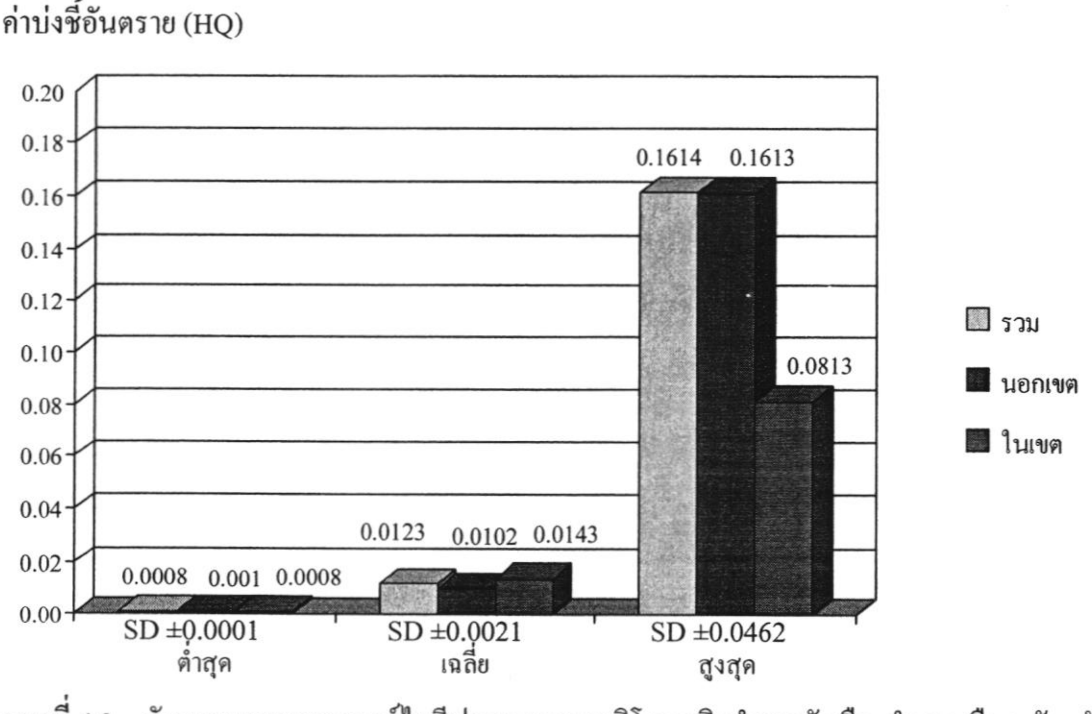
$$ADD = \frac{CF * IR * EF * ED}{BW * AT}$$

HQ = ADD/RfD

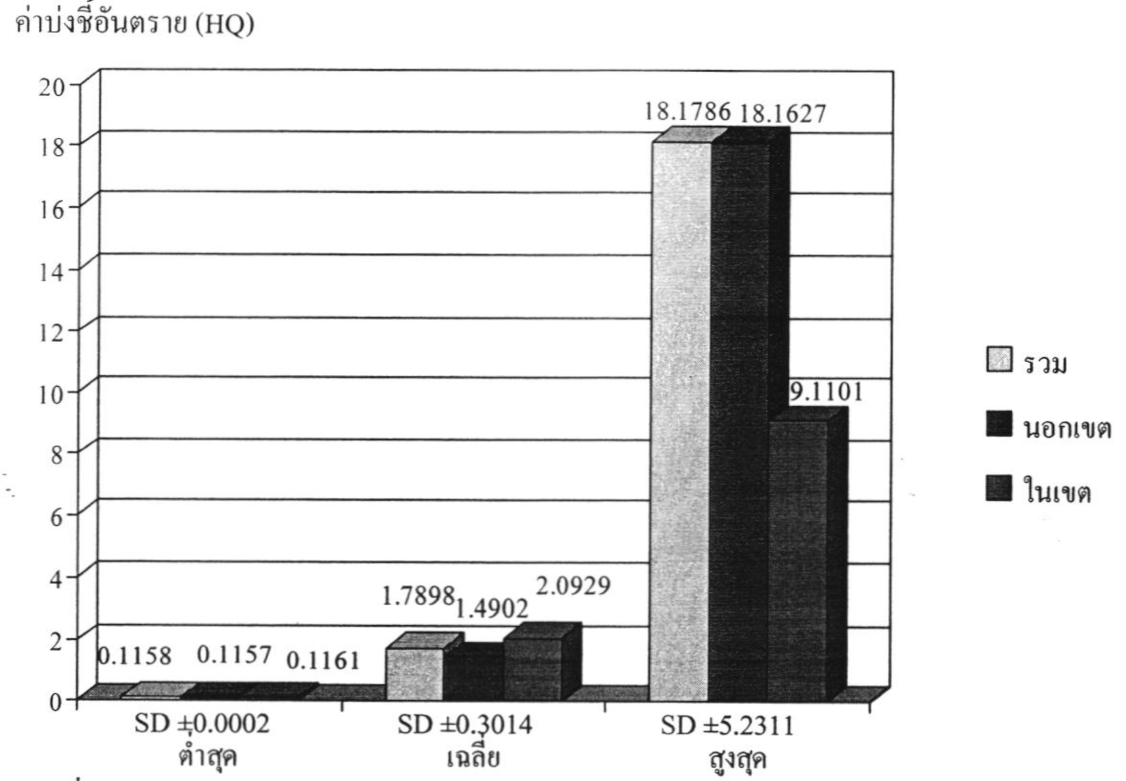
การบริโภคพริกของเกษตรกรปลูกพริกในเขตพื้นที่ปลูกพริก พบว่า ค่า HQ ของค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของคลอร์ไพรีฟอสต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 แสดงว่าผู้บริโภคไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอส ค่า HQ ของค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของโพรฟีโนฟอส คือ 2 และ 9 ซึ่งสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 ดังนั้นผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนโพรฟีโนฟอส

การบริโภคพริกของตัวแทนผู้บริโภคทั่วไปในเขตพื้นที่เกษตรกรรมอื่น พบว่า ค่า HQ ของค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของคลอร์ไพรีฟอสต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 แสดงว่าผู้บริโภคไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอส ค่า HQ ของค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของโพรฟีโนฟอส คือ 1 และ 18 ซึ่งสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 ดังนั้นผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนโพรฟีโนฟอส

การบริโภคพริกของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด พบว่า ค่า HQ ของค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของคลอร์ไพรีฟอสต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 แสดงว่าผู้บริโภคไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอส ค่า HQ ของค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของโพรฟีโนฟอส คือ 2 และ 18 ซึ่งสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 ดังนั้นผู้บริโภคจึงมีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนโพรฟีโนฟอส



ภาพที่ 4.3 อันตรายจากสารคลอร์ไพรีฟอสจากการบริโภคพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี



ภาพที่ 4.4 อันตรายจากสารโพรฟีโนฟอสจากการบริโภคพริกตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ค่า HQ ของค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดสำหรับสารคลอร์ไพรีฟอสในเกษตรกรในพื้นที่เกษตรกรรม และตัวอย่างกลุ่มประชาชนทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี มีค่าต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 แสดงว่าผู้บริโภคไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนสารคลอร์ไพรีฟอส แต่ค่า HQ ของค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดสำหรับสารโพรฟีโนฟอสในเกษตรกรในพื้นที่เกษตรกรรม และตัวอย่างกลุ่มประชาชนทั่วไปนอกพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี มีค่าสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ 1.0 ดังนั้นการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนสารโพรฟีโนฟอส จึงมีความเสี่ยง แต่เนื่องจากพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่ใช้สารคลอร์ไพรีฟอสร่วมกับสารโพรฟีโนฟอส ดังนั้นผู้รับสัมผัสจึงมีความเสี่ยงจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริกสด

จากข้อมูล HQ ในหัวข้อนี้เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นตกค้างในหัวข้อก่อนจะเห็นได้ว่าแม้สารโพรฟีโนฟอสตกค้างต่ำกว่า MRL แต่ยังมีโอกาสเสี่ยงสูง ดังนั้นการพิจารณาควบคุมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชควรพิจารณาค่า HQ ด้วยเช่นกัน

ความเป็นพิษของโพรฟีโนฟอสมีค่าสูงกว่าคลอร์ไพรีฟอส จึงมีผลทำให้การประเมินค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) มีค่าความเสี่ยงสูงกว่าคลอร์ไพรีฟอส

จากผลการประเมินความเสี่ยงและการสำรวจพื้นที่ในกรณีการปนเปื้อน ของสารกำจัดศัตรูพืชในพริกมีข้อเสนอแนะแนวทางการปฏิบัติ ดังนี้

(1) จากการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างซื้อพริกจากตลาดเพื่อใช้ในการประกอบอาหารภายในครัวเรือน และไม่ทราบข้อมูลการฉีดสารกำจัดศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 64.50 และไม่ทราบข้อมูลการตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้น คิดเป็นร้อยละ 84.50 เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรมีการอบรมให้ความรู้ เพื่อเพิ่มความรู้แก่ประชาชน และมีการตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้นและประชาสัมพันธ์ผลการตรวจให้ประชาชนทราบ

(2) จากการศึกษาข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการล้างพริกก่อนนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร ทำเป็นบางครั้ง คิดเป็นร้อยละ 13.50 ไม่ทำเลย คิดเป็นร้อยละ 2.50 และพฤติกรรมการล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทานอาหาร ทำเป็นบางครั้ง คิดเป็นร้อยละ 21.00 เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรจัดอบรม รณรงค์และประชาสัมพันธ์ให้ความรู้ เพื่อสร้างสุขนิสัยที่ดีในการปฏิบัติตัว เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดจากการปนเปื้อนในอาหาร

(3) จากการศึกษาข้อมูลด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา กลุ่มตัวอย่างไม่เคยตรวจหาสารเคมีตกค้างในร่างกาย คิดเป็นร้อยละ 76.00 เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรมีการตรวจสุขภาพประชาชนและหาตรวจสารเคมีตกค้างในร่างกาย ทั้งการตรวจปริมาณสารตกค้างในเลือดหรือในปัสสาวะ เพื่อป้องกันและเฝ้าระวังอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับประชาชนเบื้องต้น และมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องโดยประชาชนมีส่วนร่วม เพื่อความยั่งยืนของการดำเนินงาน

(4) เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบควรมีการให้ข้อมูลผลการประเมินความเสี่ยงแก่ประชาชน โดยสื่อต่างๆ เช่น อบรมให้ความรู้ วิทยุชุมชน เสียงตามสาย ป้ายประชาสัมพันธ์ แผ่นพับความรู้ และสื่ออื่นๆ ที่เกี่ยวกับความเสี่ยงและการลดความเสี่ยงด้านสุขภาพประชาชน เพื่อให้ประชาชนมีความรู้และสร้างความตระหนักในการดูแลสุขภาพด้วยตัวเอง โดยกลุ่มประชาชนมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหา เพื่อความยั่งยืนของการสร้างสุขภาพที่ดีของประชาชน โดยภาคประชาชนมีส่วนร่วม

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากการบริโภคพริก วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีที่ตกค้างในพริก ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บผลผลิตพริกหลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืช และประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริกหลังจากฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสในวันที่ 0 1 4 7 และ 14 ตามลำดับ โดยศึกษาข้อมูลลักษณะทั่วไป พฤติกรรมและข้อมูลด้านสุขภาพของผู้รับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด การวิเคราะห์ปริมาณสารคลอร์ไพรีฟอสและโพรฟีโนฟอสที่ตกค้าง การประเมินโอกาสการรับสัมผัสและความเสี่ยงจากการรับประทานพริกสดในพื้นที่เขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ข้อมูลทั่วไปของประชากร พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 75.00 ส่วนใหญ่มีอายุ 56 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 35.00 อายุเฉลี่ย 48.39 ปี ระดับการศึกษาส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 67.50 น้ำหนักเฉลี่ย 56.99 กิโลกรัม อาชีพส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 64.50

5.1.2 พฤติกรรมการบริโภคพริก พบว่า ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียง และเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน เฉลี่ย 6.77 เม็ดต่อวัน ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ส่วนใหญ่ 1มื้อต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 51.50 อายุเริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหาร เฉลี่ย 6.32 ปี

5.1.3 ข้อมูลด้านสุขภาพ พบว่า การตรวจหาสารเคมีตกค้างในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา ส่วนใหญ่ไม่เคยตรวจ คิดเป็นร้อยละ 76.00

5.1.4 ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในพริก หลังฉีดพ่น 7 วัน สารคลอร์ไพรีฟอส ต่ำสุด 0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงสุด 0.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ย 0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารโพรฟีโนฟอส ต่ำสุด 0.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงสุด 2.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ย 1.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.1.5 ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บผลผลิตพริก หลังจากใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์แกนโนฟอสฟอรัส โดยพิจารณาจากค่าครึ่งชีวิตของสารคลอร์ไพรีฟอส 5.63 วัน และสารโพรฟีโนฟอส 5.83 วัน ถ้าฉีดพ่นสารคลอร์ไพรีฟอสร่วมกับโพรฟีโนฟอส สารคลอร์ไพรีฟอสสลายตัวเหลือน้อยกว่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit : MRL) 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใช้เวลา 7.77 วัน สารโพรฟีโนฟอสสลายตัวเหลือน้อยกว่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limit, MRL) 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใช้เวลา 1.33 วัน ดังนั้นจึงแนะนำให้เก็บผลผลิตพริกหลังฉีดพ่นสารคลอร์ไพรีฟอสร่วมกับโพรฟีโนฟอส อย่างน้อย 8 วัน

5.1.6 ปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากสารปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอสสำหรับผู้บริโภคพริกในพื้นที่ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี คือ 3.70×10^{-5} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และปริมาณเฉลี่ยต่อวัน (ADD) จากสารปนเปื้อนโพรฟีโนฟอสสำหรับผู้บริโภคพริกในพื้นที่ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี คือ 1.79×10^{-4} มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ผลการวิเคราะห์ พบว่า ผู้บริโภคพริกได้รับความเสี่ยงจากการสัมผัสสารปนเปื้อนโพรฟีโนฟอสมากกว่าการสัมผัสสารปนเปื้อนคลอร์ไพรีฟอส

5.1.7 การประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัสจากการบริโภคพริกหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชออร์แกนโนฟอสฟอรัส โดยพิจารณาจากค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) สำหรับสารคลอร์ไพรีฟอสอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (HQ < 1.0) ดังนั้นผู้บริโภคจึงไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภคพริกปนเปื้อนสารคลอร์ไพรีฟอส ในขณะที่ค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) ของค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดสำหรับสารโพรฟีโนฟอส มีค่าสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ (HQ < 1.0) ดังนั้นการบริโภคพริกที่ปนเปื้อนสารโพรฟีโนฟอส จึงมีความเสี่ยง

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาสารกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่นที่ใช้กำจัดศัตรูพืชในท้องถิ่น และเส้นทางการรับสัมผัสเส้นทางอื่น รวมทั้งปัจจัยเอื้อและปัจจัยเสริมอย่างอื่นที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่บริโภคพริกในเขตตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และควรมีการศึกษาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นที่มีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช เพื่อประเมินและป้องกันความเสี่ยงสุขภาพที่จะเกิดขึ้นกับประชาชน

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. "อาหารที่มีสารพิษตกค้าง", ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 288 พ.ศ. 2548. http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf288.pdf. กรกฎาคม, 2554.

