

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารประกอบออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิด ผลการศึกษาโดยฉีดสารละลายออร์กาโนคลอรีนความเข้มข้น 10 ppb มี 2,4,5,6 - tetrachloro - *m* - xylene ความเข้มข้น 100 ppb ทำการวิเคราะห์ด้วย GC-ECD คอลัมน์ที่ใช้คือ Ultra 2 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิด คือโปรแกรมอุณหภูมิดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้น 85 °C เพิ่มขึ้น 35 °C ต่อนาที จนถึง 210 °C คงที่ 2 นาที เพิ่มขึ้น 2 °C ต่อนาที จนถึง 220 °C คงที่ 15 นาที แสดงในภาพ 6 โครมาโตแกรม D และแสดงค่าการแยก (Rs) แสดงในตาราง 2 พบว่าค่าการแยกดีกว่าโครมาโตแกรม A, B, C โดยมีค่าการแยกน้อยที่สุดคือ 1.4 ส่วนการวิเคราะห์โดย GC-MS คอลัมน์ที่ใช้คือ HP-5 MS พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารออร์กาโนคลอรีนคือโปรแกรมอุณหภูมิดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้น 85 °C เพิ่มขึ้น 35 °C ต่อนาที จนถึง 210 °C คงที่ 2 นาที เพิ่มขึ้น 2 °C ต่อนาที จนถึง 220 °C คงที่ 10 นาที ซึ่งแสดงในภาพ 7 โครมาโตแกรม B จะเห็นว่าโครมาโตแกรม B สามารถแยกสารได้ดีกว่าโครมาโตแกรม A ซึ่งไม่สามารถแยกสาร พารา พารา- ดีดีอีออกจากดีลดรินได้

2. ศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (method validation) การศึกษา specificity โดยฉีดสารประกอบออร์กาโนคลอรีนความเข้มข้น 10 ppb และ 2,4,5,6-tetrachloro-*m*-xylene ความเข้มข้น 100 ppb ใช้โปรแกรมอุณหภูมิที่ได้จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกสารออร์กาโนคลอรีน ผลการศึกษาแสดงค่าการแยก (resolution) แสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่าการแยกที่มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.4 เป็นสารพารา พารา-ดีดีอี ซึ่งค่าที่ได้้น้อยกว่าที่อ้างอิงไว้ อาจเป็นเพราะโปรแกรมอุณหภูมิที่เลือกใช้ และชนิดของคอลัมน์ที่ใช้ในการทดลอง ส่วน %RSD ของรีเทนชันไทม์ที่ได้มีค่าไม่เกิน 2% ซึ่งยอมรับได้ตามที่อ้างอิง (จ่านงค์ หัยกิจโกศล, 2544)

ส่วนการศึกษาคความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่เครื่องสามารถวิเคราะห์ได้ และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถหาปริมาณวิเคราะห์ได้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4 พบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.31 ppb และ 0.10 ถึง 1.04 ppb ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับ นาจาม , โคลเวอร์ , วิลเลียม , บรัส , นีสฮาม (Najam, Korver, Williams, Burse, &

Needham, 1999) ซึ่งหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวัดได้ของสารเฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ พารา พารา-คลีดีอี คีลตริน เอนตริน พาราพารา-คลีดีอี ค่าความเข้มข้น(ppb) ที่ได้คือ 0.20 0.23 0.23 0.25 0.32 ตามลำดับ ยกเว้นอัลตรินซึ่งค่าที่ได้คือ 0.22 ppb ซึ่งต่างจากผลการทดลองที่ได้ 0.08 ppb เนื่องมาจากสภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองไม่เหมือนกันอาทิเช่น โปรแกรมอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง ชนิดของคอลัมน์คอลัมน์ ทำให้ค่าสัญญาณที่วัดได้ต่างกัน

