

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนิดของสารปราบศัตรูพืช

สารปราบศัตรูพืชมีหลายชนิดขึ้นกับลักษณะการแบ่งดังนี้

1. แบ่งโดยสภาพการออกฤทธิ์ภายในและภายนอกเซลล์พืช จะมีได้ 2 ชนิด คือ
 - 1.1 สารปราบศัตรูพืชประเภทสัมผัสตาย (contact pesticide) หรือประเภทไม่ดูดซึม (non systemic) สารประเภทนี้จะฉาบเคลือบอยู่ที่ผิวภายนอกเซลล์พืชออกฤทธิ์โดยการสัมผัสกับกลุ่มเป้าหมาย
 - 1.2 สารปราบศัตรูพืชประเภทดูดซึม (systemic pesticide) ซึ่งจะออกฤทธิ์โดยการดูดซึมเข้าไปในพืช และมีกลไกในการออกฤทธิ์ทำลายหลังจากนั้น
2. แบ่งโดยอาศัยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่
 - 2.1 สารฆ่าแมลง (insecticide) เป็นกลุ่มสารพิษที่ใช้สำหรับฆ่าแมลง
 - 2.2 สารฆ่ารา (fungicide) เป็นกลุ่มสารประกอบที่เป็นพิษต่อเชื้อรา
 - 2.3 สารฆ่าวัชพืช (herbicide) เป็นกลุ่มสารพิษที่ใช้กำจัดวัชพืช
 - 2.4 อื่นๆ เช่น สารฆ่าสัตว์ฟันแทะ (rodenticide) สารฆ่าไส้เดือนฝอย (nematocide)
3. แบ่งโดยอาศัยโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของสาร
 - 3.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) หรือคลอรีนเนตเตดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbon)
 - 3.2 กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate)
 - 3.3 กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate)
 - 3.4 กลุ่มกรดคลอโรฟีน็อกซี (Chlorophenoxy acid)

เป็นต้น

สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ลักษณะทั่วไปของโครงสร้างโมเลกุล

1. ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน และคลอรีน เป็นองค์ประกอบหลัก บางกรณีอาจมีออกซิเจน และกำมะถันด้วย และมีพันธะ C-Cl ในโมเลกุล
2. ไม่มีตำแหน่งทำปฏิกิริยา (reactive site) ภายใน โมเลกุล
3. มีโครงสร้างส่วนที่เป็นวงแหวนคาร์บอนอยู่ในโมเลกุล รวมทั้งวงแหวนเบนซีน (benzene ring) ด้วย
4. โมเลกุล ไม่มีสภาพขั้ว (nonpolar molecule) ละลายในไขมันได้ดี
5. มีเสถียรภาพทางเคมีสลายตัวยากในสภาพแวดล้อมสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ ดีดีที และสารอนุพันธ์ของดีดีที (DDT and DDT analogues) เฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซน (Hexachlorocyclohexane) ไซโคลไดอีน (Cyclodiene)

ดีดีทีและอนุพันธ์ดีดีที Othmar Zeidler ชาวเยอรมันเป็นผู้สังเคราะห์ดีดีทีขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2416 โดยที่ยังไม่รู้ว่าีผลในการฆ่าแมลงได้ดี Paul Muller ชาวสวิสเซอร์แลนด์เป็นผู้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติในการฆ่าแมลงและมีการผลิตออกสู่ตลาดในปี พ.ศ. 2489 ในชื่อการค้าเกสซารอล (Gesarol) เพื่อใช้ในการเกษตร และชื่อการค้านีโอซิด (Neocid) เพื่อใช้ในการสาธารณสุข ดีดีทีเป็นสารฆ่าแมลงที่ใช้แพร่หลายทั่วโลกในช่วงระยะเวลากว่า 20 ปี นับจากออกขายในช่วงเวลาดังกล่าวดีดีทีได้รับการยกย่องว่าเป็นสารฆ่าแมลงที่สมบูรณ์แบบ เพราะเหตุผลหลายประการ คือ มีพิษต่อแมลงมากชนิด มีความคงทนออกฤทธิ์อยู่ได้นาน มีฤทธิ์เฉียบพลันต่อคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ (จัดอยู่ในระดับพิษปานกลาง) และราคาถูกเพราะต้นทุนการผลิตต่ำ ปริมาณการใช้ดีดีทีเริ่มลดลงภายหลังปี พ.ศ. 2514 เนื่องจากปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อมและการสร้างความต้านทานโดยแมลง ได้มีการประกาศห้ามใช้ ดีดีทีในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศรวมทั้งสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกาศห้ามใช้ในประเทศแต่ยังมีการผลิตเพื่อส่งขายประเทศกำลังพัฒนา เพื่อใช้ในการควบคุมโรคมาเลเรียและแมลงเบียนภายนอก เช่น หมัด และเหา ในประเทศไทยก็มีการห้ามใช้ดีดีทีในการเกษตร แต่ยังอนุญาตให้ใช้ในการสาธารณสุขได้

สารคล้ายดีดีทีซึ่งเคยมีการใช้เป็นสารฆ่าแมลง ได้แก่ ดีดีอี หรือ ดีดีดี เมทอกซีคลอร์ (DDD methoxychor) เพธเทน (Perthan) ไดโคฟอล (Dicofool) และคลอโรเบนซิลเลท (chlorobenzilate) แต่ในปัจจุบันเฉพาะสองชนิดหลังเท่านั้นที่ยังมีการใช้ทั่วไป รวมทั้งในประเทศไทยเพื่อกำจัดไรและศัตรูพืช

เฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซน (Hexachlorocyclohexane) สารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้มีชนิดเดียว คือ บีเอชซี (benzenehexachloride) เป็นสารผสมของ 5 ไอโซเมอร์มีความเป็นพิษต่อแมลงแตกต่างกันเกมมาไอโซเมอร์ (gamma isomer) มีความเป็นพิษสูงสุดมีชื่อสามัญว่า ลินเดน ละลายน้ำได้ดีกว่าดีดีทีประมาณ 100 เท่ามีค่าความดันไอสูง ระเหยเป็นไอได้ง่าย มีความเป็นพิษต่อทางเดินหายใจ

บีเอชซี ไซ้กับแมลงชนิดปากกัดกินและชนิดปากดูดกิน เช่น หนอนผีเสื้อ เพลี้ย และมวน บีเอชซีมีพิษสูงต่อปลวก ผึ้ง และศัตรูธรรมชาติ

ไซโคลไดอิน (Cyclodiene) ไซโคลไดอินเป็นสารเคมีกลุ่มไดอิน (diene) สังเคราะห์ขึ้นตามหลักการของปฏิกิริยา ดีลส์ - อัลเดอร์ (Diels-Alder reaction) เป็นปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารเคมีวงแหวนที่มีคาร์บอน 6 คาร์บอน ประกอบเป็นวงแหวนจากไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวแบบไซเป็ด สารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ ได้แก่ คลอเดน เป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มไซโคลไดอินชนิดแรกที่ผลิตออกขายออกฤทธิ์กำจัดแมลงโดยการสัมผัส การกิน การหายใจ ไซ้กำจัดแมลงได้มากชนิดแต่การใช้มีข้อจำกัด เนื่องจากมีพิษต่อพืช ปัจจุบันไซ้กำจัดแมลงที่อยู่ในดิน เช่น มด และปลวก

อัลดริน (aldrine) ดีลด์ริน (dieldrin) และเอนดริน (endrin) เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มไซโคลไดอินมีพิษตกค้างนาน ในประเทศไทยห้ามใช้ในการเกษตร แต่ยังให้ใช้ได้ในการป้องกันกำจัดปลวกตามอาคารบ้านเรือน ส่วนเอนดริน เป็นไอโซเมอร์ของดีลด์รินเป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นสูงปัจจุบันจึงเลิกใช้

เอนโดซัลฟาน (endosulfan) เป็นสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนชนิดที่มีออกซิเจน และกำมะถันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล เอนโดซัลเฟนเป็นส่วนผสมของ ไอโซเมอร์ คือ แอลฟา (alpha) และเบตา (beta) ผสมกันในอัตรา 4 : 1 มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงเช่นเดียวกับอัลดรินมีความคงทนประมาณ 2-3 สัปดาห์ นิยมใช้ฉีดพ่นบนพืชแต่ถ้าใส่ในดินจะเปลี่ยนรูปเป็นเอนโดซัลฟานซัลเฟต (endosulfan sulfate) มีความคงทนมาก