ครรชิต ปุสิงห์. การรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสฟอรัสผ่านทางผิวหนังในเกษตรกรผู้ปลูกพริก ตำบลหัวเรือ. การศึกษาอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.

จินตนา ภู่มงกุฎชัย, พนิดา ไชยยันต์บูรณ์ และเนาวรัตน์ เอื้ออัจจิมากุล. วิจัยชนิดปริมาณสารพิษตกค้างของ profenofos ในพริก เพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRL) ครั้งที่ 1-2. กรุงเทพฯ : กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2550.

ฌานิกา แซ่แง่. การประเมินความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยงเบื้องต้นต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของศูนย์อาหารศรีตรัง เทศบาลตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548.

ธำรงค์ เครือชุมพล. พริก. กรุงเทพฯ : เกษตรสยามบุ๊คส์, 2551.

นาตยา จันทร์ส่อง, อิทธิพล บึ้งพรม และสุภาพร บึ้งพรม. รายงานการวิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพริก ดิน และน้ำใต้ดินของแปลงเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างตามโครงการเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP : พืช). กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2550.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. การปลูกและการขยายพันธุ์พริก พืชเศรษฐกิจรสร้อนแรง สร้างเงินล้าน. กรุงเทพฯ : เพชรกะรัต, ม.ป.ป.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. เชียงใหม่ : ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

พงศ์ศรี ใบอดุลย์, ศศิมา มั่งนิมิตร์ และลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล. รายงานการวิจัยการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มไพรีทรอยด์ในผักโดยวิธี QuECHERS ด้วย Gas Chromatrography/Mass Spectrometry. กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2550.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พรสุดา ชุนห์ลือชานนท์. ผลของความเป็นกรด-ด่างและอินทรียวัตถุต่อการสลายตัวของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในดินชุดโคราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง. ความสามารถของเชื้อราที่เป็นเอนโดไฟท์ในพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา Colletotrichum capsici เชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนสในพริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547. อ้างอิงจากมณีฉัตร นิกรพันธุ์. พริก. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2541.

ภักดี โพธิศิริ. 2543. "หลักการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการกำหนดมาตรฐาน CODEX บทบาทของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและหลักการป้องกันล่วงหน้า" ข่าวกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 14 : 21-22 ; ตุลาคม, 2543.

วินัย วนานุกูล, จารุวรรณ ศรีอาภา และอัจฉรา ทองภู. ภาวะเป็นพิษจากสารออร์กาโนฟอสฟอรัสและคาร์บาเมต. กรุงเทพฯ : โครงการตำรารามาธิบดี คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552.

วิภา ตั้งนิพนธ์ และคณะ. รายงานการวิจัยศึกษาเทคโนโลยีการใช้วัสดุธรรมชาติในการดูดซับสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในแปลงผัก. กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2550.

สมบัติ ศรีชูวงศ์, ไสว บูรณพาณิชพันธุ์ และชวนพิศ บุญชิตสิริกุล. การศึกษาพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในเขตภาคเหนือและปริมาณสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม : พืชตะกูลกะหล่ำ. เชียงใหม่ : ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

สาคร ศรีวิชัย. ระดับสารฆ่าแมลงตกค้างในผัก. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.

สุทธิสาร์ อุไรกุล. การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟตจากการบริโภคพริกในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุนันทา ชมพูนิช, มลิสา เวชยานนท์ และพงศ์ศรี ใบอคุลย์. รายงานการวิจัยการทดสอบความสามารถในการตรวจสอบสารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มไพรีทรอยด์ และกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในดินโดยใช้ Gas Chromatograph : ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างอ้างอิง. กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร : สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2550.

สำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี. แบบสำรวจข้อมูลการปลูกพริกรายอำเภอ ปี 2547/2548, อุบลราชธานี : สำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี, 2548.

อุดม คำชา และคณะ. รายงานการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์พริกขี้หนูรับประทานสดพันธุ์หัวเรือ. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, 2547.

_______. รายงานการวิจัยการศึกษาความเสียหายและการเข้าทำลายของแมลงศัตรู และการป้องกันกำจัด. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, 2550.

IPCX Intox databank. Classification of OPPs. Cited in Deerasamee, O. Determination of Organophosphate Pesticide using Gas Chromatography. Master's Thesis: Mahidol University, 2009.

Nutta Taneepanichskul. Risk Assessment of Chlorpyrifos (Organophosphate Pesticide) Associated with Dermal Exposure in Chilli- Growing Famers At Ubonrachathani Province Thailand. Master's Thesis: Chulalongkorn University, 2010.

Somsiri Jaipieam. Risk Assessment of Multi-Route Exposure to Organophosphate Pesticide of Vegetable Grower (A Case Study at Bang Rieng Sub-District, Khuan Nieng District, Songkhla Province). Doctoral dissertation: Chulalongkorn University, 2008.

US Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002. USA: US Environmental Protection Agency, 1989.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม

ชื่อผู้สัมภาษณ์________ แบบสอบถามเลขที่_____ (___/___/___)

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

แบบสอบถามเรื่อง การรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคพริกสด

ในพื้นที่ปลูกพริก ต.หัวเรือ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี ประเทศไทย

กรุณาตอบคำถาม และ/หรือ ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่กำหนด

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป *(สำหรับเจ้าหน้าที่)*

1. ชื่อ – สกุล...
2. ที่อยู่...
3. เพศ ( ) 1. ชาย ( ) 2. หญิง
4. อายุ................ปี
5. ระดับการศึกษา
   - ( ) 1. ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า
   - ( ) 2. มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า
   - ( ) 3. อนุปริญญาหรือเทียบเท่า
   - ( ) 4. ปริญญาตรีหรือสูงกว่า
6. น้ำหนักตัว............กิโลกรัม
7. อาชีพ
   - ( ) 1. รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ
   - ( ) 2. พนักงานเอกชน
   - ( ) 3. ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว
   - ( ) 4. เกษตรกรรม
   - ( ) 5. นักเรียน/นักศึกษา
   - ( ) 6. รับจ้าง
   - ( ) 7. ว่างงาน
   - ( ) 8. อื่นๆ ....