กราฟมาตรฐานเมื่อพิจารณาจากสมการ $y = mx + b$ ให้ค่า correlation coefficient (r^2) ของสารทั้ง 16 ชนิดในตาราง 5 มีค่ามากกว่า 0.999 และเมื่อพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นที่จุดตัดแกน Y ที่เทียบกับความเข้มข้นเป้าหมาย แสดงในตารางที่ 6 พบว่ามีค่าอยู่ใน ช่วง 0.21 ถึง 5.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ตามที่อ้างอิง ที่กำหนดว่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นที่จุดตัดแกน Y ต้องมีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มข้นเป้าหมาย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความไวในการตอบสนองของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนทั้ง 16 ชนิด

ส่วนการศึกษาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเชิงเส้น (LDR) ให้ค่า correlation coefficient (r^2) พบว่าสารออร์กาโนคลอรีนที่ให้ค่า correlation coefficient ประมาณ 0.999 ได้แก่ เบตา-บีเอชซี อัลตริน คีลตริน เอนตริน พาราพารา-คลีดีอี ส่วนสารที่มีค่าให้ค่า correlation coefficient ประมาณ 0.99 ได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี เฮปตาคลอร์ เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์ เอนโดซัลฟาน I พาราพารา-คลีดีอี เอนโดซัลฟาน II เอนตริน อัลดีไฮด์ เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต และ พาราพารา-คลีดีอี จะพบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นกราฟเริ่มไม่เป็น เส้นตรง ดังนั้นจะเห็นว่าความสามารถในการวิเคราะห์สารประกอบกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิด ด้วย GC-ECD ควรทำการศึกษาความเข้มข้นในช่วง 1000 เท่า

ความเที่ยงในการวิเคราะห์พบว่าทั้งความเที่ยงระดับที่ 1 และความเที่ยงระดับที่ 2 ให้ค่า %RSD เท่ากับ 1.29 ถึง 3.61 และ 0.54 ถึง 5.63 ตามลำดับ ส่วนความแม่นยำในการวิเคราะห์สาร ที่ได้จากตารางที่ 10 พบว่ามีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 91.72 ถึง 117.98 % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ตามที่อ้างอิง ซึ่งกำหนดว่าค่าความเที่ยงระดับที่ 1 %RSD ต้องน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเที่ยงระดับที่ 2 %RSD ต้องน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำร้อยละการกลับคืน อยู่ในช่วง 80 ถึง 120%

3. ศึกษาสภาวะในการเตรียมตัวอย่าง

3.1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการแยกส่วน จากตาราง 11 และภาพ 8 และ 9 พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมในการชะสารกลุ่มเฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซน คือพวก ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน เนื่องจากค่าร้อยละการกลับคืนที่ได้มากกว่าที่ชะด้วยเฮกเซน

อย่างเดียวหรือชะด้วยไคคลอโรมีเทนในเฮกเซน หรือไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนมีความมีขั้วน้อยกว่าตัวทำละลายไคคลอโรมีเทนในเฮกเซน และไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ทำให้สามารถชะสารกลุ่มเฮกซะคลอโรไซโคลเฮกเซนได้ดี เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีขั้วน้อย แต่สามารถละลายในสารละลายที่มีขั้วปานกลางได้ จึงชะด้วยตัวทำละลายเฮกเซนไม่ดี ส่วนสารกลุ่มไซโคลไดอิน เมื่อพิจารณาคำร้อยละการกลับคืนพบว่าส่วนใหญ่ตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน มีค่ามากกว่ายกเว้น สารเอนโคซัลฟาน II และเอนโคซัลฟาน ซัลเฟต ซึ่งเป็นสารที่มีออกซิเจนและกำมะถัน เป็นองค์ประกอบภายในโมเลกุล ทำให้ความมีขั้วของสารมากขึ้น จึงต้องใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วมากขึ้นในการชะ จากผลการทดลองจะเห็นว่า 50:50 % ไคคลอโรมีเทนในเฮกเซน ชะสารทั้งสองตัวนี้ได้ดีกว่าตัวทำละลายอื่น เนื่องจากมีขั้วมากขึ้น ส่วนสารกลุ่มดีดีทีและอนุพันธ์ พบว่า 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน สามารถชะสารกลุ่มนี้ได้ดี เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีขั้วน้อย ยกเว้นพาราพารา-ดีดีที พบว่าชะด้วยตัวทำละลายเฮกเซนดีกว่า 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนเนื่องจากเป็นสารที่มีขั้วน้อยมาก (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528)