การกำหนดค่าความเป็นพิษของสารเคมีปราบศัตรูพืช (toxicity หรือ toxic effect)

ความเป็นพิษ หมายถึง อาการที่แสดงออกมาในลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคลหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ได้รับสารพิษเข้าไปจะโดยทางใดหรือโดยวิธีการใดก็ตาม ซึ่งจะรุนแรงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ซึ่งจะแสดงไว้เป็นตัวเลขเรียกว่า LD₅₀ (median lethal dose) ซึ่ง LD₅₀ ย่อมาจาก lethal dose แปลว่า ขนาดของยาที่ทำให้สัตว์ทดลองตาย ตัวเลข 50 หมายถึง ร้อยละ 50 ดังนั้น LD₅₀ จึงหมายความว่าขนาดของยาที่ใช้กับสัตว์

ทดลองเป็นเหตุให้สัตว์ทดลองตายไปกึ่งหนึ่ง หรือร้อยละ 50 เช่น LD₅₀ ของดีดีทีเท่ากับ 0.070 ppm เนื่องจาก LD₅₀ แทนขนาดยาที่ใช้ ดังนั้นถ้า LD₅₀ มีค่าต่ำย่อมหมายความว่ายานั้นเป็นพิษมาก ตรงกันข้าม LD₅₀ ที่มีค่าสูงหมายความว่ายานั้นเป็นพิษน้อย

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่

1. สมบัติของสาร ได้แก่ การละลายน้ำ การระเหย และความคงทน ของสารฆ่าแมลง

1.1 สมบัติการละลายน้ำ สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนประกอบด้วย ไฮโดรเจน อะตอม (H) คาร์บอนอะตอม (C) และคลอรีนอะตอม (Cl) ซึ่งจำนวนคลอรีนอะตอมในสาร ประกอบมีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำคือ ถ้าจำนวนอะตอมคลอรีนมากอัตราการ ละลายจะลดลง ฮาก, เคียร์เนย์, ฟรีด (Haque, Kearney, & Freed, 1977) และถ้าสารออร์กาโน คลอรีนที่ละลายน้ำได้ดี จะไม่สะสมในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต และสามารถเจือจางในน้ำได้ เอ็ดเวิร์ด (Edwards, 1973) พบว่า ความสามารถในการละลายน้ำของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กา โนคลอรีนน้อยมาก และพบว่าการสะสมของสารในน้ำน้อยกว่าในดินตะกอนมาก สอดคล้อง กับผลการศึกษาของ เบนญิวคินน์ พรหมมานนท์ (2530) ซึ่งตรวจพบดีดีทีในตัวอย่างตะกอนของ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน และบริเวณอ่าวไทยตอนบนแต่ไม่พบดีดีทีในตัว อย่างน้ำ

1.2 สมบัติการระเหย อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับความดันไอ สารที่มีความดัน ไอต่ำจึงมีอัตราการระเหยได้น้อยกว่าสารที่มีความดันไอสูง ทั้งนี้ แฮร์ริส (Harris, 1969) ได้ศึกษาถึงอัตราการระเหย ของสารฆ่าแมลงหลายชนิดในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน โดยเปรียบเทียบการระเหยของดีดีที เฮปตาคลอโรอีพอกไซด์ ดีลคริน และเฮปตาคลอโร พบว่า ดีดีที > ดีลคริน > เฮปตาคลอโรอีพอกไซด์ > เฮปตาคลอโร ตามลำดับ

1.3 ความคงทนของสารออร์กาโนคลอรีน (persistence) หมายถึง ระยะเวลาที่สาร สามารถสลายตัวอย่างสมบูรณ์ในสภาวะแวดล้อมปกติได้ในอัตราส่วนต่ำสุดร้อยละ 95 ทั้งนี้ต้อง สืบเนื่องจากการใช้สารฆ่าแมลงในอัตราปกติ สโตเกอร์ และ ซีเกอร์ (Stoker, & Seager, 1976) ระดับความคงทนของสารฆ่าแมลงจะมี 4 ระดับ คือ ระดับไม่คงทน (non persistence) จะมีความคงทนในสิ่งแวดล้อม 1-2 สัปดาห์ ระดับคงทนปานกลาง (moderate persistence) จะคงทนในสิ่งแวดล้อมได้นาน 1-18 เดือน ระดับที่มีความคงทน (persistence) จะมีความคงทนใน สิ่งแวดล้อมได้นาน 2 ปีขึ้นไป และระดับไม่สลายตัว (persistence insecticide) ซึ่งส่วนใหญ่ เป็นสารฆ่าแมลงที่มีโลหะหนักผสมอยู่ (มโนชัย กิรติกสิกร, 2528) สำหรับสารฆ่าแมลงกลุ่ม

ออร์กาโนคลอรีน จัดว่าอยู่ในระดับที่มีความคงทนในสิ่งแวดล้อม สโตเกอร์ และ ซีเกอร์ (Stoker, & Seager, 1976) จากการศึกษาเ็ดเวิร์ด (Edward, 1973) พบว่าดีดีทีที่มีความคงทนในดินมากที่สุดโดยที่ดีดีทีจะสลายตัวในอัตราร้อยละ 95 ในระยะเวลาประมาณ 4-30 ปี รองลงมาคือดีลตรินซึ่งสลายตัวร้อยละ 95 ในระยะเวลาประมาณ 5-25 ปี ส่วนแอนดริน ลินเดน คลอร์เดน เฮปตาคลอร์ และอัลดรินจะใช้เวลาในการสลายตัว น้อยลงไปตามลำดับ

พาลาก สิงห์เสนี (2528) กล่าวว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่สำคัญส่วนใหญ่ จะถูกทำลายโดยระบบของสิ่งมีชีวิต หรือในสิ่งแวดล้อมได้อย่างช้าๆ แม้จะถูกเปลี่ยนแปลง ก็ยังคงให้อนุพันธ์ที่มีความเป็นพิษ และยังมี ความคงทนสูง เช่น ดีดีที ถูกเปลี่ยนเป็นดีดีอี หรือเฮปตาคลอร์ถูกเปลี่ยนเป็นเฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ และอัลดรินถูกเปลี่ยนเป็นดีลตริน เป็นต้น กล่าวคือ ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จะเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้มีการสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้มาก จึงพบว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบางชนิด เช่น ดีดีที มีรายงานว่าหลังใช้ไปแล้ว 20 ปี ยังตรวจพบดีดีที และอนุพันธ์ของดีดีทีในตัวอย่างทุกตัวอย่าง มัวร์ และ โลเปอร์ (Moore, & Loper, 1980) นอกจากนั้นสารอื่นๆ เช่น คลอเดน และอัลดริน ก็พบว่า มีความคงทนได้นาน 10-12 ปี โอทาเวย์ (Ottaway, 1980)

2. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีผลเป็นอย่างมากต่อการตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จากการศึกษาของ แฮร์โรลด์ (Harold, 1975) พบว่า การตกค้างของสารจากสภาพการใช้ที่ดินแตกต่างกัน 4 ลักษณะ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่หนองน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำตามธรรมชาติ พบดีดีทีและอัลดรินในดินตะกอนสูงที่สุดจากพื้นที่การเกษตรกรรม รองลงมาคือพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่หนองน้ำ และพื้นที่ลุ่มน้ำตามธรรมชาติตามลำดับ สำหรับประเทศไทย วิภา เมฆสุด (2523) ได้มีการศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำของลำธารซึ่งระบายจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะคือ ป่าดิบแล้งธรรมชาติ ไร่ร้าง และพื้นที่เกษตรกรรมกับที่อยู่อาศัย ณ บริเวณสถานีสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบการปนเปื้อนของดีลตรินมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรมกับที่อยู่อาศัย รองลงมาคือไร่ร้าง และพบน้อยในป่าดิบแล้งธรรมชาติ ฮัดสัน (Hudson, 1971) พบว่าแหล่งของสารฆ่าแมลงนอกจากจะมาจากการเกษตรกรรมแล้ว ยังพบว่ามาจากแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมอีกด้วย ส่วนใหญ่มาในรูปน้ำทิ้งต่างๆ น้ำทิ้งจากโรงงานพรม และโรงงานฟอกหนังแกะ จะพบดีดีที และดีลตริน เพราะเป็นสารฆ่าแมลงที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เ็ดเวิร์ด (Edwards, 1973) สำหรับประเทศพบว่ามีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนออกจากโรงงานสู่อ่าวไทยตอนบน และยังพบสารออร์กาโนคลอรีนในน้ำทิ้งจากชุมชน ส่วนมากมาจากการฉีดพ่นตามบ้านเรือน