ส่วนที่ 2: พฤติกรรมการบริโภค *(สำหรับเจ้าหน้าที่)*

1. ท่านชอบรับประทานอาหารรสเผ็ดมากแค่ไหน

( ) 1. มาก ( ) 2. ปานกลาง

( ) 3. น้อย ( ) 4. ไม่รับประทานเผ็ด

2. แหล่งพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารภายในครัวเรือน

( ) 1. ปลูกเอง ไม่ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช

( ) 2. ปลูกเอง ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช/เก็บหลังฉีด......วัน

( ) 3. ซื้อจากตลาด ไม่ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช

( ) 4. ซื้อจากตลาด ฉีดสารกำจัดศัตรูพืช

( ) 5. ซื้อจากตลาด ไม่ทราบข้อมูล

3. ตลาดจำหน่ายพริกที่ใช้ในการประกอบอาหารมีการตรวจสอบสารกำจัดแมลงเบื้องต้น

( ) 1. มี ผลการตรวจปลอดภัย

( ) 2. มี ผลการตรวจไม่ปลอดภัย

( ) 3. ไม่มีการตรวจ

( ) 4. ไม่ทราบข้อมูล

4. ท่านนิยมใช้พริกสดหรือพริกแห้งในการประกอบอาหาร

( ) 1. พริกสด ( ) 2. พริกแห้ง

5. ท่านล้างพริกก่อนนำมารับประทานหรือประกอบอาหาร

( ) 1. ทำเป็นประจำ ( ) 2. ทำเป็นบางครั้ง

( ) 3. ไม่ทำเลย

6. ท่านล้างมือก่อนประกอบหรือรับประทานอาหาร

( ) 1. ทำเป็นประจำ ( ) 2. ทำเป็นบางครั้ง

( ) 3. ไม่ทำเลย

7. ประเภทของอาหารใส่พริกที่ท่านนิยมบริโภค

1.) .... 2.) ....

3.) .... 4.) ....

(สำหรับเจ้าหน้าที่)

8. ท่านนิยมใช้พริกสดประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อนในอาหารประเภทใด

1.) .... 2.) ....

3.) .... 4.) ....

8.1 ปริมาณพริกสดที่ใช้เป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน เฉลี่ย =...........เม็ด/มื้อ (..........เม็ด/กิโลกรัม)

จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่รับประทานพริก...............คน

(IR=............................มิลลิกรัม/มื้อ/คน =......................กิโลกรัม/มื้อ/คน)

8.2 ความถี่ของการรับประทานพริกสดเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน เฉลี่ย...........มื้อ/วัน, ...ครั้ง/สัปดาห์

(EF=..............มื้อ/ปี)

8.3 ท่านเริ่มรับประทานพริกเป็นเครื่องเคียงและเป็นส่วนประกอบอาหารโดยไม่ผ่านความร้อน ตั้งแต่อายุ...........ปี

(ED=AT=...........ปี)

ส่วนที่ 3: ข้อมูลด้านสุขภาพ

1. ท่านเคยมีอาการดังต่อไปนี้หรือไม่ หลังจากรับประทานอาหารที่มีการใช้พริกสดเป็นเครื่องเคียง หรืออาหารที่มีพริกเป็นองค์ประกอบ *(สำหรับเจ้าหน้าที่)*

อาการไม่พึงประสงค์	บ่อย	บางครั้ง	ไม่เคย	
1. ปวดศีรษะ, วิงเวียน				
2. อ่อนเพลีย				
3. คลื่นไส้, อาเจียน				
4. ปวดเกร็งช่องท้อง				
5. ท้องเสีย				
6. ตาพร่ามัว				
7. เจ็บหน้าอก, หายใจลำบาก				
8. หมดสติ				
9. อื่นๆ				

2. ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเคยตรวจเลือดหาสารเคมีตกค้างหรือไม่

( ) 1. ไม่เคย

( ) 2. เคย แต่ไม่ทราบผล

( ) 3. เคย ผลปกติ

( ) 4. เคย พบว่าปลอดภัย

( ) 5. เคย พบว่ามีความเสี่ยง

( ) 6. เคย พบว่าไม่ปลอดภัย

ภาคผนวก ข

วิธีมาตรฐานของ QuEChERS

QuEChERS
A Mini-Multiresidue Method for the Analysis of Pesticide Residues in Low-Fat Products

1. Aim and Scope

This manuscript describes a method for the analysis of pesticide residues in produce with a low fat content, such as fruits, vegetables, cereals as well as processed products including dried fruit.

2. Short Description

The homogeneous and representative subsample is extracted in frozen condition with the help of acetonitrile. After addition of magnesium sulfate, sodium chloride and buffering citrate salts (pH 5-5.5), the mixture is shaken intensively and centrifuged for phase separation. An aliquot of the organic phase is cleaned-up by dispersive SPE employing bulk sorbents (e.g. PSA, GCB) as well as $MgSO_4$ for the removal of residual water. PSA treated extracts are acidified by adding a small amount of formic acid, to improve the storage stability of certain base-sensitive pesticides. The final extract can be directly employed for GC- and LC-based determinative analysis. Quantification is performed using an internal standard, which is added to the extract after the initial addition of acetonitrile. Samples with a low water content (<80%) require the addition of water before the initial extraction to get a total of ca. 10 mL water. When dealing with samples containing <25% water (e.g. cereals, dried fruit, honey, spices) the size of the analytical sample may have to be reduced (e.g. 1-5 g) depending on the load of matrix-co-extractives expected in the final extracts. **A brief overview of the method is shown in the flowchart at the end of this document.**

3. Devices and Consumables

- Sample processing equipment e.g. Stephan UM 5 universal
- Automatic pipettes (e.g. for 10-10µL, 200-1000µL and 1-10 mL)
- 50 mL Teflon® centrifuge tubes with screw caps (e.g. Oak-ridge from Nalgene 3114-0050) or disposable 50 mL centrifuge tubes (e.g. 114x28 mm, PP, Sarstedt article-no. 62.548.004)
- 10 mL PP-single use centrifuge tubes with screw caps (e.g. greiner bio one article-no. 163270 or Simport/Canada, catalogue no. T550-10AT)
- 10 mL solvent-dispenser for acetonitrile
- Centrifuges for 50 mL and 10 mL centrifuge tubes
- Powder funnels, to fit for the centrifuge tubes
- 1.5 mL vials for GC-autosampler
- plastic cups (stackable) for the storage of the pre-weighed salt mixture (e.g: flame photometer cups 25 mL art. no. 10-00172 from a) GML-Alfaplast (>1000 pieces) or from b) JURO-LABS, D-91239 Henfenfeld (> 100 pieces)
- Sample divider, to automatically portion the salts (e.g. from Retsch/Haan, PT 100 or Fritsch/Idar-Oberstein, Laborette 27). The solids needed for „dispersive SPE" can be portionated using for example the "Repro" high precision sample divider from "Bürkle" using the 10 mL PP tubes from Simport:

4. Chemicals

- Acetonitrile, pesticide residue grade
- NaCl p.a.
- Disodium hydrogencitrate sesquihydrate (e.g. Aldrich 359084 or Fluka 71635)
- Trisodium citrate dihydrate (e.g. Sigma S4641 or Riedel-de Haen 32320)
- Sodium hydroxide p.a., whereof a 5N-solution (0.2 g/1 mL water) is prepared
- Bondesil-PSA 40 µm (Varian article no. 12213023/10 g or 12213024/100 g)
- GCB-sorbent, (e.g. Supelco, Supelclean Envi-Carb SPE bulk packing, article no. 57210U). Alternatively isolate material from packed cartridges
- Magnesium sulphate anhydrous coarsely grained (e.g. FLUKA 63135)
- Magnesium sulphate anhydrous fine powder (e.g. MERCK 1.06067)

  Note: Phthalates can be removed in a muffle furnace by heating to 550 °C (e.g. overnight)
- Formic acid conc. (>95%ig), prepare a 5 % solution (vol/vol) in acetonitrile
- Pesticide Standards e. g. from Riedel de Haen, Dr. Ehrenstorfer, promochem
- Internal and quality control (QC) standards see Table 1

Table 1: Potential internal standards (ISTDs) or quality control (QC) standards.