จากการทดลองจึงสรุปว่า ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนเหมาะที่จะเป็นตัวทำละลายที่ใช้ชะสารออร์กาโนคลอรีนทั้ง 16 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง และเมื่อพิจารณาจากคำร้อยละการกลับคืน พบว่าแบบ A2 คือชะด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน ซึ่งจะชะสารแอลฟา-บีเอชซี เบตา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี เฮปตาคลอร์ อัลดริน เฮปตาคลอร์ อีพอกไซด์เอนโคซัลฟาน I พาราพารา-ดีดีที ดีลดริน เอนดริน พาราพารา-ดีดีที เอนดริน อัลดีไฮด์ บางส่วน และพาราพารา-ดีดีที และชะด้วย 50% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน ซึ่งจะชะสาร เอนโคซัลฟาน II และเอนโคซัลฟาน ซัลเฟต และเอนดริน อัลดีไฮด์ ที่เหลือออกมาหมด ซึ่งมีค่ามากกว่าแบบ A3 ที่ชะด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน ชะด้วย 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน ชะด้วย 50% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน และแบบ A1 คือชะด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน และชะด้วย 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน ตามลำดับ จึงเลือกแบบ A2 ใช้ในการทดลอง เพราะแบบ A1 ไม่สามารถชะสารที่มีขั้วมากขึ้นเช่น เอนโคซัลฟาน II เอนโคซัลฟาน ซัลเฟต และเอนดริน อัลดีไฮด์ออกได้หมด ส่วนแบบ A3 คำร้อยละการกลับคืนที่ได้ต่ำกว่าแบบ A2 ทั้งนี้เนื่องจากการชะสารถึง 3 fraction อาจทำให้สารสูญหายไปในช่วงตอนการลดปริมาตร ส่วนแบบ A2 ใช้ชะ 2 fraction ทำให้สะดวก รวดเร็ว และประหยัด พลังงานมากกว่า ส่วนตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์ในปิโตรเลียมอีเทอร์ นอกจากจะให้การร้อยละการกลับคืนน้อยแล้ว ปัจจุบันไม่นิยมใช้เนื่องจากปิโตรเลียมอีเทอร์มีความเป็นพิษมาก จึงเปลี่ยนมาใช้ตัวทำละลายอื่นแทนเช่น เฮกเซน เป็นต้น

3.2 ศึกษาปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสม จากการศึกษาปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมในการทดลองพบว่าต้องใช้ 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนปริมาตร 60 มิลลิลิตร จึงจะสารได้หมดและชะต้อด้วย 50% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนปริมาตร 80 มิลลิลิตร ดังแสดงในภาพ 10-11 และจากการศึกษาคำร้อยละการกลับคืน โดยใช้สารออร์กาโนคลอรีน ความเข้มข้น 1 ppm ใส่ลงในคอลัมน์ 0.1 มิลลิลิตร แล้วชะต้อด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนปริมาตร 60 มิลลิลิตร และชะต้อด้วย 50% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนปริมาตร 80 มิลลิลิตร คำร้อยละการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 82 ± 1 ถึง 104 ± 4

