

การปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดแมลงเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา

วิชาดา จงมีวาสนา และรัศมียากร ไชยพลางาม

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ สารเอนโดซัลแฟนเป็นสารเคมีกำจัดแมลงชนิดหนึ่งที่มีการใช้มากในประเทศไทยที่อาจก่อปัญหาการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ จากผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาและน้ำประปา รวม 32 ตัวอย่าง ของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร ในช่วงปี 2546 พบว่า น้ำแม่น้ำเจ้าพระยาทุกตัวอย่างตรวจพบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในปริมาณ 0.02 - 0.11 ไมโครกรัมต่อลิตร และตรวจพบในน้ำประปา อัตราร้อยละ 95 ปริมาณ <math><0.01 - 0.15</math> ไมโครกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา และน้ำแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสารเอนโดซัลแฟนที่ปนเปื้อนในน้ำประปานั้นมาจากแหล่งน้ำดิบแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีการปนเปื้อน จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้ทำการสุ่มเก็บน้ำประปาจากเขตกรุงเทพมหานคร 15 ตัวอย่าง และจากต่างจังหวัดและปริมณฑล 15 ตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์ ในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน 2547 พบว่า มีสารเอนโดซัลแฟนปนเปื้อน 13 และ 7 ตัวอย่างตามลำดับ โดยพบปริมาณ <math><0.01 - 0.06</math> ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยในระดับสูงต่อการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก (WHO's Acceptable Daily Intake, ADI) และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีการลดปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาโดยการกรองและการต้ม พบว่า การกรองน้ำด้วย activated carbon สามารถลดปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนได้ในขณะที่การต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไม่สามารถลดปริมาณการปนเปื้อน

บทนำ

สารเอนโดซัลแฟนเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิดอย่างมีประสิทธิภาพในพืชชนิดต่างๆ เช่น ฝ้าย ชา ข้าวโพด ผักและผลไม้⁽¹⁾ โดยประเทศไทยมีการนำเข้าสารเอนโดซัลแฟนมาใช้ทางการเกษตรประมาณหนึ่งพันตันต่อปี⁽²⁾ ซึ่งการใช้สารเคมีเหล่านี้จำนวนมากอาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนเข้าสู่แหล่งน้ำและส่งผลกระทบต่อคนและสิ่งแวดล้อมได้ในวงกว้างจากรายงานของกรมวิชาการเกษตรที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเอนโดซัลแฟนหลายโครงการในช่วงปี 2542 ได้แก่ โครงการสำรวจการใช้สารเอนโดซัลแฟนกำจัดหอยเชอรี่ของชาวนา

ในเขตนาห่านน้ำตม พบว่า เกษตรกรร้อยละ 94 ยอมรับว่ามีการใช้สารเคมีในการกำจัดหอยเชอรี่โดยสารเคมีที่ใช้กันมาก ได้แก่ สารเอนโดซัลแฟนซึ่งทำให้กุ้ง กบ ปลาไหล และเขียดในแปลงนาที่ใช้สารตาย รวมทั้งเกษตรกรประมาณร้อยละ 50 พบผลข้างเคียงต่อผู้ใช้ โดยมีอาการปวดศีรษะหลังการใช้ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ระบายท้องตา โครงการศึกษาการสลายตัวของเอนโดซัลแฟนในนาข้าวพบว่า เมื่อทำการฉีดพ่นสารเอนโดซัลแฟน 3 ครั้ง และหลังจากพ่นครั้งที่สาม 28 วัน ยังคงมีความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำบางชนิด⁽³⁾ และโครงการศึกษาการแพร่กระจายของสารเอนโดซัลแฟนในลุ่มแม่น้ำที่ผ่านเขตนาห่านน้ำตม โดยการสำรวจและสุ่มเก็บ

ตัวอย่างน้ำจากสายสำคัญ 3 สายตลอดปี พอสรุปได้ว่า แม่น้ำท่าจีนพบปริมาณสารตกค้างของเอนโดซัลแฟนสูงกว่าแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง คือพบในปริมาณ 0.05 – 0.97 ไมโครกรัมต่อลิตร, 0.05 – 0.29 ไมโครกรัมต่อลิตร และ 0.01 – 0.24 ไมโครกรัมต่อลิตร⁽⁴⁾ ตามลำดับ

การปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในแม่น้ำสายหลักนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากถ้ามีการใช้แหล่งน้ำดังกล่าวเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาสำหรับอุปโภคและบริโภค อาจทำให้สารนี้ปนเปื้อนในน้ำประปาและส่งผลถึงผู้บริโภคได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มสารออร์กาโน-คลอรีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา เพื่อประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภค และหาแนวทางในการลดปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา โดยเปรียบเทียบวิธีการกรองและการต้มก่อนนำไปบริโภค

วัสดุและวิธีการ

กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด 62 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างน้ำส่งตรวจวิเคราะห์ที่สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารโดยเอกชน ในช่วงปี 2546 จำนวน 32 ตัวอย่าง จำแนกเป็นน้ำประปา 16 ตัวอย่าง และน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 16 ตัวอย่าง นอกจากนี้ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร 15 ตัวอย่าง และตัวอย่างน้ำประปาจากต่างจังหวัด 15 ตัวอย่าง รวม 30 ตัวอย่าง โดยทำการตรวจวิเคราะห์ในช่วงเดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2547

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือวิเคราะห์ ได้แก่ Gas Chromatography (GC) – ECD: Shimadzu GC17A และ Agilent Technology 6890 N โดยใช้ analytical Column: PAS-1701 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 µm และ HP-5 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 µm ตามลำดับ และตัวอย่างที่ตรวจพบการปนเปื้อนจะตรวจยืนยันชนิดสารโดยใช้ GC-MSD: GC-Agilent Technology 6890 N ต่อกับ MS-Agilent Technology 5973 Mass Selective Detector (inert) โดยใช้ analytical Column: DB-17MS 30 m × 0.32 mm i.d., 0.25 µm

เครื่องมือและอุปกรณ์ทั่วไป ได้แก่ separatory flask shaker, rotary evaporator, glass column with stopcock ขนาด 150 cm × 1.0 cm i.d.

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมี : Acetonitrile (HPLC), Dichloromethane (HPLC), n-Hexane (PG), Florisil (AR) ขนาด 70 – 230 mesh (อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนใช้) และ Sodium sulfate anhydrous (PG) ขนาด 12 – 60 mesh (เผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง)

สารมาตรฐาน : alpha-Endosulfan (Chem Service, 99.5%), beta-Endosulfan (Chem Service, 98.0%), Endosulfan sulfate (Chem Service, 98.0%), Heptachlor epoxide (Chem Service, 99.8%)

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำประปาจากก๊อกโดยปล่อยน้ำทิ้งก่อนเก็บตัวอย่างประมาณ 1 นาที แล้วจึงบรรจุน้ำประปาในขวดพลาสติกหรือขวดแก้วที่สะอาด โดยมีปริมาตรประมาณ 2 ลิตรต่อตัวอย่าง ในกรณีที่ตัวอย่างเดียวกันมีหลายขวดเมื่อนำไปวิเคราะห์จะต้องผสมตัวอย่างจากขวดต่างๆ ในสัดส่วนเท่ากัน

และถ้าตัวอย่างน้ำที่มีตะกอนจะกรองผ่านกระดาษกรองก่อนนำไปวิเคราะห์

การสกัดและการทำให้บริสุทธิ์

ตัวอย่างน้ำ 500 มิลลิลิตร สกัดด้วย n-hexane⁽⁵⁾ 50 มิลลิลิตร เขย่า 2 นาที โดยใช้ separatory flask shaker ทิ้งไว้ให้แยกชั้นชัดเจน แล้วเก็บสารละลายในชั้น hexane นำตัวอย่างน้ำอีก 500 มิลลิลิตร สกัดแบบเดียวกันจนได้ตัวอย่างน้ำ 2 ลิตร โดยเก็บสารละลายในชั้น hexane รวมกัน แล้วดึงน้ำออกจากสารละลายโดยใช้ sodium sulfate ที่เตรียมไว้ลดปริมาตรสารละลาย และทำให้บริสุทธิ์ โดยผ่าน florisil column ซะด้วยสารละลายผสม 200 มิลลิลิตร ของ dichloromethane (100) : acetonitrile (0.7) : n-hexane (99.3)⁽⁶⁾ ควบคุมอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที นำสารละลายที่ได้ไปลดปริมาตรด้วย rotary evaporator โดยใช้อุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส และปรับปริมาตรด้วย n-hexane เป็น 4 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของตัวอย่าง 500 มิลลิลิตรต่อมิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

การตรวจวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน

1. Gas Chromatograph-Electron Capture Detector (GC-ECD) : Shimadzu 17A โดยใช้ analytical column : PAS-1701 ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร film thickness 0.25 ไมโครเมตร และ Agilent Technologies 6890 N โดยใช้ analytical column : HP-5 ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร film thickness 0.25 ไมโครเมตร ทั้งสองเครื่องใช้ flow rate ของ carrier gas : helium 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที และ detector make up gas : nitrogen 40 มิลลิลิตรต่อนาที ตั้งอุณหภูมิของ injector และ detector ที่ 250 และ 300 องศา-

เซลเซียสตามลำดับ ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิของ oven เริ่มที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 210 องศาเซลเซียส ในอัตรา 30 องศาเซลเซียส ต่อนาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 260 องศาเซลเซียส ในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาที และคงอุณหภูมิที่ 260 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที ปรับความไว (sensitivity) ของเครื่องโดยใช้สารมาตรฐาน heptachlor epoxide ปริมาณ 0.01 นาโนกรัม ให้ได้ความสูงร้อยละ 50 ของ full scale deflection

2. Gas Chromatograph-Mass Selective Detector (GC-MSD) โดยใช้ analytical column : DB-17MS ความยาว 30 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.32 มิลลิเมตร film thickness 0.25 ไมโครเมตร ใช้ flow rate ของ carrier gas : helium 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ในส่วนของ GC ใช้สภาวะเช่นเดียวกันกับข้อ 1 และในส่วนของ mass selective detector ใช้การวิเคราะห์แบบ selective ion mode (SIM) : 422, 389, 227 และ 154 เพื่อตรวจวิเคราะห์ยืนยันสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตที่ปนเปื้อนในตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์

ก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ตรวจสอบการปนเปื้อนของระบบโดยการวิเคราะห์ method blank และในระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่างทุก ๆ 10 ตัวอย่าง จะทำการวิเคราะห์ซ้ำ (duplicate analysis) และตรวจสอบประสิทธิภาพวิธีการวิเคราะห์ โดยการเติมสารละลายมาตรฐานของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำเพื่อหาร้อยละของการกลับคืน (% recovery)

การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารเอนโดซัลแฟนตกค้างในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา ใช้ตัวอย่างน้ำที่เอกชนส่งเป็นชุดตัวอย่าง ประกอบด้วยน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปทุมธานี เพื่อตรวจวิเคราะห์

คุณภาพน้ำ จำนวน 16 ชุด รวมทั้งหมด 32 ตัวอย่าง เปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยาจากผลการตรวจวิเคราะห์และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในเชิงสถิติ โดยใช้ T-test และ Correlation ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนตกค้างในน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดต่าง ๆ

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากเขตต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร 15 เขต เขตละ 1 ตัวอย่าง ประกอบด้วยเขตบางรัก คลองเตย พญาไท สามเสน บางเขน ลาดพร้าว บางนา พระโขนง มีนบุรี บางขุนเทียน คลองสาน ราษฎร์บูรณะ บางพลัด ตลิ่งชัน และทวีวัฒนา เพื่อศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร และได้สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำประปาจากจังหวัดต่างๆ 15 จังหวัด จังหวัดละ 1 ตัวอย่าง ประกอบด้วยจังหวัดที่สุ่มเป็นตัวแทนของแต่ละภาค เช่น ภาคใต้ (ตรังและสงขลา) ภาคตะวันออกเฉิยงเหนือ (นครราชสีมาและขอนแก่น) ภาคกลาง (ชลบุรีและสมุทรสงคราม) ภาคเหนือ (เชียงใหม่และพิษณุโลก) และจากจังหวัดที่เป็นทางผ่านของแม่น้ำปิงและแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ตาก นครสวรรค์ ชัยนาท พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี และสมุทรปราการ

การศึกษาวิธีลดปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา

ใช้ตัวอย่างน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร ที่พบการปนเปื้อนสารเอนโดซัลแฟนมาทำการทดสอบ โดยนำมาผ่านกรรมวิธีการกรองผ่านเครื่องกรองน้ำระบบต่างๆ และกรรมวิธีการต้มเพื่อศึกษาการลดลงของปริมาณสารเอนโดซัลแฟน โดย