Name of the compound	Log P (octanol-water)	Chlorine atoms	Exemplary conc (µg/mL)[1]	GC				LC	
				ECD	NPD	MSD EI(+)	MSD CI(-)	MS/MS ESI(-)	MS/MS ESI(+)
Potential Internal Standards									
PCB 8	5.07	2	50	+--	-	--	+--	-	-
PCB 18	5.55	3	50	+--	-	--	+--	-	-
PCB 28	5.62	3	50	+--	-	--	+--	-	-
PCB 52	6.09	4	50	+--	-	--	+--	-	-
Triphenyl phosphate	4.59	-	20	-	-++	-++	-	++-	-
Tris-(1,3-Dichlorisopropyl)-phosphate	3.65	6	50	+--	-++	-++	+--	++-	+
Triphenylmethane	5.37	-	10	-	-	-++	-	-	-
Bis-nitrophenyl urea (Nicarbazin)	3.75	-	10	-	-	-	-	-	-++
Potential Quality Control standards									
PCB 138	6.83	6	50	+--	-	--	+--	-	-
PCB 153	7.75	6	50	+--	-	--	+--	-	-
Anthracene (or its d10 analogue)	4.45	-	100	-	-	--	-	-	-

[1] concentrations exemplary, use acetonitrile as solvent

Annotations 1:
The use of more than one internal and quality control standards is recommended to enable recognition of errors due to mispipetting or discrimination during partitioning or cleanup.

*In this method the internal standard (ISTD) is employed at an early stage of the analytical procedure (comparable to a surrogate standard). **To avoid overestimations of results it is important that the compound used as ISTD does not experience any significant losses during the procedure** (e.g. higher than 5%). When analyzing fruit and vegetable samples this criterion is generally met by all compounds listed in the table above.*
***In the case of samples with higher fat content, however,** the situation is different. Since the solubility of fat in the acetonitrile layer is very limited, **excessive sample fat will form an additional layer into which analytes may partition and get lost.** The extent of losses depends on the amount of lipids in the sample as well as on the polarity of the analytes with the most non-polar ones showing the highest losses. **In the presence of elevated fat amounts (e.g. > 0,3 g fat/ 10 mL acetonitrile) it is thus recommended to employ the internal standard at the end of the procedure** (to an aliquot of the final extract) assuming the volume of the organic phase as being exactly 10 mL. It should be furthermore noted that the recoveries of pesticides having very low polarity (e.g. hexachlorobenzene and DDT) will drop below 70% at fat contents greater than 0,5 g/ 10 mL acetonitrile. PCB 138 or 153 **may be used as surrogate QC standards to indicate or rule out any significant losses of pesticides.** As long as one of those two compounds shows recoveries greater than 70% it is to be expected that this will also be the case even for the most non-polar pesticides.*

Losses of certain compounds (of low polarity and planar structure) may also occur during „Dispersive SPE" when employing GCB sorbent for chlorophyll rich samples (see 6.3). Some of the potential ISTDs listed above may also be affected. This can be avoided by employing the ISTD at the end of the procedure, assuming the volume of the organic phase as being exactly 10 mL. Anthracene, which shows a very strong affinity towards GCB may be used as surrogate QC standard. Anthracene recoveries greater than 70% will indicate that no unacceptable losses of pesticides with very high affinity towards GCB (such as hexachlorobenzene, chlorothalonil, thiabendazole) have occurred.

For the preparation of calibration solutions a dilution of the ISTD solutions is necessary according to the amount of extract used (see 6.3).

5. Safety annotations

When using dry ice, solvents, solids and standards the corresponding safety direction sheets and the safety information on the vessels have to be taken into account.

6. Procedure

6.1. Sample processing

Subsampling of the laboratory samples is performed following the existing regulatrions, directives or guidelines. In the case of fruits and vegetables, cryogenic milling (e.g. using dry ice) is highly recommended to increase homogeneity and thus reduce sub-sampling variation and to reduce the size of the sample particles and thus assist the extraction of residues. Cutting the samples coarsely (e.g. 3x3 cm) with a knife and putting them into the freezer (e.g. -18°C overnight) prior to cryogenic milling reduces the amount of dry ice required and facilitates processing.

Annotations 2

- Generally, comminution at room temperature may lead to major losses for several sensitive pesticides but also result in un insufficient degree of comminution thus impeding the extractability of residues enclosed in remaining particles. Furthermore, the degree of homogeneity achieved is generally not as good as in cryogenic processing leading to greater sub-sampling variations. If the nesessary degree of comminution cannot be achieved with the means available in the laboratory, the use of larger sample amounts for analysis (scaling up) and/or the use of Ultra-Turrax during the first extraction step may help to overcome these problems (see below).

- Samples with a water content between 25 und 80 % (e.g. bananas) require the addition of water to achieve a total of 10 g water (when 10 g sample is employed). Products with a water content < 25 % (e.g. flour, dried fruits, honey, spices), the sample amount may have to be reduced and water has to be added as shown in the table below. The added water should be at a low temperature (e.g. <4°C) to compensates the heat development caused by the addition of the salts.
  Homogenous samples (e.g. flower) can be weighed directly into the extraction tube followed by the addition of the necessary amount of water. To avoid a degradation of sensitive pesticides, the temperature during the extraction should be kept as low as possible. When dealing with inhomogeneous samples which are difficult to comminute (e.g. dried fruits) water can be added before processing to assist comminution. In this case a larger amount of the produce (e.g. 500 g) is weighed and the appropriate amount of water is added (for dried fruits for example 750 g). The mixture is then comminuted (preferably with the help of dry ice). Cold water should be used here as well, to reduce the required amount of dry ice. An aliquot of the resulting homogenate is used for further sample preparation as described below.

Table 2: Water addition for several sample types

Sample type	Weigh	Water	Annotation
Cereals	5 g	10 g	
Dried fruits	5 g	7.5 g	Water can be added during comminution step. 12.5 g homogenate is used for analysis
Fruits and vegetables > 80 % water content	10 g	-	
Fruits and vegetables 25-80 % water content	10 g	X g	X = 10 g – water amount in 10 g sample
Honey	5 g	10 g	
Spices	2 g	10 g	

6.2. Extraction/Partitioning

10.0 g ± 0.1 g of the comminuted homogenous and frozen sample are weighed into a 50 mL centrifuge tube, **10 mL acetonitrile** and the ISTD solution (e.g. **100 µL of an ISTD-mixture,** containing one or several of the compounds listed in table 1 in the concentrations given) are added and the tube is closed and **shaken vigorously by hand for 1 minute.**

<u>*Annotations 3:*</u>

- *If the sample's degree of comminution is insufficient, the extraction can be assisted by a dispenser (e.g. Ultra-Turrax). The dispersing element is immersed into the sample/acetonitrile mixture and comminution is performed for about 2 min. at high speed. If the ISTD solution has been already added, no rinsing of the dispersing element is necessary. Nevertheless, the blender has still to be cleaned thoroughly before being used for the next sample to avoid cross-contamination. When using the disposable 50 mL centrifuge tubes (see devices and consumables) the common 19 mm dispersing elements can be used. The Teflon tubes however have smaller openings requiring dispensing elements of smaller diameters (e.g. 10 mm).*
- *The described extraction step is scalable as desired, as long as the amounts of solvent and salts used remain in the same proportion (see below). It should be kept in mind, however, that the smaller the amount of sample employed the higher the sub-sampling variability will be. During validation each laboratory should investigate the typical sub-sampling variabilities achieved when employing the available comminution devices, using representative samples containing incurred residues.*
- *For recovery studies e.g. 10 g sample is fortified using 100 µL of a pesticide solution in acetonitrile or acetone. A short vibration using a Vortex mixer may help to disperse solvent and pesticides well throughout the sample. Fortification using larger volumes of standard solution (e.g. > 500 µL) should be avoided. If this is not possible, a volume compensation should performed in the blank samples used to prepare matrix matched calibration solutions, to avoid differences in the matrix concentration of the final extract.*
- *Blank extracts for the preparation of calibration solutions: The use of matrix matched calibration solutions is necessary to minimize errors associated with matrix induced enhancement or suppression effects during GC- and LC-determination. The blank matrix should be similar to the matrix of the samples to be analyzed and should not contain any detectable residues of the analytes of interest). The blank sample is treated the same way as any other sample, but no ISTD is added during extraction and cleanup.(The preparation of calibration solutions is described below.*