การตกค้างของสารออร์กาโนคลอรีนในสิ่งแวดล้อม

สมบัติที่สำคัญของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ทำให้มีศักยภาพสูงในการก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การมีความคงทนสูง (high persistence) ทำให้เกิดการสะสมได้ดีในสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหาร และความสามารถละลายในไขมันที่ดี คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในตัวทำละลายไขมันเมื่อเทียบกับน้ำ (partition) สูง ทำให้เกิดการสะสมแบบทวีคูณ (biological magnification) ดัก (Duke, 1979) กล่าวว่า พืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ มีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลง และสามารถสะสมสารฆ่าแมลงเพิ่มขึ้นจากแหล่งที่อาศัยอยู่ และถ่ายทอดไปตามสายใยอาหาร (food web) ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ประภัสรา พิมพพันธุ์ และคณะ (2535) ซึ่งกล่าวว่าสารพิษสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้โดยทางอาหารหรือ การดูดซึมเข้าไปสะสมในร่างกายของทั้งพืชและสัตว์ สิ่งมีชีวิตสามารถขับสารพิษออกจากร่างกายได้บางส่วน ส่วนที่เหลือจะถูกสะสมไว้ในชั้นไขมัน การสะสมขึ้นอยู่กับชนิดของสารพิษในการดูดซึมเข้าไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต ได้สูงเนื่องจากมีค่าของสัมประสิทธิ์การกระจายตัวระหว่างไขมันต่อน้ำสูง

วูดเวลล์ (Woodwell, 1967) ได้ทำการศึกษาพบว่าในน้ำที่มีดีดีที 0.05 ppb จะพบดีดีทีในแพลงก์ตอนสัตว์ 0.04 ppb ในปลา Silverside ที่กินแพลงก์ตอนสัตว์พบว่ามีดีดีทีอยู่ 0.23 ppb ในปลาขนาดใหญ่คือ ปลา Billfish พบว่ามีดีดีทีสะสมอยู่ 2.07 ppb และในนก Osprey ซึ่งเป็น นกกินปลาพบว่ามีดีดีทีสูงถึง 13.8 ppb ลักษณะเช่นนี้เกิดกับห่วงโซ่อาหารอื่น ๆ ที่ทำการศึกษ เช่นกัน เช่น ในหอยนางรมที่อาศัยอยู่ในน้ำที่มีดีดีทีขนาดความเข้มข้น 0.01 ppb หลังจากนั้น 40 วัน สามารถตรวจพบดีดีทีในหอยนางรมมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 70,000 เทา หรือในบางชนิดที่กินสัตว์น้ำเป็นอาหารสามารถเพิ่มปริมาณสารออร์กาโนคลอรีนในเนื้อเยื่อสูงขึ้นถึง 32,000 เทา

กาลินโด-เรย์ (Galindo-Reyes et al., 1992) ได้ทำการศึกษาสารพิษปนเปื้อนในน้ำ ดินตะกอน กุ้ง และหอยกาบ บริเวณชายฝั่งทะเล 2 แหล่งในเมือง ซินาโร (Sinaloa) ประเทศเม็กซิโก ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นแหล่งเกษตรกรรมมีการทิ้งและระบายของเสียทางการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ โดยหาชนิดและปริมาณสารพิษปนเปื้อนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ ผลปรากฏว่าตรวจพบดินแดน ซึ่งค่าที่ตรวจพบเกินค่ามาตรฐานของ FWPCA (Federal Water Pollution Control Administration, U.S.)

ชุนนันทนา และ แอป (Chumnantana, & Abe, 1993) ได้หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในเนื้อสัตว์ทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี โดยวิธีแก๊สโครมาโต

กราฟิ สัตว์ที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ ปลาหู ปลาแพะ ปลาปากคม ปลาทรายขาว ปลาหมึก หอยแครง ผลการทดลองปรากฏว่าตรวจพบปริมาณสารพิษตกค้างมากที่สุดในตัวอย่างปลาหมึก 1.65 $\mu\text{g/g}$ และปริมาณ สารพิษต่ำที่สุดในตัวอย่างหอยแครง 0.39 $\mu\text{g/g}$ สารพิษตัวที่ตรวจพบ มากได้แก่ พาราพารา- ดีดีอี และแกมมา-เฮกซีเอช

อัลลา (Allah, 1994) ได้ทดลองหาสารออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างปลาจากอ่าวอะบูควิน (Abu-Quin) และทะเลสาบไอดีว (Idleu) อเล็กซานเดรีย ประเทศอียิปต์ โดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ พบปริมาณสารพิษเพิ่มมากขึ้น เมื่อปลาขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนไขมันมากขึ้น และตรวจพบสาร ดีดีทีและพีซีบีในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลามากกว่าสารพิษชนิดอื่น

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวิเคราะห์สารออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างที่เป็นเนื้อเยื่อสัตว์ได้มีผู้ศึกษาโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

กอบทอง รูปหอม และคณะ (2530) ได้ศึกษาสารเคมีกำจัดแมลงประเภทออร์กาโนคลอรีน และ พีซีบี ในทะเลชายฝั่งตะวันออก และชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยตอนบน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ถึง 2529 ทำการสกัดตัวอย่างหอยโดยใช้ soxhlet ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ กำจัดสิ่งเจือปนด้วยฟลูออรีซิล 15 กรัม และแยกส่วนด้วย 6 เปอร์เซนต์ไดเอธิลอีเทอร์ในเฮกเซนและ 15 เปอร์เซนต์ ไดเอธิลอีเทอร์ในเฮกเซน นำแต่ละส่วนที่ได้ไปลดปริมาตรแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD พบว่ามีสารตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงในหอยจากทะเลทั้งสองฝั่งของอ่าวไทย คือ ดีดีที ดีลดริน บีเอชซี อัลดริน และ ลินเดน ปริมาณสารทุกตัวมีระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 0.01 ppm ส่วนน้ำพบการตกค้างของดีดีที เพียง 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 7) จากทะเลชายฝั่งตะวันออก และพบ lindane 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3) จากชายฝั่งตะวันตกไม่พบการตกค้างของสารพีซีบีในหอยตัวอย่าง และน้ำทั้งหมดไม่พบความแตกต่างของระดับการปนเปื้อนของสารที่พบในตัวอย่าง ทั้งสอง ของอ่าวไทยตอนบน

ประภัสสรฯ พิมพ์พันธุ์ และคณะ (2535) ศึกษาชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างสะสมในน้ำ ตะกอนดิน พืชน้ำ และสัตว์น้ำจากแหล่งน้ำจืดธรรมชาติขนาดใหญ่ 3 แห่งได้แก่ บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ หนองหาร จังหวัดสกลนคร และกว้านพะเยา ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน และช่วงเดือน สิงหาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2532 ได้ตัวอย่างน้ำ ตะกอน ดิน พืชน้ำและสัตว์น้ำ จำนวน 90 , 90 397 และ 121 ตัวอย่าง ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 698 ตัวอย่าง ตัวอย่างสัตว์น้ำได้แก่กุ้ง หอย ปู ปลา รวม 22 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นปลาเช่น ปลาช่อน ปลาตะเพียน ปลาดุก ปลาหมอ โดยใช้วิธีการ สกัดแบบ EPA โดยใช้เครื่อง GC-ECD พบสารฆ่าแมลงตกค้างในตะกอนดิน ในน้ำ พืชน้ำ และสัตว์น้ำในชนิดและปริมาณที่แตกต่างกันออกไป สารที่พบมากในปริมาณ