แบ่งกลุ่มการทดสอบเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ น้ำประปา น้ำประปาที่ผ่านการกรอง น้ำประปาที่ผ่านการต้ม และน้ำประปาที่ผ่านการกรองและต้ม ซึ่งขั้นตอนโดยละเอียดมีดังนี้ กรรมวิธีการกรอง : เก็บน้ำประปาก่อนและหลังที่ผ่านเครื่องกรองน้ำระบบต่างๆ 3 ระบบ ได้แก่ เครื่องกรองระบบ 2 คอลัมน์ที่ประกอบด้วย activated carbon และ softener เครื่องกรองระบบ 3 คอลัมน์ที่ประกอบด้วย filters, activated carbon และ ion exchange resin และเครื่องกรองระบบ reverse osmosis (RO) ปริมาตรของตัวอย่างที่สุ่มเก็บ ตัวอย่างละ 12 ลิตร และกรรมวิธีการต้ม : แบ่งตัวอย่างน้ำประปาก่อนและหลังกรองตัวอย่างละ 6 ลิตร ต้มในกาต้มน้ำไฟฟ้าควบคุมเวลาในการต้ม 30 นาที โดยจับเวลาตั้งแต่เริ่มต้ม หลังจากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่ากับอุณหภูมิห้องจึงทำการวิเคราะห์น้ำในแต่ละกลุ่มการทดสอบ กลุ่มละ 3 ข้ว เปรียบเทียบค่าปริมาณสารเอนโดซัลแฟนระหว่างกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ one way ANOVA และ T-test

ผล

จากผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครและปทุมธานีที่เอกชนส่งตรวจในปี พ.ศ. 2546 จำนวน 32 ตัวอย่าง ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเพียงชนิดเดียว คือ สารเอนโดซัลแฟนในรูปของสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟต (endosulfan sulfate) ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำดังกล่าว โดยน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา ทุกตัวอย่าง ตรวจพบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในช่วง 0.02 - 0.11 ไมโครกรัมต่อลิตร และน้ำประปา ตรวจพบปริมาณของสารเอนโดซัลแฟนในช่วง <0.01 - 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร มีอัตราการ

ตรวจพบ ร้อยละ 95.4 ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเอนโดซัลแฟนปนเปื้อนในน้ำประปา กับน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา มีค่าประมาณ 0.05 และ 0.06 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา กับน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา พบว่า ค่าเฉลี่ย

ของปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบว่าปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา กับน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันมีค่าเท่ากับ 0.69

ตารางที่ 1 ปริมาณสารเอนโดซัลแฟนปนเปื้อนในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา

ชนิด/จำนวนตัวอย่างน้ำ	ปริมาณสารเอนโดซัลแฟน (ไมโครกรัมต่อลิตร)		อัตราการตรวจพบ (%)
	ค่าเฉลี่ย \pm SD	ต่ำสุด - สูงสุด	
น้ำประปา/16	0.05 \pm 0.04	<0.01 - 0.15	95.4
น้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา/16	0.06 \pm 0.03	0.02 - 0.11	100.0

หมายเหตุ : ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา กับน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา มีค่าเท่ากับ 0.69 ที่ระดับ $\alpha = 0.01$

สำหรับปี พ.ศ. 2547 ได้สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานคร 15 เขต ตรวจพบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา 13 เขต โดยปริมาณการปนเปื้อนที่ตรวจพบอยู่ในช่วง <0.01 - 0.06 ไมโครกรัมต่อลิตร รายละเอียดในตารางที่ 2 และได้สุ่มตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำประปาจากจังหวัดต่างๆ 15 จังหวัด จังหวัดละ 1 ตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน พบว่า น้ำประปาบางจังหวัดตรวจพบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟน ดังนี้ ภาคใต้ จังหวัดตรังตรวจไม่พบการปนเปื้อน ในขณะที่จังหวัดสงขลาตรวจพบการปนเปื้อน น้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ภาคตะวันออกเฉยงเหนือ จังหวัดนครราชสีมาตรวจไม่พบการปนเปื้อน ในขณะที่จังหวัดขอนแก่นตรวจพบการปนเปื้อน

น้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ภาคกลาง จังหวัดชลบุรีตรวจไม่พบการปนเปื้อน ในขณะที่จังหวัดสมุทรสงครามตรวจพบการปนเปื้อนน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร และภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ตรวจไม่พบการปนเปื้อน ในขณะที่จังหวัดพิษณุโลกตรวจพบการปนเปื้อน 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร และตัวอย่างน้ำประปาที่สุ่มเก็บจาก 7 จังหวัดที่เป็นทางผ่านของแม่น้ำปิงและแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า ตัวอย่างน้ำประปาจากจังหวัดตาก นครสวรรค์ ชัยนาท พระนครศรีอยุธยา ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน แต่ตัวอย่างน้ำประปาจากจังหวัดปทุมธานี นนทบุรี และสมุทรปราการ ตรวจพบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟน ปริมาณ 0.03, 0.05 และ 0.06 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณสารเอนโดซัลแฟนปนเปื้อนในน้ำประปาเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่าง ๆ