After that add a mixture of:

- **4 g ± 0.2 g Magnesium sulphate anhydrous,**
- **1 g ± 0.05 g Sodium chloride,**
- **1 g ± 0.05 g Trisodium citrate dihydrate** and
- **0.5 g ± 0.03 g Disodium hydrogencitrate sesquihydrate**

Its easier to prepare the necessary number of portions of salts before starting the extraction procedure. The tube is closed and immediately **shaken vigorously by hand for 1 minute** (see annotations on how to prevent the formation of lumps) and **centrifuged** (e.g. 5 min. 3000 U/min).

Pesticides with acidic groups (e.g. phenoxyalcanoic acids) interact with aminosorbents such as PSA. Thus, if such pesticides are within the scope of analysis, their determinative analysis (preferably via LC-MS/MS neg.) should be performed directly from the raw extract after centrifugation but prior to cleanup. For this, an aliquot of the raw extract is filled into a vial (e.g. 200 µL into a vial with micro-inlay).

<u>*Annotations 4:*</u>

- *The preparation of the salt mixtures can be extremely facilitated using a sample divider (see 3. Devices and Consumables). As an alternative the use of portioning spoons is helpful, although not as precise as the divider.*
- *By adding the citrate buffering salts most samples obtain pH-values between 5 and 5.5. This pH range is a compromise, at which both, the quantitative extraction of sour herbicides and the protection of alkali labile (e.g. captan, folpet, tolyifluanid) and acid labile (e.g. pymetrozine, dioxacarb) compounds is sufficiently achieved. **For acid rich samples (with pH<3)** the pH-value achieved after the addition of buffering salt is normally below 5. To protect acid labile compounds the pH-value **can be elevated by adding 5N NaOH:** for lemons, limes and currants 600 µL, for raspberry 200µL NaOH solution is needed.*
- *In the presence of water, magnesium sulphate tends to form lumps, which can harden rapidly. This can be avoided, if **immediately** after the addition of the salt mixture the centrifuge tube is shaken vigorously for a few seconds. The 1 minute extraction of the entire batch can be performed in parallel after the salts have been added to all the samples.*

6.3. **Dispersive SPE:**

An aliquot of the **extract is transferred** into a PP-single use centrifugation tube which contains **25 mg PSA and 150 mg magnesium** sulphate per mL **extract** (e.g.: for 8 mL extract 200 mg PSA and 1.2 g magnesium sulphate are needed). The tube **is shaken vigorously for 30 s** and **centrifuged** (e.g. for 5 min. 3000 U/min).

Annotations 5:

- ***Co-extracted fat and waxes** may negatively affect the ruggedness of the GC analysis. The co-extracted fats or waxes can be separated from the extracts to a large extent by putting them in the freezer (more than 1 hour, e.g. overnight). Both is possible, **freezing out** of the raw extract or the final extract after cleanup and acidification. After a short centrifugation, the required amount of the still cold extract is withdrawn. This procedure is for example applicable for **cereals and citrus fruits treated with waxes**. It has been shown that pesticides and the proposed Internal and QC standards are not affected by this step.*
  *Fats can be also effectively removed using **C18 or C8 silica based reversed-phase sorbents** (25 or 50 mg/mL extract respectively) together with PSA and magnesium sulfate in the dispersive SPE step.*
- *For samples, with a **high content of carotinoides** (e.g. red sweet pepper, carrots) or **chlorophyll** (e.g. spinach, lamb's lettuce, rucola, curly kale, vine leaves und Lactuca varieties except iceberg lettuce), dispersive SPE is performed using a combination of PSA and **GCB (Graphitized Carbon Black)**. The cleanup time (shaking) is extended from 30 s to 2 min. It has to be taken into account, that some planar pesticides have a great affinity to the planar structure of GCB. But recovery studies showed, that no noteworthy losses occur, if the extract after dispersive SPE with GCB still maintains some visible amount of chlorophyll or carotinoides. The following amounts of GCB/mL extract can be used (exemplary): a) 2.5 mg for carrots, romana lettuce, head lettuce and the like, or b) 7,5 mg for red sweet pepper, spinach, lamb's lettuce, ruccola and the like. **Please refer to "Annotations 1" for information as regards the use of internal and QC standards.***
- *To simplify the procedure it is helpful to prepare a pre-mixture of pulverized (!) $MgSO_4$ and GCB ($MgSO_4$ to GCB: 60:1 in case a) and 20:1 in case b)). The amount of the magnesium sulphate/GCB mixture and PSA to be employed will depend on the volume of raw extract (e.g. 1 mL spinach extract will require 157.5 ≈ 160 mg of the 20:1 mixture and 25 mg PSA)*

After centrifugation the cleaned extract is transferred into a screw cap vial and pH is quickly adjusted to ca. 5 by adding a **5 % formic acid solution in acetonitrile (vol/vol) (pro mL extract ca. 10 µL).**

The pH-adjusted extract is filled into vials for gas- and liquid chromatography and is used for further analysis.

Annotations 6

- *Following contact with PSA the pH of the extracts increases reaching measured values of above 8, thus compromising the stability of base sensitive pesticides (e.g. captan, folpet, dichlofluanid, tolylfluanid, pyridate, methiocarb sulfon, chlorothalonil). If the extracts are acidified quickly to pH 5 the degradation of such compounds is reduced significantly so that storage over several days is possible. At this pH acid-labile pesticides (e.g. pymetrozine, dioxacarb, thiodicarb) are also sufficiently stable over several days. Only some very sensitive sulfonyl urea herbicides, carbosulfan and benfuracarb aren't protected sufficiently at pH 5. However, these compounds are stable at the pH of the non-acidified extract (after dispersive SPE) over several days. If these compounds are within the scope of analysis an aliquot of the non-acidified extract is used for measurement. If the measurement can be performed quickly, the extract at pH 5 can be used as well. Carbosulfan and benfuracarb (both having individual MRLs) are degraded to carbofuran within the samples as well as in the extracts at pH 5. Thus, merely if carbofuran is present in the acidified extract an additional run of the alkaline aliquot is needed. Normally no residues of sulfonyl ureas are to be expected, because the compounds are very instable and very low doses are used to achieve a sufficient impact in agriculture.*
- *The final extract has a concentration of ca. 1 g/mL. If GC systems with normal split/splitless injectors are used (injection vol. 1 µL) the limits of detection and determination achieved are in many cases not low enough. The use of GC-inlets that allow injection of larger volumes (≥3 µL) and offer the possibility of solvent venting (e.g. PTV = Programmed Temperature Vaporizer) are thus highly recommended. The solvent venting protects NPD detectors which can be additionally protected by delaying the hydrogen flow into the NPD during the first minutes of a run.*
- *If large volume injection cannot be performed and the desired detection limits of the compounds of interest cannot be achieved, the concentration of the extracts and, if necessary, a solvent exchange may be considered. If GC/MSD is employed a concentration of the extracts by a factor of four should be sufficient. To achieve this e.g. 4 mL of the acidified extract (pH 5) are transfered into a test tube and reduced to ca. 1 mL at 40 °C using a slight nitrogen flow. Solvent exchange is an option if GC performance using acetonitril is not satisfactory or if NPD is employed (without PTV-injector). For this, an extract aliquot is evaporated to almost dryness at 40 °C using a slight nitrogen flow (some droplets of a keeper e.g. dodecane can help to reduce losses of the most volatile compounds) and resolved in 1 mL of an appropriate solvent. The blank extract (needed for the preparation of calibration solutions) should be treated the same way.*