ที่สูงกว่าชนิดอื่น ได้แก่ ลินเดน เฮปตาคลอร์ อัลดริน ดีลดริน ดีดีทีและอนุพันธ์ของดีดีที สารมาแมลงที่พบ ในทุกตัวอย่าง และมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าชนิดอื่นคือดีลดริน ซึ่งพบปนเปื้อนอยู่ในน้ำ อยู่ในช่วงตั้งแต่ต่ำกว่า 0.001-0.037 ppm ตามลำดับ ปริมาณการตกค้างสะสมของดีลดริน ในน้ำและพีชน้ำ จากแหล่งน้ำจัดทั้งสามแหล่งไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณดีลดริน ในดินตะกอนจากบึงบอระเพ็ด มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยแตกต่างกันไปจาก แหล่งน้ำอีก 2 แหล่ง อย่างไรก็ตามปริมาณการตกค้างของ ดีลดรินในน้ำกับตะกอนดิน พีชน้ำ และสัตว์น้ำ พบว่า ปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่าง 3 ชนิด มีค่าสูงกว่าในน้ำ โดยมีค่าเฉลี่ย ประมาณ 517, 442 และ 425 เท่าตามลำดับ

ชวลีพร พุฒนวล (2538) ศึกษาการแพร่กระจายและการสะสมของปริมาณสารมาคัสโตรฟิซ และสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณชุมชนชายฝั่งภาคตะวันออก โดยเก็บตัวอย่างน้ำทะเล และดินตะกอนห่างจากชายฝั่งประมาณ 1 กิโลเมตร ตั้งแต่เมืองชลบุรีถึงพัทยา รวมทั้งสิ้น 8 สถานี ในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2535 และตัวอย่างหอยนางรมพันธุ์เล็ก จากบริเวณแหล่งชุมชน 3 แห่ง คือ อ่างศิลา แหลมแท่น และศรีราชา ในช่วงเดือนมิถุนายนถึง ธันวาคม พ.ศ. 2535 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2336 ทำการสกัดตัวอย่างตามแบบ EPA โดย soxhlet ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 250 มิลลิลิตรอุณหภูมิ 50-60 องศา ในอ่างน้ำร้อน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วทำการ กำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์บรรจุฟลูออริซิล 30-35 กรัม ๕๕ด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ใน ปิโตรเลียมอีเทอร์แล้วชะต่อด้วย 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ นำไปวิเคราะห์โดย เครื่อง GC-ECD พบออร์กาโนคลอรีน 2 ชนิดในน้ำ มีปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วงดังนี้ ลินเดน 0.001-0.005 ppt อัลดริน 0.002-0.006 ppt ในดิน ตะกอนพบสาร 10 ชนิด มีความเข้มข้นระดับ ppt คือ ลินเดน 0.06-1.15 เฮปตาคลอร์ 0.13-13.64 อัลดริน 0.13-8.12 เฮปตาคลอร์ อีปอกไซด์ 0.23-1.57 พาราพารา-ดีดีอี 0.09-1.57 ดีลดริน 0.06-2.14 ออร์โท พารา-ดีดีอี 0.20 - 2.78 ออร์โท พารา- ดีดีที 0.20 - 2.70 พาราพารา-ดีดีอี 0.26 - 2.41 พาราพารา- ดีดีที 0.32 - 0.41 ppt สำหรับหอยนางรมพบสารพิษ 7 ชนิด คือ ลินเดน 0.20-2.19 เฮปตาคลอร์ 0.08-1.08 อัลดริน 0.18-1.67 ดีลดริน 1.88-1.67 พาราพารา-ดีดีอี 0.30-0.067 ออร์โท พารา-ดีดีที 0.79 และพารา พารา-ดีดีอี 0.85 ng/mL

ฮามენซ์, ฮอลล์ และ คาเวอรี (Hamence, Hall, & Cavery, 1965) ได้ตรวจหาดีดีทีในเนื้อสัตว์ โดยให้อะซิโตนสกัดแล้วแยกชั้นด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ นำไปกำจัดสิ่งเจือปนโดยผ่านอะลูมินา คอลัมน์ พบว่าค่าร้อยละกลับคืนอยู่ระหว่าง 82-105%

พอร์เตอร์, ย้ง และ บัค (Porter, Yong, & Burk, 1970) ได้วิเคราะห์หาออร์กาโนคลอรีนจากปลา เนื้อ ไก่ โดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟีใช้วิธีการสกัดแบบ soxhlet ด้วยปิโตรเลียม

อีเทอร์เป็นตัวสกัดแล้วนำมาแยกส่วนด้วยอะซิโตรไนโตรลที่อิมตัวปิโตรเลียมอีเทอร์ แล้วใช้ 6% และ 15% ของไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวชะ จากการทดลองพบว่าค่าร้อยละ กลับคืนจากการใช้สารตัวอย่างที่ระดับวัดภูมิพิษตกค้าง 0.1-0.2 ppm อยู่ในช่วงระหว่าง 90-102% และยืนยันว่าประสิทธิภาพเหมือนกันกับการสกัดด้วยวิธี soxhlet ซึ่งใช้คลอโรฟอร์มผสมกับเมทิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 : 1 และพบว่าได้ค่าร้อยละกลับคืนใกล้เคียงกันมาก

เกรท (Gretch, 1987) ได้ทำการศึกษาการกำจัดสิ่งเจือปนสารปราบศัตรู 8 ชนิดที่ตกค้างในผัก โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีอัดโนมัตกับวิธี soxhlet ซึ่งวิธีอัดโนมัตจะใช้ solvent partitioning module (SPM) ต่อกับ column chromatography หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดด้วยเฮกเซนมาทำการกำจัดสิ่งเจือปนโดยใช้ฟลูออริซิล และชะด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน พบว่าวิธีอัดโนมัตให้ค่าร้อยละการกลับคืน 98% ที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.026-0.277 ppm และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 6.6% ส่วนวิธีธรรมดาให้ค่าร้อยละการกลับคืน 92% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 4.2%

เชียง และ ลีโอ (Chiang, & Liao, 1987) ศึกษาสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่ายกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เอชซีบี อัลดริน และ PCBs ในเนื้อเยื่อที่มีไขมัน โดยใช้เทคนิค solid-phase extraction (SPE) พัฒนาวิธีที่ไม่จำเป็นต้องผ่านวิธี GPC โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 5 กรัม สกัดด้วยเฮกเซน 20 มิลลิลิตรด้วยวิธี soxhlet และนำส่วนที่สกัดได้ผ่านการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยฟลูออริซิล และทำการชะด้วยเฮกเซน นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD พบว่าวิธีนี้ได้ค่าร้อยละการกลับคืน 86.2-116% และขีดความสามารถต่ำที่สุดที่วิเคราะห์ได้อยู่ระหว่าง 10-100 ppm

แกรน , มัวร์ และ บราวน์ (Krahn, Moore, & Brown, 1988) ได้ทำการศึกษาอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอนและเนื้อเยื่อโดยใช้ HPLC ในการวิเคราะห์ โดยใช้ตัวอย่างดิน 10 กรัม ใช้เมทิลลีนคลอไรด์ในการสกัดและเติมผงคอปเปอร์เพอร์เพื่อกำจัดซัลเฟอร์ที่รบกวนการวิเคราะห์ออก ทำการ soxhlet เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทำการแยกอนุภาคโดย size-exclusion ที่ 100 Å หลังจากนั้นนำออร์กาโนคลอรีนไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนวิเคราะห์ด้วย GC-FID ส่วนเนื้อปลาใช้ 3 กรัมเติมโซเดียมซัลเฟตและเมทิลลีนคลอไรด์ทำการเซนตริฟิวจ์ ลดปริมาตรแล้วกำจัดสิ่งเจือปนด้วยซิลิกาเจล ชะด้วยเมทิลลีนคลอไรด์ และลดปริมาตรเหลือ 1 มิลลิลิตร ทำการแยกอนุภาคโดย size-exclusion ที่ 100 Å และนำไปวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์พบว่าได้ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนมากกว่า 95%

ดิสเซอร์เรน (Diserens, 1989) ได้ทำการศึกษายาปราบศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัสในราโนลินที่มีในสาหร่ายใช้ในการสกัดสารที่มีไขมันแบบง่าย โดย

ใช้ตัวอย่าง 2 กรัม สกัดกับอะซิโตนในไตรล์ที่อิมด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ระเหยให้เหลือปริมาณน้อย นำส่วนที่เหลือผ่านการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยฟลอริซิลคอลัมน์ และใช้ อะซิโตนในไตรล์เป็นตัวชะ หลังจากแลกเปลี่ยนตัวทำละลายแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-FPD

(Gas- Chromatography – Flame Photometric Detector) สำหรับออร์กาโนฟอสฟอรัส และ GC-ECD สำหรับออร์กาโนคลอรีน ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน 80-90%