3.3 ศึกษาจำนวนฟลอริซิลที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปน จากการศึกษาพบว่าจำนวนฟลอริซิลที่เหมาะสมในการทดลอง เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 12 พบว่าต้องใช้ฟลอริซิล 5 กรัม จึงจะสามารถกำจัดสิ่งเจือปนที่มีในตัวอย่างได้หมด เมื่อพิจารณาจากไขมันในตัวอย่างที่มีมากที่สุดคือปลาสดเท่ากับ 0.932 กรัม พบว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ โลเปซ , อากูลาร์ และ คาร์ (Lopez, Aguilar, & Diez, 1992) ซึ่งพบว่าฟลอริซิล 20 กรัมสามารถกำจัดไขมัน 1 กรัมได้

3.4 ศึกษาอัตราส่วนของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง ผลการศึกษาการสกัดตัวอย่างด้วยวิธี soxhlet โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง 90:10 และ 80:20 เฮกเซนต่ออะซิโตน พบว่าอัตราส่วนตัวทำละลายที่ 90:10 สามารถให้คำร้อยละการกลับคืนมากกว่าอัตราส่วน 80:20 คำร้อยละการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 78 ± 1 ถึง 98 ± 3 และเมื่อพิจารณาจากค่า t-test พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหลายค่า และเมื่อเปรียบเทียบกับ โลเปซ , อากูลาร์ และ คาร์ (Lopez, Aguilar, & Diez, 1992) ซึ่งใช้การสกัดด้วยวิธี soxhlet เหมือนกัน เวลาที่ใช้เท่ากันแต่ตัวทำละลายที่ใช้เป็นเฮกเซน ทั้งนี้เนื่องจากสารที่ทำการวิเคราะห์เป็นสารออร์กาโนคลอรีนกลุ่มที่มีไขมันน้อย แต่ในการทดลองนี้มีสารที่มีไขมันมากขึ้นเช่น เอนโดซัลฟาน II เอนโดซัลฟาน ซัลเฟต และ เอนดริน อัลดีไฮด์ จึงใช้ตัวทำละลายอะซิโตนด้วยเพื่อเพิ่มความมีไขมันให้กับตัวทำละลาย

3.5 ศึกษาปริมาณของตัวอย่างที่นำไปกำจัดสิ่งเจือปนและแยกส่วน ผลการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างเนื้อปลาประมาณ 10 กรัม ทำการสกัดด้วย soxhlet แล้วใช้ปริมาตร 0.10 , 0.25 , 0.75 , 1.00 มิลลิลิตร ใส่ลงในคอลัมน์และผ่านขั้นตอนการกำจัดสิ่งเจือปนและการแยกส่วน แสดงค่าในตาราง 14 พบว่ามีสาร พารา,พารา-ดีคลีอีในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันตามจำนวนปริมาตรที่ใส่ลงในคอลัมน์ จากการทดลองเลือกปริมาตร 0.25 มิลลิลิตรในการทดลองต่อไปเนื่องจากที่ 0.10 มิลลิลิตร ลักษณะโครมาโตแกรมที่ได้มีลักษณะค่าสัญญาณของพิกสาร์น้อย พิจารณาระหว่าง สัญญาณสารและสัญญาณการรบกวนยาก และถ้าเป็นสารชนิดอื่นที่ให้ค่าสัญญาณต่ำกว่า พารา-พารา-ดีคลีอี จะทำให้ไม่สามารถมองเห็นพิกสาร์ได้ชัดเจน ส่วน

ปริมาตร 0.75 มิลลิลิตร และ 1.00 มิลลิลิตร เมื่อใช้ในตัวอย่างปลาที่มีปริมาณไขมันมากขึ้น ผู้ทดลองเกรงว่าฟลอริซิลจำนวน 5 กรัม จะไม่สามารถกำจัดสิ่งเจือปนออกได้หมด และจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายในการชะสารมากขึ้นด้วย