ตัวอย่างน้ำประปาใน กรุงเทพมหานคร เขต	ปริมาณสาร เอนโดซัลแฟน (ไมโครกรัมต่อลิตร)	ตัวอย่างน้ำประปาจาก จังหวัดต่าง ๆ	ปริมาณสาร เอนโดซัลแฟน (ไมโครกรัมต่อลิตร)
บางรัก	0.04	เชียงใหม่	ND
คลองเตย	0.06	พิษณุโลก	0.02
พญาไท	<0.01	ตาก	ND
สามเสน	0.02	นครสวรรค์	ND
บางเขน	0.05	ชัยนาท	ND
ลาดพร้าว	0.05	พระนครศรีอยุธยา	ND
มีนบุรี	0.04	ปทุมธานี	0.03
พระโขนง	0.02	นนทบุรี	0.05
บางนา	0.05	สมุทรปราการ	0.06
บางขุนเทียน	0.05	สมุทรสงคราม	<0.01
คลองสาน	0.01	ชลบุรี	ND
ราษฎร์บูรณะ	0.02	นครราชสีมา	ND
บางพลัด	ND	ขอนแก่น	<0.01
ตลิ่งชัน	<0.01	ตรัง	ND
ทวีวัฒนา	ND	สงขลา	<0.01
ปริมาณที่ตรวจพบ ต่ำสุด-สูงสุด	<0.01 - 0.06	ปริมาณที่ตรวจพบ ต่ำสุด-สูงสุด	<0.01 - 0.06
ปริมาณเฉลี่ย \pm SD	0.03 \pm 0.02	ปริมาณเฉลี่ย \pm SD	0.02 \pm 0.02

หมายเหตุ : ND คือ ตรวจไม่พบ โดย limit of detection ของวิธีมีค่าเท่ากับ 0.003 ไมโครกรัมต่อลิตร

ในการควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์พบว่า ร้อยละของการกลับคืน (% recovery) ของสารเอนโดซัลแฟนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แอลฟา-และเบตา-เอนโดซัลแฟน และเอนโดซัลแฟนซัลเฟต ที่ระดับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร อยู่ในช่วง 80 - 120 (N=3) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (% CV) ในการทำซ้ำ มีค่าในช่วง 4.4 - 7.3 (N=3)

เมื่อศึกษากรรมวิธีการลดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาโดยเปรียบเทียบวิธีการกรองและการต้ม พบว่า ปริมาณสารเอนโดซัลแฟนปนเปื้อนในน้ำประปาก่อนและหลังต้มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะนี้น้ำประปาเมื่อผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองน้ำทั้ง 3 ระบบ พบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนของสาร

เอนโดซัลแฟนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 3 โดยน้ำประปา ก่อนและหลังผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองระบบ 2 คอลัมน์ที่ประกอบด้วย activated carbon และ softener ตรวจพบการปนเปื้อนสารเอนโดซัลแฟน 0.05 และ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำประปาที่ปนเปื้อนสารเอนโดซัลแฟน 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร ผ่านการกรอง

ด้วยระบบ 3 คอลัมน์ที่ประกอบด้วย filters, activated carbon และ ion exchange resin ตรวจพบสารเอนโดซัลแฟนลดลงเหลือน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำประปาที่พบการปนเปื้อนที่ 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากผ่านการกรองด้วยระบบ reverse osmosis ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนที่ limit of detection เท่ากับ 0.003 ไมโครกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 3 ปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา ก่อนและหลังผ่านกรรมวิธีการกรองและการต้ม

รายละเอียดน้ำประปาและกรรมวิธีการจัดการ	ปริมาณสารเอนโดซัลแฟน (ไมโครกรัมต่อลิตร), n=3	
	ไม่ผ่านการต้ม	ผ่านการต้ม
น้ำประปา 1	0.050	0.050
น้ำประปา 1 กรองผ่าน activated carbon และ softener*	0.01	0.01
น้ำประปา 2	0.030	0.030
น้ำประปา 2 กรองผ่าน filters, activated carbon และ ion exchange**	<0.01	<0.01
น้ำประปา 3	0.04	0.04
น้ำประปา 3 กรองผ่านระบบ filters, activated carbon และ reverse osmosis [†]	ND	ND