ซานติลิโอ (Santilio, 1990) ได้ทำการศึกษาสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 23 ชนิด โดยใช้ GC-ECD โดยศึกษาในตัวอย่างที่มีไขมันมาก เช่น ในน้ำมันคน น้ำมันวัว ผักที่มีไขมัน เนื้อเยื่อและตับ นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดโดยวิธี soxhlet ใช้เฮกเซนกับอะซิโตนอัตราส่วน 80:20 ใช้เวลา 4 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้มาผ่านการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ที่บรรจุด้วยฟลอริซิล แล้วค่อยผ่านตัวอย่างลงในคอลัมน์ ชะด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ ลดปริมาตรเปลี่ยนตัวทำละลายเป็นไอโซออกเทนนำไปวิเคราะห์ วิธีนี้ใช้ในการเตรียมตัวอย่างไขมันได้ดี แต่วิธีนี้ได้การร้อยละการกลับคืนประมาณ 80%

ลอง , ครัช และ บาร์เกอร์ (Long, Crouch, & Barker, 1991) ศึกษาการแยกสารตกค้างโดยใช้เทคนิค matrix solid - phase dispersion (MSPD) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารปราบศัตรูพืช 9 ชนิด ลินเดน เฮปตาคลอร์ อัลดริน เฮปตาคลอร์อีพอกไซค์ พาราพารา-ดีดีดี พาราพารา-ดีดีดี พาราพารา-ดีดีที ดีลดริน เอนดริน ที่ตกค้างอยู่ในไขมันวัวด้วยเครื่อง GC-ECD เทคนิคนี้ใช้สกัดออร์กาโนคลอรีนโดยใช้ C_{18} [(octadecylsilyl)- derivatized silica] เป็น solid- phase และอะซิโตนในไตรล์เป็นตัวชะ Correlation coefficients สำหรับกราฟมาตรฐาน (linear regression analysis) ออร์กาโนคลอรีนที่วิเคราะห์ทุกชนิดอยู่ในช่วง 0.9969 ± 0.021 ถึง 0.9999 ± 0.0001 ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง $85 \pm 3.4 \%$ ถึง $102 \pm 5.0\%$; $n = 25$

ลอง , โซไลมาน และ บาร์เกอร์ (Long, Soliman, & Barker, 1991) ศึกษาการแยกสารตกค้างในเนื้อเยื่อปลา โดยใช้เทคนิค matrix solid- phase dispersion (MSPD) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารปราบศัตรูพืช 9 ชนิด ได้แก่ ลินเดน อัลดริน เฮปตาคลอร์ เฮปตาคลอร์อีพอกไซค์ พาราพารา-ดีดีดี พารา พารา-ดีดีดี ดีลดริน พารา พารา-ดีดีที ที่ตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของ catfish (*Ictalurus punctatus*) ด้วย GC-ECD เทคนิคนี้ใช้สกัดออร์กาโนคลอรีนโดยใช้ C_{18} เป็น solid - phase และอะซิโตนในไตรล์เป็นตัวชะ Correlation coefficients สำหรับกราฟมาตรฐานของออร์กาโนคลอรีนที่สกัดได้ 9 ชนิด จะอยู่ในช่วง 0.9967 ± 0.0018 - 0.9999 ± 0.0001 ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนของออร์กาโนคลอรีนทุกชนิด

อยู่ในช่วงจาก $82 \pm 4.8\%$ ถึง $97 \pm 3.8\%$; $n = 25$ วิธีนี้ประสบความสำเร็จในการสกัดและ
 หาค่าออร์กาโนคลอรีน 9 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 31.25-500 ng/g ในเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ catfish
 ชันเดอร์, โกรบ, แมรี่ และ ทิมโมธี (Snyder, Grob, Mary, & Timothy, 1992) ได้ศึกษา
 ออร์กาโนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัส โดยเครื่อง GC-ECD และ GC-MS ซึ่งใช้การ
 สกัดแบบ supercritical fluid extraction (SFE) เปรียบเทียบกับวิธี soxhlet และวิธี sonication
 ในตัวอย่างดิน 4 ชนิด คือ ดินทราย ดินเหนียว ดินตะกอน หน้าดิน และทำการเติมออร์กา
 โนคลอรีนและออร์กาโนฟอสฟอรัส ลงไปในการวิเคราะห์วิธี SFE ใช้คาร์บอนไดออกไซด์กับ
 3% เมทานอล ที่ความดัน 350 บรรยากาศ อุณหภูมิ 50°C ได้คาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนเฉลี่ย
 มากกว่า 85% และ relative standard deviation (RSD) เท่ากับ 5.1 การสกัดแบบ soxhlet
 ใช้เฮกเซนและ อะซีโตนอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในเวลา 20 ชั่วโมง ส่วน sonication ใช้ดิน 10 กรัม
 สกัดกับเมทิลีนคลอไรด์กับอะซีโตนอัตราส่วน 1:1 40 มิลลิลิตร นำมาทำการกำจัดสิ่งเจือปน
 แล้วนำตัวอย่างที่สกัดทั้ง 2 แบบมาวิเคราะห์ ผลการทดลองได้สรุปว่าการสกัดแบบ Sonication
 Soxhlet และ SFE ได้คาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนเท่ากับ 94.7% 93.1% และ 91% ตามลำดับ
 โลเปซ, อาญูการ์ และ ดาซ (Lopez, Aguilar, & Diez, 1992) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ
 เที่ยบการกำจัดสิ่งเจือปนของสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 20 ชนิด ในไขมันปลาโดยใช้การ
 เตรียมตัวอย่างปลา 5 กรัม สกัดโดยวิธี soxhlet กับเฮกเซน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วลดปริมาตร
 ทำการกำจัดสิ่งเจือปนด้วย ฟลอร์ซิลขนาด 60-100 เมช 8.5 กรัม ทำการศึกษาหาวิธีทั้งหมด 3 วิธี
 ได้แก่ วิธี Standard ใช้ 25-30 มิลลิลิตรปิโตรเลียมอีเทอร์ล่างคอลัมน์ ตามด้วยตัวอย่างแล้วชะ
 ไคเอธิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์อัตราส่วน (6:94) และ (15:85) และ (50:50) ถ้ามี PCBs
 ทำการแยกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ นำแต่ละ fraction ที่ได้ไปลดปริมาตรและนำไปวิเคราะห์
 วิธี Stimaic ล่างคอลัมน์ด้วยไคเอธิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ (30:70) ตามด้วยปิโตรเลียม
 อีเทอร์และตัวอย่าง ชะด้วยไคเอธิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ (6:94) นำไปลดปริมาตร
 และวิเคราะห์ ส่วนวิธี Milla ล่างคอลัมน์ด้วยเฮกเซน ตามด้วยตัวอย่าง ทำการชะด้วย
 3 ขั้นตอน คือไคคลอโรมีเทนกับเฮกเซน (20:80) และไคคลอโรมีเทนกับเฮกเซน (50:50) มี
 0.35% (v/v) ของอะซีโตนไตรล และไคคลอโรมีเทน กับเฮกเซน (50:50) มี 1.5% (v/v)
 ของอะซีโตนไตรล นำแต่ละ fraction ไปลดปริมาตรนำไปวิเคราะห์ ในการทดลองนี้พบว่า
 ได้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้อยู่ในช่วง 0.024 - 0.53 ppb และค่าความเข้มข้นต่ำสุด
 ที่สามารถหาปริมาณได้อยู่ในช่วง 0.118-0.263 ppb และคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนที่ได้มากกว่า 88
 เปอร์เซ็นต์ ค่า relative standard deviation อยู่ในช่วง 3-11% ($n=6$) ที่ความเข้มข้น 36-80 ppb

ส่วนการชะพบว่าทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่วิธี standard ได้การย่อยและการกลับคืนมากที่สุดส่วนรองลงมาได้แก่วิธี Milla และ stimac ตามลำดับ