3.6 ศึกษาขนาดของตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดลอง ในการทดลองได้ใช้ตัวอย่างเนื้อปลานิลน้ำหนักประมาณ 10, 20, 30 กรัม ตามลำดับ จากภาพ 14 พบว่าเมื่อใช้สารตัวอย่างมากขึ้นสารที่พบยังเป็นสารเดิมคือ พารา,พารา- ดีดีอี แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ตัวอย่างมากขึ้นผลการวิเคราะห์ไม่คลาดเคลื่อน จึงเลือกขนาดตัวอย่าง 10 กรัมในการทดลอง เนื่องจากขนาดตัวอย่าง 20 และ 30 กรัม นั้นเมื่อใช้ตัวอย่างปลาที่มีไขมันมากขึ้นจำนวนฟลอริซิล 5 กรัม จะไม่เพียงพอในการกำจัดสิ่งเจือปน และปริมาตรตัวทำละลายที่ใช้ในการแยกส่วนต้องเพิ่มขึ้นตามลำดับ

4. ศึกษาการสกัดด้วยวิธี sonication พบว่าการสกัดด้วยวิธี sonication ใช้ตัวทำละลายอัตราส่วน 90:10 เฮกเซนต่ออะซิโตน ต้องปริมาตรตัวทำละลาย 150 มิลลิลิตร และเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการสกัดสารคือ 30 นาที ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตาราง 15 และ 16 และภาพ 15 และ 16 พบว่าการร้อยละการกลับคืนที่ได้อยู่ในช่วง 79.8 ± 0.8 ถึง 96.1 ± 0.6

5. การหาการร้อยละการกลับคืนของสารประกอบออร์กาโนคลอรีนโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี soxhlet และ sonication จากผลการทดลองในตาราง 17 พบว่าการร้อยละการกลับคืนของสารประกอบออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิดที่เติมลงในตัวอย่างเนื้อปลาทั้ง 3 ความเข้มข้นได้แก่ 10, 24 และ 40 ng/g ตามลำดับ การร้อยละการกลับคืนเฉลี่ยของวิธี soxhlet อยู่ในช่วง 78 ± 7 ถึง 98 ± 9 และวิธี sonication อยู่ในช่วง 76 ± 6 ถึง 96 ± 11 และค่า f-test และ t-test ที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 97.5 % ($p > 0.01$)

ในการสกัดสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนี้ อมรา วงศ์พุทธรักษา (2528) ทำการศึกษาสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนซึ่งได้แก่ ลินเดน เฮปตาคลอร์ อัลดริน เฮปตาคลอร์ อีปอกไซด์ ดีลดริน พาราพารา-ดีดีอี เอนดริน ออร์โธ พารา-ดีดีที พาราพารา-ดีดีที โดยเตรียมตัวอย่างเนื้อสัตว์ให้เฉพาะส่วนที่รับประทานได้บดให้ละเอียดโดยใช้ blender ใช้ตัวอย่าง 10-20 กรัมสกัดกับเฮกเซน นำมากำจัดสิ่งปนเปื้อนโดยฟลอริซิล ชะด้วย 6% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน และชะต่อด้วย 15% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน นำไปวิเคราะห์หลังที่สกัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีของ Perkin Elmer F11 การร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 75.5 ถึง 108.0 ซึ่งการร้อยละการกลับคืนที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลอง

จากผลการทดลองจึงเลือกใช้วิธี sonication ในการสกัดตัวอย่างปลาน้ำจืด 10 ชนิดและกุ้งกุลาดำ เนื่องจากวิธีนี้ใช้เวลาในการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมงน้อยกว่าการสกัดด้วยวิธี soxhlet ที่ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ทำให้ขั้นตอนการวิเคราะห์มีความรวดเร็วขึ้น และช่วยประหยัดพลังงาน