6.4. Preparation of calibration solutions

To prepare calibration solutions a blank matrix containing no detectable residues of the analytes of interest is necessary. The blank is treated as any other sample, but no ISTD is added. To compensate matrix induced effects during chromatography to a large extent, it is best to choose a matrix of the same sample type (e.g. apple for apple samples, carrots for carrot samples and so on).
An aliquot of the blank extract is fortified with the desired amount of a pesticide or a pesticide mixture and a known amount of ISTD solution is added at approximately the same concentration as in the sample extracts. Pippetting ISTD solution in the very same way as in the sample preparation (same pipette, same volume) will help to minimize systematic errors. This means that a dilution of the ISTD is necessary. For example 1 mL of the blank extract is fortified with 1/10 of the amount of ISTD added to the samples. To reduce matrix induced effects during GC, sample and calibration solutions should have the same concentration of co-extracted matrix components. To ensure this a volume compensation may be necessary. In the case of MRL violations the quantifications is performed as described in 6.5.

6.5. Calibration following the procedure of standard additions

In case of suspected violative residues, or for compounds which are known to cause severe problems during GC (e.g. strong matrix induced effects), the procedure of standard addition is performed for quantification, where several aliquots of the extract are fortified with increasing amounts of the analyte of interest. This procedure requires a knowledge of the approximate concentration of the analyte in question in the sample.
The standard solutions should be miscible with the sample extract solution. Also, all vials should have the same end volume and the same solvent composition

Pipette scheme 1:

Additions	Vial 1	Vial 2	Vial 3	Vial 4
Sample extract	1000 µl (1 g sample)	1000 µl (1 g sample)	1000 µl (1 g sample)	1000 µl (1 g sample)
ISTD	Already included	Already included	Already included	Already included
Thiabendazole standard solution. (2 µg/mL)	-	100 µL (0.4 µg)	200 µL (0.8 µg)	300 µL (1.2 µg)
Solvent	300 µL	200 µL	100 µL	-
Final volume	1300 µL	1300 µL	1300 µL	1300 µL

(exemplary for an expected thiabendazole concentration of 0.8 mg/kg – or 0.8 µg thiabendazole/1 g sample)

The analyte concentration in the sample is calculated using the area proportions analyte to ISTD as shown in Fig. 1 by calculating the linear regression. It is important to check that the generated standard addition curve is linear since any curvature can influence the slope and thus the result.

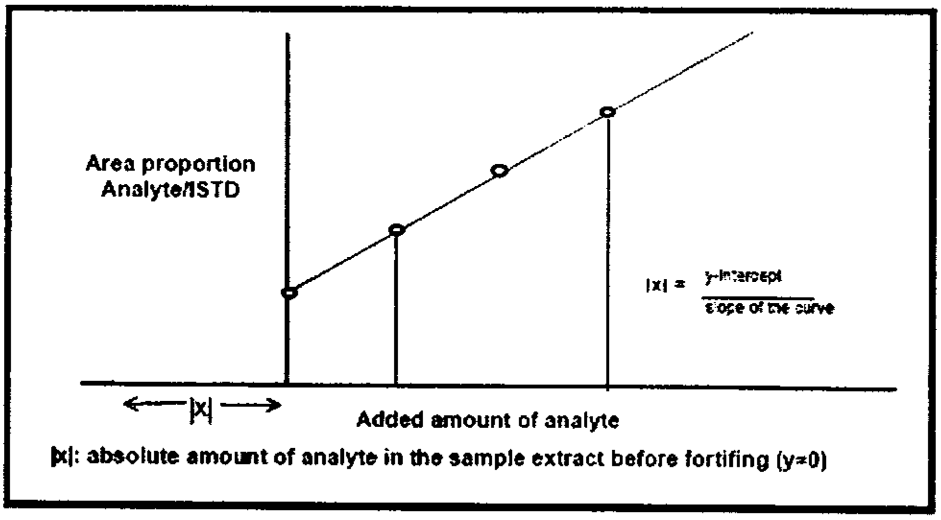


Fig. 1: Internal calibration using the procedure of standard additions, schematically

7. Reference

M. Anastassiades, S. J. Lehotay, D. Stajnbaher, F. J. Schenck
Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitile Extraction/Partitioning and "Dispersive Solid-Phase Extraction" for the Determination of Pesticide Residues in Produce, J. AOAC Int., 86 (2003) 412-431

8. Procedure schematical (for 10 g sample)

Weigh 10 g sample into a 50 ml centrifuge tube (with screw cap)

↓

Add 10 ml acetonitrile and e.g. 100 µL of the ISTD solution

↓

Shake vigorously for 1 min (1. extraction step)

↓

Add
4 g $MgSO_4$, 1 g NaCl, 1 g Na_3Citrate dihydrate und 0.5 g Na_2HCitrat sesquihydrate
shake each tube directly after the salt addition shortly
(for lemons, limes, currants +600 µL 5N NaOH)

↓

Shake vigorously for 1 min (2. extraction with phase separation)

↓

Centrifuge for 5 min at 3000 U/min

↓

Option: Isolate an aliquot of the raw extract for the determination of sour pesticides

↓

For fat containing samples: freeze fat out,
for citrus fruits co-extracted wax is removed overnight in the refrigerator

↓

**X ml of the extracts are transferred into a PP single use centrifugation tube,
which contains X*25 mg PSA and X*150 mg $MgSO_4$**
(for samples with high amounts of chlorophyll or carotinoids add GCB as well, see 6.2)

↓

Shake for 30 sec. (when using GCB 2 min.)

↓

Centrifuge for 5 min at 3000 U/min

↓

Option: isolate an aliquot of the raw extract for the determ. of sulfonylureas, carbosulfan etc.

↓

Y ml of the extracts are transferred into screw cup vial, and acidified with
Y*10 µL 5% formic acid in acetonitrile (10 µL/mL extract)

↓

The cleaned and acidified extracts are transferred into auto-sampler vials and used for the multiresidue determination by GC or LC techniques

ภาคผนวก ค

ใบรายงานผลการทดสอบ

Central Lab

ilac-MRA DMSc Accreditation No. 1082/49

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03846
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร. วิมล์สิทธิ์ สิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 1-0
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 160.94 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	2.13	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	9.48	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg * Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย : ____________

(ชุติเกียรติ [illegible])
ลงนามแทนผู้อำนวยการศูนย์ห้องปฏิบัติการ
สาขาศรีเชียงใหม่

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03847
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ดร.[illegible] ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 2.0
รหัสตัวอย่าง	CH-54-01313-002
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 200.21 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.75	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	3.12	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

([illegible]ชุเกียรติ [illegible])
ลงนามแทน[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สงขลา[illegible]

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำซ้ำเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ
FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03848
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 3/0
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-003
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 146.41 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.69	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	2.64	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

([illegible]ยชูเกียรติ ผา[illegible]ม)
ลงนามแทนผู้[illegible]ห้องปฏิบัติการ
ฐาน[illegible]ฉะเชิงเทรา