ลอต และ บาร์เกอร์ (Lott, & Barker, 1993) ศึกษาการแยกสารตกค้างในหอยนางรมโดยใช้เทคนิค matrix solid - phase dispersion (MSPD) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารปราบศัตรูพืช 14 ชนิด ได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี ลินเดน เฮปตาคลอร์ อัลดีน เฮปตาคลอร์อีพอกไซด์ พาราพารา-ดีดีอี คีลคริน เอนดริน พาราพารา-ดีดีดี เอนดริน อัลดีไฮด์ พาราพารา-ดีดีที เอนโดซัลฟาน ซัลเฟด และเมทอกซิกลอร์ ด้วย GC-ECD) เทคนิคนี้ใช้สกัด ออร์กาโนคลอรีนโดยใช้ C_{18} เป็น solid-phase และอะซิโตนไดรล์-เมทานอลอัตราส่วน 90 : 10 เป็นตัวชะ Correlation coefficients สำหรับกราฟมาตรฐานของสารออร์กาโนคลอรีนที่สกัดได้ 14 ชนิด จะอยู่ในช่วงจาก 0.9849 ถึง 0.9980 ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนสำหรับออร์กาโนคลอรีนทุกชนิดอยู่ในช่วงจาก $66 \pm 12.7\%$ ถึง $84 \pm 25.3\%$; $n=25$ วิธี MSPD นี้ ประสบความสำเร็จในการสกัดและหาค่าออร์กาโนคลอรีน 14 ชนิด ที่ระดับ 31.3-500 นาโนกรัมต่อกรัมในหอยนางรม

แมนส , ฟอนท์ และ พิคอ (Manes, Font, & Pico, (1993) ได้ทำการศึกษาสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 26 ชนิด ในน้ำมัน โดยใช้ GC-ECD คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ขนาด 30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร เคลือบ ด้วย BP-5 และ 30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร เคลือบด้วย DB-17 สภาวะที่ใช้คือ 50°C เป็นเวลา 0.8 นาทีแล้วเพิ่มขึ้น 30°C ต่อ นาที จนถึง 140°C คงที่ 2 นาที แล้วเพิ่มขึ้น 5°C ต่อ นาที จนถึง 280°C ส่วนการเตรียมตัวอย่างใช้ C_{18} (Octadecylsilica) 1 กรัม เติมน้ำมัน ที่ผ่านการ sonication โดยผสมน้ำมัน 5 มิลลิลิตรและน้ำ 5 มิลลิลิตร และเมทานอล 10 มิลลิลิตร ชะส่วนที่ดูดซับด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ในการทดลองได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ในการเตรียมตัวอย่าง สรุปว่าปริมาตรตัวอย่างที่เหมาะสมคือ 2.5 มิลลิลิตร ปริมาตรเมทานอลที่สกัดใช้ 10 มิลลิลิตร และควรใช้ C_{18} 1.2 กรัม ส่วนตัวชะพบว่าใช้เฮกเซนกับปิโตรเลียมอีเทอร์ที่อัตราส่วน 1:1 ดีกว่าชะด้วยเฮกเซน หรือปิโตรเลียมอีเทอร์อย่างเดียว วิธีการเตรียม ตัวอย่างนี้ให้การย่อยและการกลับคืนมากกว่า 80% ที่ระดับความเข้มข้นสาร 3-40 ppm

นิวซัม , แอนดริว และ โคนาเซอร์ (Newsome, Andrews, & Conacher, 1993) ได้ทำการศึกษาออร์กาโนคลอรีน และ PCBs ในปลาจากทะเลสาบเกรซ (Great) เก็บตัวอย่าง 12 ชนิด แต่ละชนิดประมาณ 500 กรัม บดให้ละเอียดเก็บที่อุณหภูมิ -20°C ใช้ตัวอย่างในการสกัด 20 ± 0.5 กรัม เติมน้ำมัน 150 มิลลิลิตร อะซิโตนกับเฮกเซนอัตราส่วน 2:1 ทำการเซนตริฟิวจลตปริมาณเหลือ 25 มิลลิลิตรใส่กรวยแยก เติมหกเซน 100 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 2 ครั้ง

50 มิลลิลิตร เขย่าและแยกเอาชั้นเฮกเซนมาลดปริมาตรนำไปกำจัดไขมันออกโดย GPC แล้วกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ที่บรรจุฟลอริซิล 6.5 กรัม ะด้วยปริมาตร 60 มิลลิลิตร ของ 20% ไคคลอโรมีเทนในเฮกเซน และปริมาตร 60 มิลลิลิตร 60% ไคคลอโรมีเทนในเฮกเซน เพื่อจะเอาดีลครินและเฮปตาคลอโรอีปอกไซค์ออกมา

บอร์, เมียร์ และ บริกแมน (Boer, Meer, & Brinkman, 1996) ศึกษาความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์ CBS congeners ในแมวน้ำ ปลา และดินตะกอนทะเล โดยวิเคราะห์โดยใช้ GC-ECD และ GC-MS ทำการศึกษาในส่วนของการกำจัดสิ่งเจือปนและการสกัด ส่วนการกำจัดสิ่งเจือปนเนื้อเยื่อแมวน้ำและ ปลาพบว่าวิธีที่นิยมมากคือใช้อะลูมินา ฟลอริซิล และ GPC รองลงมาตามลำดับ ส่วนดินตะกอนทะเลใช้อะลูมินา ฟลอริซิลและ GPC ตามลำดับ ส่วนการสกัดในดินส่วนใหญ่ใช้วิธี soxhlet โดยใช้เฮกเซนและอะซิโตนอัตราส่วนตั้งแต่ 1:1 ถึง 4:1 รองลงมาคือ soxhlet โดยใช้เฮกเซนและไคคลอโรมีเทน และ soxhlet โดยใช้ไคคลอโรมีเทนและการสกัดโดย sonication มีเปอร์เซ็นต์เท่ากัน ส่วนเนื้อเยื่อสัตว์ใช้วิธี soxhlet โดยใช้เฮกเซนและอะซิโตนอัตราส่วนตั้งแต่ 1:1 ถึง 4:1 รองลงมาคือ soxhlet โดยใช้เฮกเซนและไคคลอโรมีเทนและการสกัดโดย sonication

ฮอลส์เทก (Holstege, 1994) ได้ทำการศึกษาออร์กาโนฟอสฟอรัส 43 ชนิด ออร์กาโนคลอรีน 17 ชนิด และเมทิลคาร์บอนเมต 11 ชนิด ในต้นไม้และเนื้อเยื่อสัตว์ที่มีไขมัน โดยใช้ 10 กรัมของตัวอย่างบดละเอียดเติม 50 กรัมโซเดียมซัลเฟต สกัดกับ 100 มิลลิลิตรของ 5% เอธานอลในเฮกซิลเอซิเตด ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ความเร็วสูง 1 นาที หลังจากนั้น เซนตริฟิวจที่ 1200 rpm นาน 4 นาทีเปิด 40 มิลลิลิตรสารละลายที่ใส่เก็บไว้ ตัวอย่างที่มีไขมันสูง เช่น ดับ จะ ต้องผ่านวิธี GPC ซึ่งชะด้วย 20% อะซิโตนในเฮกซิลเอซิเตด 15 มิลลิลิตรที่อัตราการไหล 5 มิลลิลิตรต่อนาที และนำไปผ่านการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจล ส่วนตัวอย่างที่มีไขมันน้อยจะใช้วิธี SPE ซึ่งเป็นสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จะใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วยฟลอริซิล 1000 มิลลิกรัม และทำการชะด้วย 10% เฮกซิลเอซิเตดในเฮกเซน นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD ส่วนสารกลุ่มเมทิลคาร์บอนเมต ใช้คอลัมน์บรรจุด้วยอะมิโนโอฟิล 500 มิลลิกรัม ชะด้วย 15 มิลลิลิตรเฮกซิลเอซิเตด ออร์กาโนฟอสฟอรัสจะใช้ GC-FPD ในการวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์สารทั้ง 71 ชนิด พบว่าได้การย่อยสลายกลับคืน 77 - 113% จากตัวอย่างดับซึ่งทำทั้งหมด 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน $96 \pm 4\%$ ที่ความเข้มข้น 0.5 ถึง 0.05 ppb ตัวอย่างพืชได้ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน $94 \pm 4\%$ ที่ความเข้มข้น 0.06 ถึง 0.5 ppb และขีดความสามารถต่ำสุดของวิธีนี้คือ 0.02-0.5 ppb จากการศึกษาโดยใช้ตัวอย่าง 10 กรัม

เชก , วากเนอร์ , เฮเนสซี และ โอเครสซึคกี (Schenck, Wagner, Hennessy, & Okresinski, 1994) ทำการศึกษาสารประกอบออร์กาโนคลอรีนที่มีไขมันน้อยในอาหารทะเลโดยใช้เทคนิค tandem solid-phase extraction ในการกำจัดสิ่งเจือปนตัวอย่างที่ศึกษาได้แก่ crabmeat, flounder, scallop, seatrout, shrimp, whiting โดยใช้เนื้อเยื่อ 5 กรัม ทำการเซนตริฟิวจ์ กับอะซิโตรไนโตร และกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ บรรจุ C_{18} ที่อัตราการไหล 2-3 หยดต่อวินาที นำส่วนที่ได้ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุฟลูออริซิลที่มีโซเดียมซัลเฟตอยู่ด้านบน 2 เซนติเมตร ชะด้วยเอทิลเอเทอร์ในปิโตรเลียมอีเธอร์อัตราส่วน 10:90 นำไปลดปริมาตรโดยเป่าด้วยไนโตรเจน ค่าย่อยและการกลับคืนของออร์กาโนคลอรีนที่ได้อยู่ในช่วง 93.8-98.4% ส่วน PCBs ค่าย่อยและการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 88.5-107.2% ข้อดีของวิธีนี้คือใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงในการเตรียมตัวอย่าง

เพิร์ท และ ลี (Peart, & Lee, 1995) ได้ทำการวิเคราะห์ PCBs ในเนื้อเยื่อปลาที่มีไขมันมาก โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสกัดแบบ SFE โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ 100°C ความดัน 5000 บรรยากาศ และอัตราการไหล 2.5 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนการสกัดแบบ soxhlet ใช้เนื้อปลา 5 กรัมผสมกับ 15 กรัมโซเดียมซัลเฟต สกัดด้วย 300 มิลลิลิตร เฮกเซน-ไดคลอโรมีเทน (1:1) นาน 7 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำส่วนที่สกัดได้ผ่านการกำจัดสิ่งเจือปน โดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วยฟลูออริซิล (60-100 เมช) 5 เซนติเมตร และ 5 มิลลิเมตรโซเดียมซัลเฟต หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD และ GC-MS พบว่าการสกัดเนื้อเยื่อปลาที่มีไขมันมากนั้นแบบ soxhlet มีประสิทธิภาพมากกว่า SFE ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนมากกว่า 95% แต่ข้อดีของวิธี SFE คือสามารถสกัดได้ 40 นาทีต่อตัวอย่าง ข้อเสียคือจะสกัดตัวอย่างที่มีไขมันได้น้อยกว่า 0.1-2.2 %

รีเบตโต , แกร์ริโด และ รีเบตโต (Repetto, Garrido, & Repetto, 1996) ได้ทำการศึกษาสารประกอบออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต และไตรอะซีน ที่ตกค้างในไวส์ โดยใช้เทคนิค GC-ECD และ GC-NPD สารที่ทำการศึกษาประกอบด้วย chlorpyrifos, dimethoate, quinalphos, simazine, tetradifon และ endosulfan ในการเตรียมตัวอย่างใช้ไวส์ 200 มิลลิลิตร สกัดกับไดคลอโรมีเทนซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้เทคนิค sonication กรองผ่านโซเดียมซัลเฟต นำไปลดปริมาตรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วทำการกำจัดสิ่งเจือปนโดยใช้ 2 แบบแบบแรกใช้ซิลิกาเจล 15 กรัม บรรจุในคอลัมน์ขนาดยาว 50 เซนติเมตร กว้าง 10 มิลลิเมตร ล้างด้วยเฮกเซน เดิมสารตั้งอย่างทำการแยก ส่วนโดยทำการศึกษาทั้งหมด 3 ขั้นตอนได้แก่ขั้นตอนแรกใช้เฮกเซน เฮกเซนกับเบนซีน (1:1) เบนซีน เบนซีนกับเอทิลอะซิเตต (1:1) และเอทิลอะซิเตต ขั้นตอนที่สอง ใช้เฮกเซน เฮกเซนกับเบนซีน (1:1) เบนซีน เบนซีนกับอะซิโตน (1:1) และอะซิโตน ขั้นตอนที่สาม ใช้เฮกเซน เฮกเซนกับเบนซีน (1:1) เบนซีน เบนซีน

กับอะซิโตน (1:1) และอะซิโตน การกำจัดสิ่งเจือปนแบบที่สองใช้ C_{18} ล้างคอลัมน์ก่อนใช้ด้วย เฮกเซน เอทานอล และน้ำกลั่น เติมตัวอย่าง แล้วชะด้วยเฮกเซน เฮกเซนกับเบนซีน(1:1) เบนซีน เบนซีนกับอะซิโตน (1:1) และอะซิโตน นำแต่ละขั้นตอนที่ชะไปลดปริมาตร แล้ววิเคราะห์ พบว่าการทำการกำจัดสิ่งเจือปนแบบแรก และชะด้วยขั้นตอนที่สามได้คาร์บอน การกลับคืนมากที่สุดอยู่ระหว่าง 83 - 97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเติมสาร 0.025 ppm และค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานอยู่ในช่วง 0.01-0.05 ค่าขีดต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.13-8.9 ppm ยกเว้น simazine 36.7 ppm ส่วนการกำจัดสิ่งเจือปนที่ใช้ C_{18} ได้คาร์บอนการกลับคืนน้อยกว่า 70%

เชก , คาร์เดอรอน และ โปกอร์เนีย (Schenck, Calderon, & Podhorniak, 1996) ทำการศึกษาออร์กาโนคลอรีน และ PCBs กลุ่ม Aroclor 1242 Aroclor 1254 และ Aroclor 1260 ตามลำดับ ในปลาที่มีไขมันโดย ใช้ตัวอย่างปลา 3 ชนิด ได้แก่ flounder bluefish และ shad ซึ่งมีไขมัน 0.8 5.4 และ 22.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทำการพัฒนามาตรฐานจากปลาที่มีไขมันน้อย โดยใช้น้ำมัน 2.5 กรัม ใช้ตัวสกัด 25 มิลลิลิตรอะซิโตรไนโตรทำการเซนตริฟิวส์ที่ 1500 รอบต่อนาที ใช้เวลา 5 นาที ลดปริมาตรแล้วผ่านคอลัมน์ที่บรรจุ C_{18} นำส่วนที่ได้ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุฟลูออริซิล ชะด้วย 2 เปอร์เซ็นต์เอธิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ลดปริมาตรแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD คาร์บอนการกลับคืนของออร์แกนโนคลอรีนอยู่ในช่วง 55-129 ส่วน PCBs อยู่ในช่วง 55-104 พบว่าการลดคาร์บอนการกลับคืนของปลาทั้งสามชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดในกรณีใช้ตัวอย่าง มากเกินไป ปริมาณไขมันจะรบกวน เมื่อเลือกอะซิโตนในไตรล์ ในการสกัดควรใช้ปริมาณตัวอย่าง 2.5 - 5 กรัม

เชก (Schenck, 1996) ทำการศึกษาออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในปลาทะเลที่มีไขมัน น้อย โดยใช้เทคนิคการกำจัดสิ่งเจือปนแบบ solid-phase extraction โดยใช้ตัวอย่างปลา 2 ชนิด คือ croaker และ flounder โดยทำการศึกษาศาตรา 4 ชนิด ได้แก่ ลินเดน เฮปตาคลอโรอีพอกไซค์ พารา พารา-ดีดีอี และเอนคริน โดยใช้ตัวอย่าง 5 กรัม ทำการเซนตริฟิวส์กับอะซิโตรไนโตร และกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์บรรจุ C_{18} นำส่วนที่ได้ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุฟลูออริซิล ชะด้วย เอธิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์(10:90) 25 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรโดยเป่าด้วยไนโตรเจน นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-ECD พบว่าในการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง ได้คาร์บอนการกลับคืน 89.1-107.8 และค่า coefficient of variation(CVs) อยู่ในช่วง 4.2-8.5 %

ลิง และ เทง (Ling, & Teng, 1997) ได้ทำการวิเคราะห์ออร์กาโนคลอรีนและ PCBs ใน หอยแมลงภู่ในการวิเคราะห์แบบมีไขมัน โดยใช้เทคนิค SFE ทำการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ บรรจุฟลูออริซิล 10 กรัม หลังจากนั้นชะด้วย 6 เปอร์เซ็นต์ไดเอธิลอีเทอร์ในเฮกเซน และ 15 เปอร์เซ็นต์ไดเอธิลอีเทอร์ในเฮกเซน และ 50 เปอร์เซ็นต์ไดเอธิลอีเทอร์ในเฮกเซน ตามลำดับพบ

ว่ามีสารปนเปื้อน 15 ชนิด คือ แอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี เฮปตาคลออร์ อัลดริน เฮปตาคลออร์อีพอกไซค์ เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต พาราพารา-ดีดีอี คิลดริน เอนดริน พาราพารา-ดีดีอี เอนดริน อัลดีไฮด์ พาราพารา-ดีดีที เอนโดซัลฟาน I และพีซีบี 11 ชนิด ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วย GC-ECD ที่ระดับความเข้มข้น ng/g พบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 11% และ 10% ของออร์กาโนคลอรีน และพีซีบีตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน 80% สำหรับออร์กาโนคลอรีน และ 53% สำหรับพีซีบี

ดอกฮิท , โมฮาเหม็ด , อัลลา , เซียด , อีเมล และ โมเซน (Dogheim, Mohamed, Alla, Saied, Emel, & Mohsen, 1996) ทำการศึกษาสารตกค้างกลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต ในน้ำนมมนุษย์ ดิน น้ำ และตัวอย่างอาหารในเมือง คาฟเอล ซายัด (Kafir El-Zayat) ประเทศ อียิปต์ ทั้งหมด 31 ตัวอย่าง และ 11 ตัวอย่างจากเมืองไคโร ขั้นตอนการสกัดและกำจัดสิ่งเจือปน นำน้ำนมทำการเซนติฟิวจ์ โดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน-อะซิโตน ไตรล-เอทานอล อัตราส่วน 20:5:1 และนำไปกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์บรรจุ ฟลอริซิล ส่วนตัวอย่างปลาใช้วิธีการสกัด PAM (Pesticide Analytical Manual) โดยสกัดกับ ปีโตรเลียมอีเทอร์ และกำจัดสิ่งเจือปนด้วย ฟลอริซิล ส่วนผักและผลไม้สกัดกับเอธิลอะซิเตต นำส่วนที่สกัดได้มากำจัดสิ่งเจือปน นำไป วิเคราะห์ด้วย GC-ECD คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ DB-5 พบว่าการร้อยละการกลับคืน ของตัวอย่างน้ำนม ปลา คือ 83-104% และ 79-102% ส่วนตัวอย่างผัก ผลไม้ น้ำและดิน การร้อยละการกลับคืนที่ได้มากกว่า 85% ส่วนออร์กาโนฟอสเฟต การร้อยละการกลับคืนที่ได้มากกว่า 80%

ฟูรูซาวา , โอคาซากิ , ไรริกุชิ , ยามาคุชิ และ ซาน โตะ (Furusawa, Okazaki, Iriguchi, Yamaguchi, & Saitoh, 1998) ได้ศึกษาสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 10 ชนิด ได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี อัลดริน คิลดริน พาราพาราดีดีอี ออร์โท พาราดีดีที และพาราพาราดีดีที ในไข่ไก่ การเตรียมตัวอย่างไข่ไก่จำนวน 50 กรัม ผสม อะซิโตน ไตรล ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกับด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (homogenizer) หลังจากนั้นนำส่วนผสมมาเซนติฟิวจ์ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที สกัดกับปีโตรเลียมอีเทอร์ โดยใช้กรวยแยกเก็บชั้นปีโตรเลียมอีเทอร์ ล้างด้วย 2% (v/v) โซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 1 ลิตร ทำให้ปราศจากน้ำโดยกรองผ่านโซเดียมซัลเฟต ลดปริมาตร นำมา ผ่าน GPC นำมากำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์บรรจุฟลอริซิล ละด้วย 15% (v/v) ไดเอทิลอีเทอร์ ในเฮกเซน อัตราการไหล 3 มิลลิลิตรต่อนาที นำไปลดปริมาตรทำการวิเคราะห์ด้วย GC-ECD ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบเฟสเคลื่อนที่ ที่ใช้ในการชะสารขั้นตอนวิธี GPC ระหว่าง ไดคลอโรมีเทนกับไซโคลเฮกเซนอัตราส่วน 1:1 และเอทธิลอะซิเตตกับไซโคลเฮกเซนอัตราส่วน

1:1 พบว่าเอทิลอะซิเตตกับไซโคลเฮกเซนได้คาร์บอนการกลับคืนมากกว่า ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 89.6% ถึง 104.3% เมื่อใช้ปริมาตร 110 มิลลิลิตร และเมื่อนำสารละลายที่ผ่านGPC มาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุฟลูออริซิล พบว่าคาร์บอนการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 88.7% ถึง 133.2%

นาจาม , โคลเวอร์ , วิลเลียม , บรัส , นีสฮาม (Najam, Korver, Williams, Burse, & Needham, 1999) ได้ทำการศึกษาพีซีบี 29 ชนิด และสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 15 ชนิด ในน้ำคอลลิงมนุษย์ โดยใช้ GC-ECD คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ คือ DB-5 และ DB-1701 ทำการสกัดตัวอย่างโดยใช้น้ำเหลืองผสมกับเมทานอล และสกัดกับเฮกเซนกับเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 นำส่วนที่สกัดได้ทำการกำจัดสิ่งเจือปนด้วยคอลัมน์ที่บรรจุฟลูออริซิล ๖% ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ตามด้วย 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตร แล้วนำส่วน 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ มาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจล และชะด้วยเฮกเซนเพื่อเก็บพีซีบี อัลดริน บีเอชซี ไมริก(mirex) และพาราพารา-ดีดีอี และชะต่อด้วยเบนซีนเพื่อเก็บสารออร์กาโนคลอรีนตัวอื่น ๆ นำส่วน 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ มาผ่านคอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาเจล และชะด้วยเฮกเซน และชะต่อด้วยเบนซีน เพื่อชะสารดีลดริน และเอนดรินออกมา นำแต่ละ fraction ที่ได้ไปลดปริมาตร วิเคราะห์ด้วย GC-ECD ผลการทดลองพบว่าคอลัมน์ DB-5 สามารถแยกสารผสมของ พีซีบีได้ดี ส่วนคอลัมน์ DB-1701 สามารถแยกสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้ดี คาร์บอนการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 39% ถึง 126% ยกเว้นดีลดรินและแอลฟาบีเอชซีได้คาร์บอนการกลับคืน 30-62%

ฮอง และ ลี (Hwang, & Lee, 2000) ศึกษาสารประกอบกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 19 ชนิด ที่ตกค้างในสมุนไพรจีน โดยใช้เทคนิค solid-phase microextraction (SPME) ทำการวิเคราะห์โดยใช้ GC-MS ตัวเติมไซไฟเบอร์เคลือบด้วยโพลีไดเมทิลไซลอกเซน (polydimethylsiloxane) หนา 100 ไมโครเมตร กลุ่มสารที่ทำการศึกษาคือ แอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี พาราพารา-ดีดีดี พาราพารา-ดีดีอี พาราพารา-ดีดีที อัลดริน ดีลดริน เอนดริน เอนดรินอัลดีไฮด์ เอนดรินคีโตน เอนโดซัลฟาน I เอนโดซัลฟาน II เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต เฮปตาคลอร์ เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ และเมทอกซีคลอร์ จากการศึกษพบว่า ค่าความเที่ยงที่ได้แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่า 111 % ยกเว้น เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต มีค่า 21 % เมื่อใช้ความเข้มข้น 1 ถึง 200 ng/g ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ต่ำกว่าระดับ ng/g เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธี SPME และวิธีการสกัดแบบsoxlet โดยใช้อัตราส่วนเฮกเซนต่ออะซีโตน 1:1 พบว่าวิธี SPME สามารถวิเคราะห์สารได้ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ และได้ทำการเก็บตัวอย่างสมุนไพรจากตลาด และทำการสกัดแบบ

SPME พบว่ามีสารตกค้างได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี ลินเดน เคลตา-บีเอชซี
อัลดริน ดีลดริน พาราพารา-ดีดีอี เอนโดซัลฟาร II เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต และเอนดริน
คีโตน ความเข้มข้นที่พบอยู่ในช่วง 2.2–119 ng/g และยืนยัน่วิธี SPME เมื่อใช้กับ GC-MS
ให้ประสิทธิภาพสูง เมื่อทำการวิเคราะห์สารออร์กาโนคลอรีนปริมาณน้อยในธรรมชาติ