6. การวิเคราะห์ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาน้ำจืด 10 ชนิด และตัวอย่างกุ้งกุลาดำ โดยใช้วิธีสกัดแบบ sonication การวิเคราะห์ปริมาณสารที่พบในตัวอย่างปลาน้ำจืดแสดงในตาราง 18 พบว่าสารออร์กาโนคลอรีนที่พบมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าที่กำหนดให้มีได้ (ประโยชน์ ดันติเจริญยศ และคณะ 2529) เนื่องจากสารกลุ่มนี้ถูกห้ามนำเข้าหรือใช้ในการเกษตร เช่น บีเอชซี เอนคริน ดีดีที และอนุพันธ์ แต่ยังมีการอนุญาตให้ใช้ได้ ในทางสาธารณสุขและจำหน่ายในประเทศไทยมี 9 ชนิดเช่น เฮปตาคลอร์ อัลดริน ดีลดริน เอนโดซัลฟาน อย่างไรก็ตามยังมีการตรวจพบสารออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างปลาน้ำจืด อาจเนื่องจากสารกลุ่มนี้จะสลายตัวหมดต้องใช้เวลาเวลานาน มีความคงทนในสิ่งแวดล้อมดี จึงเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ สารที่พบในการทดลองได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี อัลดริน ดีลดริน เอนโดซัลฟาน พารา, พารา-ดีดีอี ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยแต่ละลายในไขมัน น้ำมันและตัวทำละลาย อินทรีย์ (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528) จึงพบสะสมในไขมันของตัวอย่างปลาที่ทำการวิเคราะห์ และพบว่ามีสารดีลดรินในเกือบทุกตัวอย่างซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยส่วนใหญ่ เนื่องจากดีลดรินเป็นสารที่คงทนในสิ่งแวดล้อมดี และพบว่าอัลดรินเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนไปเป็นดีลดรินได้ ซึ่งเป็นสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่สูตรโครงสร้างต่างกัน เอ็ดเวิร์ด (Edwards, 1973) นอกจากนี้ยังพบว่าการดำรงชีวิตของปลา มีผลต่อการสะสมของสารปริมาณที่แตกต่างกันด้วย โดยปลาที่อาศัยอยู่บริเวณท้องน้ำ เช่น ปลาช่อน ปลานู ปลาหมอ จะได้รับสารพิษจากตะกอนดินที่สามารถจับกับสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้ดีกว่าน้ำ เนื่องจากสารกลุ่มนี้จะละลายได้น้อยมากในน้ำ จึงพยายามจับกับอนุภาคอื่นๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำแล้วจมลงสู่ท้องน้ำ และจะเพิ่มปริมาณการสะสมมากขึ้นในดินตะกอน (ขวัญชัย สมบัติศิริ, 2528) และพบว่าปลาที่กินสัตว์ด้วยกันเองเป็นอาหาร ปริมาณการสะสมของสารจะเพิ่มขึ้นตาม ลำดับความซับซ้อนของห่วงโซ่อาหาร (ประภัศตรา พิมพ์พันธุ์ และคณะ, 2535) สอดคล้องกับการทดลอง ซึ่งพบว่า ปลาช่อน ปลานู ปลาหมอ มีปริมาณการสะสมของสารมากกว่าปลาที่กินพืชได้แก่ ปลานิล ปลาสลิด ปลาในกุ้งกุลาดำ ปลากระดี่ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาน้ำจืดสารที่พบทุกตัวสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยทำ แต่ในการทดลองนี้ไม่พบดีดีทีซึ่งในการศึกษาส่วนมาก พบว่ามีสารนี้อยู่ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากดีดีทีเป็นสารที่มีความดันสูง แฮร์ริส (Harris, 1969) จึงอาจสูญหายไปในช่วงขั้นตอนต่างๆ ในการวิเคราะห์ หรือดีดีทีจะเปลี่ยนเป็นดีดีอีเนื่องจาก เป็นอนุพันธ์กัน เอ็ดเวิร์ด (Edwards, 1973)

และจากการเปรียบเทียบผลการศึกษาดัวย่างสารที่ตกค้างในตัวอย่างปลาแต่ละปี พบว่าอัตรา
การปนเปื้อนและปริมาณสารที่พบลดลง (ประภัสสรฯ พิมพ์นธ์ และคณะ, 2535) จากการ
วิเคราะห์ตัวอย่างระหว่างสถานีอำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ และสะพานปลากรุงเทพ
มหานคร เมื่อพิจารณาปลาสดและปลานิลทั้ง 2 สถานี พบว่าปลาที่สถานีอำเภอบางบ่อ
มีชนิดของสารที่พบมากกว่าสถานีสะพานปลา ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนนี้ใช้ในการประกอบ
อาชีพเกษตรกรรมมาก มีทั้งการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ และเลี้ยงปลา เลี้ยงกุ้ง และยังใกล้บริเวณ
แหล่งนิคมอุตสาหกรรมสองแหล่งด้วยกันคือ อุตสาหกรรมเวลโกรว์ และอุตสาหกรรมบางพลี
ซึ่งมีโอกาสที่วัตถุมีพิษจะสะสมในสิ่งแวดล้อมบริเวณนี้ได้ดี ฮัดสัน (Hudson, 1971) และจากผล
การทดลองยังพบว่าปลาที่มีขนาดใหญ่ เช่น ปลาช่อน ปลาดู ปลาตะเพียน ปลานิล ปลาหมอ จะมีการ
สะสมปริมาณสารมากกว่าปลาที่มีขนาดเล็ก อัลลาห์ (Allah, 1994) ผลการตรวจสอบชนิด
ของสารโดย GC-MS โดยใช้ mode SIM พบว่าชนิดของสาร ตรงกับที่วิเคราะห์ใน GC-ECD
เมื่อพิจารณาจากแมสสเปกตรัมของสารแต่ละชนิดเทียบกับฐานข้อมูล NIST 98 และ
รีเทนชันไทม์ของตัวอย่างเทียบกับสาร มาตรฐาน

จากการศึกษาสารออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิดเมื่อทำการศึกษาความถูกต้องของวิธี
วิเคราะห์ (method validation) พบว่าค่าที่ได้ยอมรับได้ตามที่อ้างอิงไว้ (จำนงค์ หัยกิจโกศล, 2544)
ผลการทดลองที่ได้จึงถูกต้องและ เชื่อถือได้ และศึกษาสถานะ ในการเตรียมตัวอย่างพบว่าควรใช้
ตัวอย่างประมาณ 10 กรัม สกัดกับ 90:10 เฮกเซนต่ออะซิโตน ปริมาณ 150 มิลลิลิตร นำตัว
อย่างที่สุดได้ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตรมาจำกัดสิ่งเจือปนด้วยฟลอริซิล 5 กรัม และชะด้วย 6%
ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซนปริมาตร 60 มิลลิลิตร และชะต่อด้วย 50% ไดเอทิลอีเทอร์ในเฮกเซน
ปริมาตร 80 มิลลิลิตร และจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัด ระหว่างวิธี soxhlet และวิธี
sonication พบว่าทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญจึงเลือกวิธี sonication ในการสกัดตัวอย่าง
ปลาน้ำจืด 10 ชนิด และกุ้งกุลาดำ วิเคราะห์ด้วย GC-ECD พบว่ามีสารตกค้างจำนวน 7 ชนิด
ได้แก่ แอลฟา-บีเอชซี แกมมา-บีเอชซี เดลตา-บีเอชซี อัลดริน ดีลดริน เอนโดซัลฟาน I
พารา พารา-ดีดีอี ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.52 ± 0.05 ถึง 34.98 ± 0.47 ยกเว้นปลากระดี่ และนำไป
ตรวจสอบผลด้วย GC-MS พบว่าชนิดของสารตรงกับที่วิเคราะห์ใน GC-ECD

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บตัวอย่างจำนวนมากขึ้น และควรศึกษาเปรียบเทียบขนาดของตัวอย่าง
เพศ และฤดูกาล เพื่อความมีผลต่อการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารประกอบออร์กาโนคลอรีน
หรือไม่

2. ควรมีการศึกษาชนิดและปริมาณสารประกอบออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างน้ำและดิน
ด้วย เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาปริมาณการสะสมของสารในสิ่งแวดล้อม