หมายเหตุ : ND คือ ตรวจไม่พบ โดย limit of detection ของวิธีมีค่าเท่ากับ 0.003 ไมโครกรัมต่อลิตร

* เครื่องหมายการค้า SAHE, ** เครื่องหมายการค้า PURE, [†] เครื่องหมายการค้า MILLPORE

วิจารณ์

จากการวิเคราะห์น้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา เขตกรุงเทพมหานครและปทุมธานี ของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร พ.ศ. 2546 ที่ตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชถึง 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส กลุ่มคาร์บาเมตและกลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ พบว่า ตัวอย่างน้ำดังกล่าวมีการปนเปื้อนเฉพาะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเพียงชนิดเดียว คือ สารเอนโดซัลแฟนที่อยู่ในรูปสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟต ซึ่งเป็นสารหลักที่เกิดจากการสลายตัวของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำและดินที่ยังคงคุณสมบัติในการ

เป็นสารกำจัดแมลง⁽¹⁾ และเมื่อการเปรียบเทียบปริมาณของสารเอนโดซัลแฟนเฉลี่ยที่ตรวจพบในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยานั้น พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบว่าปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปากับน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนทั้งในน้ำประปาและน้ำแม่ น้ำเจ้าพระยา โดยการปนเปื้อนในน้ำประปานั้นน่าจะมาจากแหล่งน้ำดิบแม่ น้ำเจ้าพระยาที่มีการปนเปื้อนของสารดังกล่าว เมื่อพิจารณาค่ามาตรฐานของเอนโดซัลแฟนในน้ำบริโภค พบว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในประเทศไทยซึ่งอ้างอิงคำแนะนำ

ขององค์การอนามัยโลก⁽⁷⁾ และมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค (น้ำประปา) ของ U.S.EPA⁽⁸⁾ ไม่ได้กำหนดปริมาณการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟน แต่พบว่า มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคของประเทศออสเตรเลีย ได้กำหนด guideline value ของสารเอนโดซัลแฟน 0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร⁽⁹⁾ และค่ามาตรฐานของ European Drinking Water Standard ที่ไม่ได้ระบุชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช แต่กำหนดปริมาณสูงสุดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดใด ๆ ที่ตรวจพบแต่ละสารต้องไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร⁽¹⁰⁾ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำประปาที่ตรวจในปี พ.ศ. 2546 พบว่ามีการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนเกินค่ากำหนดร้อยละ 31 และร้อยละ 6 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างน้ำประปาที่สุ่มเก็บในปี พ.ศ. 2547 พบปริมาณการปนเปื้อนสารเอนโดซัลแฟนเกินค่ากำหนดของประเทศออสเตรเลีย ร้อยละ 10 แต่ปริมาณการปนเปื้อนในทุกตัวอย่างดังกล่าวไม่เกินค่ามาตรฐานของ European Drinking Water Standard และสถานการณ์การปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาโดยรวมจากจังหวัดที่เป็นตัวแทนภาคต่างๆ พบว่า อัตราการตรวจพบและปริมาณการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในน้ำประปามีน้อยมากในภาคต่างๆ ยกเว้นภาคกลางในส่วนจังหวัดที่อยู่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี นนทบุรี สมุทรปราการ และกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ อาจเกิดจากการใช้สารเอนโดซัลแฟนกับผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวแล้วมีการปนเปื้อนเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา หรืออาจเกิดการสะสมจากการใช้สารดังกล่าวตามเส้นทางน้ำทำให้แหล่งน้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีการปนเปื้อนในระดับที่สูงกว่าเมื่อนำน้ำดังกล่าวมาผลิตเป็นน้ำประปาจึงทำให้ตรวจพบการปนเปื้อนในระดับที่สูงกว่าบริเวณอื่น

ในการประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคน้ำประปา เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปลอดภัยขององค์การอนามัยโลก (WHO's Acceptable Daily Intake, ADI) ซึ่งกำหนดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนมีค่าเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน⁽¹¹⁾ หากผู้บริโภคที่มีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัมดื่มน้ำประปาที่มีสารเอนโดซัลแฟน 0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร วันละประมาณ 2 ลิตร (ประมาณ 8 แก้ว) จะรับสารเอนโดซัลแฟน 0.006 ไมโครกรัมต่อวัน และถ้ากำหนดเกณฑ์การได้รับสารเอนโดซัลแฟนจากการบริโภคน้ำไม่ควรเกิน 10% ของค่า ADI ซึ่งมีค่า 0.6 ไมโครกรัมต่อวัน จะเห็นว่าผู้บริโภคยังคงได้รับปริมาณสารดังกล่าวน้อยกว่าค่าปลอดภัยถึง 100 เท่า แต่อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ศึกษาการลดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาโดยเปรียบเทียบกรรมวิธีการกรองและการต้ม พบว่าการต้มที่ 100 องศาเซลเซียส ไม่สามารถลดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนซัลเฟตได้ ในขณะที่น้ำผ่านการกรองมีปริมาณการปนเปื้อนลดลง เนื่องจากสารนี้สามารถถูกจับรวมได้ดีด้วย activated carbon⁽¹¹⁾ ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ เช่น กลิ่น สี สารประกอบอินทรีย์ และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และ anion exchange resin ที่คุณสมบัติเป็นประจุบวกจับสารไนเตรต ซัลเฟต และ ฟลูออไรด์⁽¹²⁾ แต่ resin ที่ใช้ใน softener เพื่อการลดความกระด้างของน้ำมักจะเป็นชนิด cation exchange resin ที่คุณสมบัติเป็นประจุลบ ดังนั้น เครื่องกรองน้ำที่มี activated carbon และ anion exchange resin นั้นจะสามารถลดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาได้ ส่วนการกรองระบบ reverse osmosis นั้น นอกจากจะมีส่วนประกอบข้างต้นแล้ว ยังมีการใช้เยื่อเลือกผ่าน (membrane) ที่มีความจำเพาะในการแยกโมเลกุลน้ำออกมาให้เป็นน้ำบริสุทธิ์โดย

อาศัยแรงดันผลักดันโมเลกุลน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่านดังกล่าว⁽¹²⁾ แต่จากผลการทดลองในครั้งนี้ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองแต่ละระบบในการลดปริมาณสารเอนโดซัลแฟนได้ เนื่องจากแหล่งน้ำประปาและปริมาณการปนเปื้อนของสารในน้ำประปาที่ใช้มีความแตกต่างกัน รวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำยังขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษา การล้างหรือเปลี่ยนไส้กรองตามกำหนดเวลาอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคไม่ควรวิตกกังวลเพราะน้ำที่เหมาะสมต่อการบริโภคนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำบริสุทธิ์สูงที่ได้จากการกลั่นหรือการกรองด้วยระบบ reverse osmosis ดังกล่าว เพียงแต่มีคุณภาพตามเกณฑ์คุณภาพน้ำบริโภคก็เพียงพอที่จะใช้บริโภคได้ด้วยความปลอดภัย

จากผลการศึกษา ถึงแม้ว่าการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำประปาจะอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคของคนในระดับสูง แต่ระดับการปนเปื้อนดังกล่าวในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจมีผลต่อสัตว์น้ำได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเอนโดซัลแฟนในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาที่พบในปี พ.ศ. 2546 กับ Lethal Concentration 50% (LC₅₀) ของสารเอนโดซัลแฟนต่อสัตว์น้ำบางชนิด เช่น กุ้งโตเต็มวัย มีค่า LC₅₀ 0.2 ไมโครกรัมต่อลิตร และปลา มีค่าระหว่าง 0.67 – 14.7 ไมโครกรัมต่อลิตร⁽¹⁾ การปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาที่พบปริมาณ 0.02 – 0.11 ไมโครกรัมต่อลิตร นั้นอาจมีผลกระทบต่อความอยู่รอดของสัตว์น้ำบางชนิด ซึ่งจะส่งผลต่อระบบนิเวศในแม่น้ำเจ้าพระยาได้ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ากรมวิชาการเกษตรได้เสนอให้มีการยกเลิกการนำเข้าและการขึ้นทะเบียนการใช้เอนโดซัลแฟนในประเทศไทย และปัจจุบันได้มีการออกประกาศควบคุมสารเอนโดซัลแฟนฉบับล่าสุด ตามประกาศ

กระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องบัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2547 ลงวันที่ 30 กันยายน 2547 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 19 ตุลาคม 2547 แล้วก็ตาม แต่ผู้เกี่ยวข้องทั้งเกษตรกรและนักวิชาการต่าง ๆ ควรร่วมมือช่วยกันหาทางแก้ไขและป้องกันอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้ระดับการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณสูงขึ้น

สรุป

จากผลงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า มีการตรวจพบการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเอนโดซัลแฟนในน้ำประปา โดยสาเหตุน่าจะมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบการผลิตน้ำประปามีการปนเปื้อนด้วยสารดังกล่าว แต่สถานการณ์การปนเปื้อนที่ตรวจพบในน้ำประปาทั้งในส่วนภูมิภาคและกรุงเทพมหานครนั้นยังอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคในระดับสูง และสารเอนโดซัลแฟนสามารถถูกกำจัดออกไปได้โดยการกรองด้วย activated carbon หรือ ion exchange resin บางชนิด แต่อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดแมลงเอนโดซัลแฟนในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศทางน้ำ และปนเปื้อนเข้าห่วงโซ่อาหารแล้วสามารถส่งผลกระทบต่อย้อนกลับถึงผู้บริโภคได้อีกทางหนึ่ง ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ควรช่วยกันหาทางแก้ไขและป้องกันก่อนที่ระดับการปนเปื้อนของสารเอนโดซัลแฟนในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีในปริมาณสูงและขยายวงกว้างมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety: Environmental Health Criteria 40 Endosulfan. Geneva: WHO; 1984. p.14, 19, 33.

2. สำนักควบคุมพืชและผลิตภัณฑ์เกษตร กรมวิชาการเกษตร. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2544 - 2546.
3. กรมวิชาการเกษตร. โครงการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการใช้เอนโดซัลแฟน ข้าวสารวัดภูมิพิษ 2543; 27: 36-41.
4. ปรีชา ฉัตรสันติประภา, พูลสุข หฤทัยธนาสันดี. ศึกษาการแพร่กระจายของสารเอนโดซัลแฟนในลุ่มแม่น้ำที่ผ่านเขตนาน้ำท่วม ข้าวสารวัดภูมิพิษ 2543; 27: 3-14.
5. Environmental Protection Agency (US). Method 608-Organochlorine and PCBs. Washington, (DC): EPA; 1984. (40 CFR Part 136, 43321; Federal Register 49, No. 209)
6. Macovi CM and McMahon BM editors. Pesticide Analytical Manual. 3rd ed. U.S. Food and Drug Administration, 1994. p.303-12. (vol.1)
7. กองควบคุมคุณภาพน้ำประปา การประปานครหลวง. มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง Available at <http://www.mwa.co.th/~ppqcdept/waterq/waterstd.html>. Accessed march 20, 2005.
8. Environmental Protection Agency (US). Water on Tap: A Consumer's Guide to the Nation's Drinking Water. Washington, (DC) : EPA; 1988.
9. National Health and Medical Research Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. National Water Quality Management Strategy; Australian Drinking Water Guidelines. Canberra Act, Australia: NHMRC; 1996. (PDF Version)
10. Commission of European Communities. Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. 1998.
11. Tomlin C., editor. The pesticide manual: incorporating the agrochemicals handbook. 10th ed. Bath, UK: Bath press, 1994. p. 389.
12. Environmental Protection Agency (US) region 5 and Agricultural & Biological Engineering Department, Purdue University. Ground Water Primer: Treatment device for known contaminations: 1998. Available at <http://www.epa.gov/seahome/groundwater/src/treata.html>. Accessed March 20, 2005.

Contamination of Tap Water by Endosulfan Insecticide

Wischada Jongmevasna and Ratiyakorn Chaipolgnam

Bureau of Quality and Safety of Food, Department of Medical Sciences, Tiwanon Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT Endosulfan is one of major insecticides used in Thailand, which may cause water contamination problem. In 2003, 32 water samples were analyzed for pesticide residues in Bureau of Quality and Safety of Food. The results showed that all water samples from Chaopraya river were found endosulfan contamination in the range of 0.02 – 0.11 µg/L and 95% of tap water samples were also found in the range of <0.01 – 0.15 µg/L. Moreover, the amount of endosulfan contaminated in both tap water and Chaopraya river water showed statistically related ($p < 0.01$). It could be said that endosulfan contaminated in tap water came from its contamination in raw water, Chaopraya river. In January – April 2004, each 15 samples of tap water from 15 different areas of Bangkok and that of 15 provinces were collected and analyzed for organochlorine pesticide residues. Thirteen and 7 samples were found endosulfan in the range of <0.01 – 0.06 µg/L. However, the level of endosulfan contaminated in tap water was certainly safe for drinking based on WHO's Acceptable Daily Intake, ADI. In addition, endosulfan residue in tap water could be removed by activated carbon filtration though it was stable to heat after boiling at 100°C.

Key words : Endosulfan, Organochlorine insecticide, Tap water