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำซ้ำเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03849
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 4/0
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-004
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป) จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 174.46 กรัม. อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.59	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	5.13	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผ[illegible]สม)
ลงนามผู้[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

Central Lab

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 5403850
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 5/0
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-005
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 120.42 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.34	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	8.91	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

([illegible]ยชูเกียรติ ผา[illegible]ม)
ลงนามแทน[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา[illegible]

Central Lab

ilac-MRA DMSc

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03851
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 1-1
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-006
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร 162.01 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.56	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	7.43	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group : 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายวุฒิเกียรติ ผาสุข)
ลงนามแทนผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ
ศรานุ ภักดีจุทรา

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : FR(CH) 54/03852
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ศ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 2/1
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-007
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 162.71 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.53	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.30	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group 0.02 mg/kg. * Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผา[illegible]ม)
ลงนามแทนผู้[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกคัดสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-OP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR/CH/54/03853
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 3-1
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-008
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 180.03 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.61	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.70	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group : 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผาสม)
ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

Central Lab

Accreditation No. 1156/40

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03854
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 4/1
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-009
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 201.66 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.49	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	4.17	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย ____________________

(นายชูเกียรติ ผาสุข)

ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ

สาขา ฉะเชิงเทรา

Central Lab

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03855
หน้า : 1 จาก 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงส์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 57
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-010
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร 167.18 กรัม, อุณหภูมิ แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.65	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	2.93	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผา[illegible]ม)
ลงนามแทน[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา[illegible]
CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

ilac-MRA

DMSc

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03856
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 1-4
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-011
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 184.90 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.42	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	6.78	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H 1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผา...สม)
ลงนามแทน...ห้องปฏิบัติการ
สุนา จะเริ่มเทรา

CERTIFIED

Central Lab

Accreditation No. 1045/49

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03857
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 2/4
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-012
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 166.24 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.50	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H 1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.79	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H 1985, Fresenius Z Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group 0.02 mg/kg, * : Marked test is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผา[illegible])
ลงนามแทน[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03858
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 3/4
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-013
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 129.15 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.49	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	3.41	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย

(นายชูเกียรติ ผา...ม)
ลงนามแทน...ห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

CERTIFIED

Central Lab

ilac-MRA DMSc

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03859
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 4/4
รหัสตัวอย่าง	CH54/01313-014
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร 176.01 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.02	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	3.37	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ศา...ม)
ลงนามแทนผู้...ห้องปฏิบัติการ
สาขา ฉะเชิงเทรา

Central Lab

Accreditation No. 1025/49

วันที่ออก : 18 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03860
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ ดร วัฒน์สิทธ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 5/4
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01313-015
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริก ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 200.28 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	06 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	09 พฤษภาคม 2554 - 18 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	1.96	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	7.85	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(...ชุเกียรติ ผา...)
ลงนามแทน...ห้องปฏิบัติการ
ฐานา ตะเซงเทรา
CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03986
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผศ.ดร. โรจน์ศักดิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 17
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-001
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 181.53 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.50	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No 1155
Profenofos	2.36	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย : ____________________

(นายชูเกียรติ ผาสุข)

ลงนามแทนผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยาศาสตร์

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03987
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 2/7
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-002
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 201.19 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.14	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	0.66	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg *: Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผาไท้ม)
ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ
สาขาจะเชิงเทรา

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ
FM-OP-24-01-003-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03988
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd , Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 3/7
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-003
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 204.60 กรัม, อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.14	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.82	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย : Thoeleia

(นายชูเกียรติ ผาโฉม)

ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ

สาขา ฉะเชิงเทรา

CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54-03989
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร. วิลาวัณย์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 4/7
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-004
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 196.58 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.30	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.14	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผ[illegible]สม)
ลงนามแทน[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขา จะเชิงเทรา
CERTIFIED

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

Central Lab

ilac-MRA DMSc

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03990
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ศ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 5/7
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-005
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนักกาโรภคร : 205.32 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.69	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	2.52	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผ[illegible]สม)
ลงนามผู้[illegible]ห้องปฏิบัติการ
สาขาสระเชิงเทรา
CERTIFIED

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03991
หน้า : 1 จาก 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 1/14
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-006
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 187.64 กรัม. อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.33	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.49	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นาย[illegible])
ลงนามแทนผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการ
[illegible]

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03992
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 2/14
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-007
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 191.87 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.12	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	0.78	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ [illegible]โสม)
ลงนามผู้มีอำนาจลงนามห้องปฏิบัติการ
สาขา จรเข้บัว

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ
FM-QP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03993
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	อ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 3/14
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-008
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนักปริมาตร : 198.12 กรัม. อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.13	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	0.60	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ ผ[illegible]สน)
ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ
สาขาฉะเชิงเทรา

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03994
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ดร. วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 4/14
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-009
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร : 206.64 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.26	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985 Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	0.94	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg. * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ [illegible]สม)

ลงนามผู้[illegible]ห้องปฏิบัติการ

สาขาฉะเชิงเทรา

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

FM-OP-24-01-001-R02(14/09/52)P1/1-CH

Central Lab

วันที่ออก : 23 พฤษภาคม 2554
เลขที่รายงาน : TR(CH) 54/03995
หน้า : 1 ถึง 1

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ลูกค้า	ผ.ศ.ดร.วัฒน์สิทธิ์ ศิริวงศ์ College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University 10-11th Fl., Institute Building 3, Soi Chulalongkorn 62 Phyathai Rd., Bangkok 10330
รายละเอียดตัวอย่าง	พริก 5-14
รหัสตัวอย่าง	CH/54/01411-010
ลักษณะและสภาพตัวอย่าง	ประเภทตัวอย่าง : พริกสด ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก (ถุงซิป), จำนวน : 1 ถุง, น้ำหนัก/ปริมาตร 187.36 กรัม อุณหภูมิ : แช่เย็น, สภาพตัวอย่างปกติ
วันที่รับตัวอย่าง	18 พฤษภาคม 2554
วันที่ทดสอบ	18 พฤษภาคม 2554 - 23 พฤษภาคม 2554

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Organophosphate Group				
Chlorpyrifos-ethyl	0.32	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155
Profenofos	1.32	mg/kg	0.01	
Chlorpyrifos-methyl *	Not Detected	mg/kg	0.01	Inhouse method TE-CH-030 bases on Steinwandter H.1985, Fresenius Z.Chem No. 1155

หมายเหตุ LOQ (Limit of Quantitation) for Organophosphate Group = 0.02 mg/kg, * : Marked tests is not DMSc accredited

อนุมัติผลโดย :

(นายชูเกียรติ คา[illegible]ม)
ลงนามแทนผู้จัดการห้องปฏิบัติการ
สาขาฉะเชิงเทรา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายวิเชียร ศรีหนาจ
ประวัติการศึกษา	วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธรจังหวัดขอนแก่น,
	พ.ศ. 2540-2541
	ประกาศนียบัตรสาธารณสุขศาสตร์ (เทคนิคเภสัชกรรม)
	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, พ.ศ. 2550-2551
	สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์)
	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2551-2555
	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2541-ปัจจุบัน
	โรงพยาบาลบึงบูรพ์ จังหวัดศรีสะเกษ
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	เจ้าพนักงานเภสัชกรรมชำนาญงาน
	โรงพยาบาลบึงบูรพ์ อำเภอบึงบูรพ์ จังหวัดศรีสะเกษ
	โทรศัพท์ (045) 689317 ต่อ 206

สำนักวิทยบริการ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี