

การปนเปื้อนและผลกระทบของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม

Contamination and Effect of Pharmaceutical Products in Environment

ฐาปกรณ์ คำหอมกุล¹

Thapakorn Kumhomkul¹

¹คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

¹School of Public Health, Eastern Asia University

Received: March 3, 2020

Revised: June 21, 2020

Accepted: June 26, 2020

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ยาถูกพบว่าการปนเปื้อนและการสะสมอยู่ในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ดิน และสิ่งมีชีวิต ซึ่งแหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม คือ น้ำเสียที่มีผลิตภัณฑ์ยาปนเปื้อนจากโรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือนและโรงพยาบาล และของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ยาที่ถูกกำจัดอย่างไม่เหมาะสม การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมประกอบไปด้วย (1) การดื้อยาของเชื้อโรค (Antimicrobial Resistance--AMR) (2) การเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศ (3) การเปลี่ยนแปลงของสรีรวิทยาและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต และ (4) ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ดังนั้นการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมกลายเป็นปัญหาที่เพิ่มความกังวล และจำเป็นต้องแก้ไขอย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ : การปนเปื้อน, ผลกระทบ, ผลิตภัณฑ์ยา, สิ่งแวดล้อม

Abstract

The contamination and accumulation of pharmaceutical products in the environment are commonly found in surface water, groundwater, soil, and organisms. The sources of pharmaceutical products in the environment are wastewater contaminated with drugs from industrial factories, households, and hospitals. These pharmaceutical wastes have been inaccurately eliminated. The impact of pharmaceutical products in the environment included (1) Antimicrobial Resistance--AMR, (2) the ecosystem changes, (3) the changes of physiology and behavior of organisms and (4) human health impacts. Thus, the contamination of pharmaceutical products in the environment has become a problem of increasing concern and must rapidly improve.

Keywords: contamination, effect, pharmaceuticals products, environment



บทนำ

ผลิตภัณฑ์ยา คือ หนึ่งในปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพื่อใช้ในการรักษาอาการเจ็บป่วยและโรคที่เกิดขึ้นในอดีต ผลิตภัณฑ์ยาสำหรัการรักษาโรคถูกปรุงหรือผลิตขึ้นมาจากพืชสมุนไพร รวมไปถึงสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น เชื้อสัตว์ และแร่ธาตุต่าง ๆ เป็นต้น และมีการพัฒนากลายเป็นระบบการแพทย์พื้นบ้าน (Chuntum & Kamlangluea, 2017) แต่เมื่อประชากรของโลกมีจำนวนมากขึ้น ประกอบกับเชื้อโรคหรือโรคบางชนิดมีความสามารถต้านทานการรักษาด้วยสมุนไพรเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยาขึ้นด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ยาที่มีประสิทธิภาพในการรักษาโรคมากขึ้น นอกจากนี้ในปัจจุบันค่านิยมเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพกำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้ธุรกิจด้านอุตสาหกรรมยาและอาหารเสริมมีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อุตสาหกรรมยาในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก มีมูลค่าตลาดอยู่ที่ประมาณ 177,000 ล้านบาท และความต้องการด้านผลิตภัณฑ์ยาและอาหารเสริมยังคงเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะความต้องการภายในประเทศ จึงทำให้มีการเร่งผลิต ผลิตภัณฑ์ยาเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (Tang Aon, 2019) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการผลิตผลิตภัณฑ์ยาเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อ

การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียบางระบบไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการกำจัดผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในน้ำเสียได้ จึงส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนและตกค้างของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าการตกค้างและการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาอยู่ในน้ำผิวดิน น้ำทิ้ง และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ (Kuster & Adler, 2014; Wangkiat, 2018) นอกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม ยังสามารถแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดเพิ่มเติมได้อีก 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดหลัก และแหล่งกำเนิดรองซึ่งแหล่งกำเนิดหลักของการปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม คือ น้ำเสียและน้ำทิ้งที่มาจากบ้านเรือน ชุมชน และโรงพยาบาล สำหรับแหล่งกำเนิดรองประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม และน้ำชะขยะจำพวกผลิตภัณฑ์ยาจากหลุมฝังกลบขยะชุมชน (Al-Odaini et al., 2013; Sim et al., 2011)

ปัญหาเกี่ยวกับการตกค้างและการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาเป็นปัญหาที่มีความสำคัญในระดับโลก จึงทำให้หลายประเทศมีการศึกษาเกี่ยวกับประเด็นการตกค้างของผลิตภัณฑ์ยาในน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และน้ำดื่มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการรวบรวมและศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่า สารจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ยาที่พบตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ

(1) สารในกลุ่มปฏิชีวนะ เช่น ซัลฟาเมทอกซาโซน (Sulfamethoxazole) และไตรเมโทพริม (Trimethoprim) (2) สารบรรเทาอาการของต่อมไร้ท่อ เช่น เอสโตรน (Estrone) และ 17 เบต้า-เอสตราไดออล (17 Beta-Estradiol) และ (3) สารในกลุ่มผลิตภัณฑ์ยาอื่น ๆ เช่น ไดโคลฟีแนค (Diclofenac) ไบรูโพรเฟน (Ibuprofen) และ พาราเซตามอล (Paracetamol) เป็นต้น โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมจะอยู่ในช่วง 0.1–10 ไมโครกรัมต่อลิตร (Kuster & Adler, 2014; Weber et al., 2014; Zsuzsanna et al., 2012) ผลิตภัณฑ์ที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ยังส่งผลกระทบต่อทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อน เช่น ทำให้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเกิดภาวะดื้อยาปฏิชีวนะ เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของปลา ซึ่งเป็นผลกระทบจากยาที่มีสารบรรเทาอาการของต่อมไร้ท่อ และการเปลี่ยนแปลงและความผิดปกติวิญญูของสัตว์น้ำบางชนิด หรือเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Huerta et al., 2018; Miller et al., 2018; Patneedi & Prasadu, 2015; Zsuzsanna et al., 2012)

อย่างไรก็ตามการศึกษาและข้อมูลเกี่ยวกับการตกค้างของยาในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ยังมีอยู่น้อยมาก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจาย การสะสม และผลกระทบของสารในกลุ่มผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการแก้ไข หรือวางมาตรการเพื่อป้องกันการแพร่กระจายและการสะสมของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม ตลอดจนนำข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบจากการตกค้างของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมมาใช้เป็นแนวทางในการป้องกันตนเองอีกด้วย

ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์ยา

นิยามของผลิตภัณฑ์ยา

ผลิตภัณฑ์ยาเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่จำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ มีผู้ให้นิยามของผลิตภัณฑ์ยาไว้หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปความหมายของผลิตภัณฑ์ยาได้ว่า ผลิตภัณฑ์ยา หรือยา หมายถึง วัตถุ หรือ สารใด ๆ หรือส่วนผสมของสารที่ใช้ในการวินิจฉัย การบำบัด การบรรเทา การรักษา การป้องกันโรค และการเจ็บป่วยของคน หรือสัตว์

รวมถึงเภสัชเคมีภัณฑ์หรือเภสัชเคมีภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป ทั้งนี้ สารหรือวัตถุเหล่านี้ต้องมีลักษณะเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดไว้ (Frisina, 2015; Kieongarm, & Songthap, 2019; Toklu et al., 2019)

ประเภทของผลิตภัณฑ์ยา

ผลิตภัณฑ์ยาสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ถูกนำมาใช้ในการแบ่ง เช่น การใช้แหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์ยาเป็นเกณฑ์ จะแบ่งยาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ยาสมุนไพร และยาสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ที่นิยมนำมาใช้ในการแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ยามากที่สุด คือ การใช้พระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 เป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ยาออกเป็น 11 ประเภท ตัวอย่าง เช่น

1. ยาแผนปัจจุบัน คือ ผลิตภัณฑ์ยาที่ใช้ในการรักษาโรคแผนปัจจุบันทั้งคนและสัตว์ เช่น ยาพาราเซตามอล และยาไอบูโพรเฟน เป็นต้น
2. ยาแผนโบราณ คือ ผลิตภัณฑ์ยาที่ใช้ในการรักษาโรคแผนโบราณของคนและสัตว์ ซึ่งต้องอยู่ในตำรายาแผนโบราณที่กฎหมายกำหนดไว้
3. ยาสามัญประจำบ้าน คือ ผลิตภัณฑ์ยาทั้งแผนปัจจุบันและแผนโบราณที่รัฐมนตรีประกาศเป็นยาสามัญประจำบ้าน
4. ยาสมุนไพร คือ ผลิตภัณฑ์ยาที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น พืช สัตว์ และแร่ธาตุ ซึ่งจะต้องไม่มีการผสมปรุง หรือแปรรูปไปจากเดิม

สำหรับผลิตภัณฑ์ยาประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ในตัวอย่าง ได้แก่ ยาอันตราย ยาควบคุมพิเศษ ยาใช้ภายนอก ยาใช้เฉพาะที่ ยาบรรจุเสร็จ เภสัชเคมีภัณฑ์ และเภสัชเคมีภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป (Office of the Council of State, 2019)

มูลค่าการใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ยาในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ยามีการเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก โดยกลุ่ม

อุตสาหกรรมยาที่มีขนาดตลาดใหญ่เป็นอันดับที่ 2 ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Tang Aon, 2019) ซึ่งสอดคล้องต่อความต้องการการใช้ยาของคนในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น โดยพบว่าค่าใช้จ่ายด้านผลิตภัณฑ์ยาของประเทศไทยมีมูลค่าอยู่ที่ 140,000 ล้านบาท หรือร้อยละ 24 ของการใช้จ่ายด้านสุขภาพและมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (Academic Monitoring and System Development Center for Medicine, 2018)

การปนเปื้อนของสารในกลุ่มผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์ยาเป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการรักษาโรคและทำให้มนุษย์มีสุขภาพอนามัยที่แข็งแรง แต่การจัดการกับยาอย่างไม่ถูกวิธีจะส่งผลให้ยาหรือสารผสมต่าง ๆ ที่อยู่ในยาเกิดการปนเปื้อนไปสู่สิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น ดังนั้นจึงควรศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด การแพร่กระจาย และการสะสมของยาในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

แหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม

จากภาพ 1 จะเห็นได้ว่าแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของยาในสิ่งแวดล้อมมีอยู่ 4 แหล่งกำเนิดหลักด้วยกัน คือ

1. โรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา เป็นแหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาจะผ่านทางระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่สามารถกำจัดสารของผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในน้ำเสียได้อย่างสมบูรณ์ จึงทำให้มีสารเหล่านี้เกิดการตกค้างในน้ำทิ้งที่ระบายสู่น้ำผิวดิน และแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป (Chitescu et al., 2016; Wangkiat, 2018)

2. คร้วเรือน หรือ บ้านเรือน เป็นแหล่งกำเนิดที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของยาในสิ่งแวดล้อมที่มักถูกมองข้ามไป การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเภสัชจลนศาสตร์ของร่างกาย ซึ่งเป็นกระบวนการที่ร่างกายของมนุษย์มีปฏิกิริยาต่อยาที่รับเข้าสู่ร่างกาย ประกอบไปกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่

กระบวนการดูดซึมยาเข้าสู่ร่างกาย กระบวนการแพร่กระจายของยาไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของยาและกระบวนการกำจัดยาและสารที่ถูกเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เรียกว่า สารเมแทบอไลต์ (Metabolite) ออกจากร่างกาย ผ่านทางปัสสาวะและอุจจาระ ซึ่งยาและสารเมแทบอไลต์ในปัสสาวะและอุจจาระจะตกค้างอยู่ในน้ำเสียของบ้านเรือน และถูกระบายเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของท้องถิ่น หรือลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนของยาในสิ่งแวดล้อม (Jiamboonsri, 2019; Wangkiat, 2018)

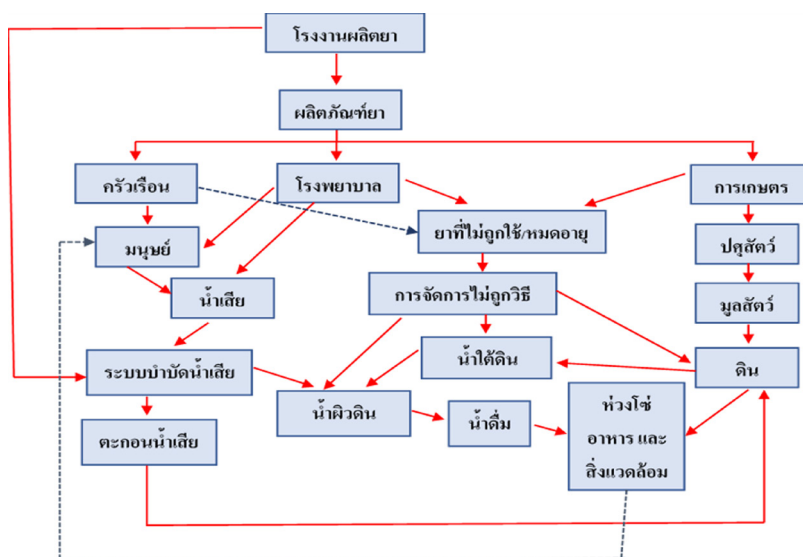
นอกจากนั้นการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมจากบ้านเรือนยังมาจากการจัดการยาเหลือใช้และยาที่หมดอายุ โดยวิธีการทิ้งลงถังขยะทั่วไป การทิ้งในป่า และแหล่งน้ำ และการฝังกลบลงในดินอีกด้วย (Chiarello et al., 2016; Poophalee et al., 2018)

3. โรงพยาบาล เป็นแหล่งกำเนิดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับแหล่งกำเนิดประเภทครัวเรือนแต่ปริมาณน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาจะมีปริมาณมากกว่าและมีระบบการจัดการผลิตภัณฑ์ยาที่หมดอายุได้ดีกว่าระบบครัวเรือน แต่อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่ามียาหลายชนิดที่สามารถคงอยู่ในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียแล้ว เช่น งานวิจัยของ Department of Environment Quality Promotion (2016) ได้สรุปผลการศึกษาเกี่ยวกับการตกค้างของผลิตภัณฑ์ยาในน้ำเสียของโรงพยาบาลที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียว่า น้ำเสียที่มีการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่ทำการศึกษามีการตรวจพบผลิตภัณฑ์ยาหลายประเภทตกค้างอยู่ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่น ยาปฏิชีวนะ ยาโรคหัวใจ และยากันชัก เป็นต้น

4. การทำปุ๋ยสัตว์และการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม ผ่านทางของเสียที่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายของสัตว์ เมื่อน้ำของเสียจากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ ไปใช้เป็นปุ๋ยคอกเพื่อปรับปรุงดินสำหรับการปลูกพืช จะทำให้ผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในมูลสัตว์ปนเปื้อนไปสู่ดินปลูก และแพร่กระจายเข้าสู่สะสมอยู่ในพืช และห่วงโซ่อาหารต่อไป (Ebele et al., 2017)

เมื่อผลิตภัณฑ์ยาเหล่านี้ปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จะแพร่กระจายเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ 2 ทาง คือ ผ่านทางการกินอาหารและการดื่มน้ำที่มีผลิตภัณฑ์ยาปนเปื้อน

และผ่านทางสัมผัสสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ยา เช่น ดิน ตะกอนดิน และน้ำในแหล่งน้ำ เป็นต้น



ภาพ 1 แหล่งกำเนิดยาในสิ่งแวดล้อม

Note. Adapted from. “Medicine in the environment: Silent threat” A. Wangkiat, 2018, *Journal Critical Medicine*, 37, 3-7 Copyright 2009 by Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University; “Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment” by A. J. Ebele, M. A. E. Abdallah, and S. Harrad, 2017, *Emerging Contaminants*, 3(1), pp.1-16. Copyright© 2020 by KeAi Communications Co., Ltd. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of KeAi

กลุ่มของผลิตภัณฑ์ยาที่พบในสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจัดเป็น สารมลพิษชนิดหนึ่ง จึงสามารถใช้การแบ่งประเภทตามแบบ สารมลพิษทั่วไป คือ ใช้ลักษณะทางกายภาพและลักษณะ ทางเคมีเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภท หรือใช้ลักษณะ ความเป็นพิษต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่เรียกว่า การปฏิกริยา ของสารพิษต่อสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตเป็นเกณฑ์ เช่น สาร ที่มีพิษต่อระบบหายใจ สารที่มีพิษต่อระบบผิวหนัง และ สารก่อมะเร็ง เป็นต้น (Chaiklieng, 2014) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประเภทของผลิตภัณฑ์ยาเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ประเภท ตัวอย่างเช่น ยาแก้ปวด ยาแก้อักเสบ ยาต้านชัก ยา ปฏิชีวนะ และยากุมกำเนิด เป็นต้น (Patneedi & Prasadu, 2015)

ผลิตภัณฑ์ยาที่พบในสิ่งแวดล้อมมีหลายประเภท ซึ่งจากการสำรวจผลิตภัณฑ์ยาที่พบในระบบนิเวศน้ำของ ประเทศต่าง ๆ ในกลุ่มสหประชาชาติ จะพบยาอยู่ 4 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มยาแก้ปวด กลุ่มยาปฏิชีวนะ กลุ่มฮอร์โมน และ กลุ่มยาอื่น โดยพบว่า ยาที่ถูกตรวจพบมากที่สุดในกลุ่ม ประเทศสหประชาชาติ คือ ยาไดโคลฟีแนค (Diclofenac) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มยาแก้ปวด ตรวจพบใน 50 ประเทศ รองลงมา คือ ยาคาร์บามาซีปีน (Carbamazepine) เป็นยาในกลุ่ม ยาต้านชัก (ตาราง 1) (Aus Der Beek et al., 2016)

สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาการปนเปื้อน ของยาในแม่น้ำบางปะกงซึ่งพบว่า มีการปนเปื้อนของ

ยาในกลุ่มยาปฏิชีวนะ 3 ชนิด คือ ซิโพรฟลอกซาซิน (Ciprofloxacin) นอร์ฟลอกซาซิน (Norfloxacin) และ เตตราซัยคลิน (Tetracycline) (Department of Environment Quality Promotion, 2016)

เส้นทางการแพร่กระจายของยาในสิ่งแวดล้อม

การแพร่กระจายของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม มี 2 เส้นทางหลัก ซึ่งแบ่งตามลักษณะแหล่งกำเนิดของ ผลิตภัณฑ์ยาที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (ภาพ 2) คือ ขยะประเภทผลิตภัณฑ์ยา และน้ำเสียที่มี ผลิตภัณฑ์ยาปนเปื้อน

ขยะประเภทผลิตภัณฑ์ยาและตะกอนน้ำเสียที่มี ยาปนเปื้อนถูกนำไปฝังกลบในหลุมฝังกลบขยะแบบไม่

เหมาะสม จะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารจากผลิตภัณฑ์ยา และน้ำชะขยะ เข้าสู่ดินที่อยู่บริเวณนั้น สารจาก ผลิตภัณฑ์ยา ที่ปนเปื้อนในดินเหล่านี้จะแพร่กระจายไปสู่แหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน และน้ำดื่ม จากนั้นเข้าไปสู่สิ่งมีชีวิตและแพร่ กระจายไปยังห่วงโซ่อาหารในที่สุด

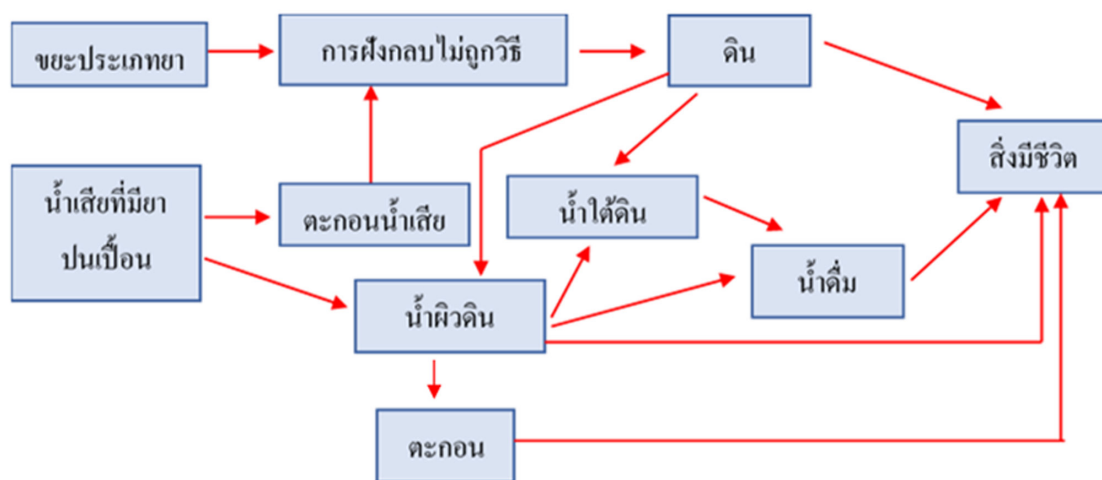
สำหรับผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจะมี ลักษณะการแพร่กระจาย โดยเริ่มจากน้ำเสียที่ผ่านการ บำบัดน้ำเสียแล้ว แต่ยังมีสารจากผลิตภัณฑ์ยาดักค้างอยู่ ในน้ำทิ้ง และเมื่อมีการระบายน้ำทิ้งเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำ ผิวดินจะทำให้เกิดการปนเปื้อนสารจากผลิตภัณฑ์ยาและ จะแพร่กระจายไปยังแหล่งน้ำใต้ดินและน้ำดื่ม สารจาก ผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในแหล่งน้ำจะเข้าไปสะสมอยู่ในสิ่ง มีชีวิตและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร (Ebele et al., 2017; Roig & D'Aco, 2016)

ตาราง 1

กลุ่มผลิตภัณฑ์ยาที่ถูกตรวจพบในระบบนิเวศน้ำของประเทศในกลุ่มสหประชาชาติ

กลุ่มผลิตภัณฑ์ยา	ตัวอย่างยา หรือสารในยาที่พบในระบบนิเวศน้ำ	จำนวนประเทศที่พบ (ประเทศ)
กลุ่มยาแก้ปวด (Analgesics)	Diclofenac	50
	Ibuprofen	47
	Paracetamol	29
กลุ่มฮอร์โมน (Hormones)	Estrone	35
	Estradiol	34
	Estriol	15
กลุ่มยาปฏิชีวนะ (Antibiotics)	Sulfamethoxazole	47
	Trimethoprim	29
	Ciprofloxacin	20
กลุ่มยาอื่นๆ	Carbamazepine (ยากันชัก)	48
	Clofibrilic acid (ยาลดระดับไขมันในเลือด)	23

Note. from “Pharmaceuticals in the environment-Global occurrences and perspectives” by T. Aus der Beek, F. A. Weber, A. Bergmann, S. Hickmann, I. Ebert, A. Hein, and A. Küster, 2016, *Environmental toxicology and chemistry*, 35(4), pp. 823-835. Copyright 2020 by Society of Environmental Toxicology and Chemistry



ภาพ 2 เส้นทางการแพร่กระจายของยาในสิ่งแวดล้อม

Note. Adapted from “Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment” by A. J. Ebele, M. A. E. Abdallah, and S. Harrad, 2017, *Emerging Contaminants*, 3(1), pp.1-16. Copyright © 2020 by KeAi Communications Co., Ltd. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of KeAi; “Distribution of pharmaceutical residues in the environment. Pharmaceuticals in the Environment. Royal Society of Chemistry” by B. Roig and V. D’Aco, 2015, London: United Kingdom.

ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

การปนเปื้อนและตกค้างของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านดังต่อไปนี้

1. การดื้อยาของจุลินทรีย์จากการตกค้างของยาปฏิชีวนะในสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่า สารประกอบของยาปฏิชีวนะมากกว่าร้อยละ 90 สามารถปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งที่ระบายจากระบบบำบัดน้ำเสียได้ โดยยาปฏิชีวนะเหล่านี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีไปจากเดิม เมื่อเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จะทำให้เกิดการทำลายปริมาณ ความหลากหลาย และสังคมของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับพันธุกรรมและยีนของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเกิดการดื้อยา (Patneedi & Prasadu, 2015; Wangkiat, 2018) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Praveenkumarreddy et al. (2020) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *Escherichia coli* (E. coli) ในน้ำเสียโรงพยาบาล พบว่า เชื้อ E. coli ในน้ำเสียโรงพยาบาล

มีความสามารถในการดื้อยาปฏิชีวนะหลายชนิด เช่น ยาแอมพิซิลลิน (Ampicillin) ยาเซฟาโซลิน (Cefazolin) และยาไซโปรฟลอกซาซิน (Ciprofloxacin) เป็นต้น

2. ส่งผลกระทบต่อสัตว์วิทยา ระบบร่างกาย และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต คือ ยาที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะที่ตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสรีรวิทยาระบบร่างกาย และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น ยารักษาโรคซึมเศร้า (Antidepressants) ส่งผลให้พฤติกรรมความก้าวร้าว และการเคลื่อนไหวของปลากัดไทย (Siamese fighting fish, *Betta splendens*) นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการสืบพันธุ์ของปลาซิวหัวโต (Fathead minnow, *Pimephales promelas*) อีกด้วย (Brodin et al., 2014) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dzieweczynski & Hebert (2012) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของยาฟลูออกซิทีน (Fluoxetine) ที่มีต่อพฤติกรรมความก้าวร้าวและการเกี้ยวพาราสีของปลากัดไทย พบว่า ยาฟลูออกซิทีนจะส่งผลให้พฤติกรรมความก้าวร้าวโดยรวมของปลากัดไทยลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อพฤติกรรม

การเกี่ยวพาราสี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการป้องกันอาณาเขตและการจับคู่ นอกจากนั้นการศึกษาผลกระทบของยาพาราเซตามอลที่ตกค้างในน้ำต่อปลา Silver catfish (*Rhamdia quelen*) พบว่า ยาพาราเซตามอลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในตับ มีผลต่อสารพันธุกรรมของเซลล์ตับ ส่งผลต่อการสืบพันธุ์และระบบโลหิตของปลา Silver catfish (Guiloski et al., 2017)

3. ผลกระทบต่อระบบนิเวศ คือ ผลกระทบที่ยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขนาดประชากรโดยสิ่งมีชีวิตบางชนิดอาจเกิดการสูญพันธุ์ และสิ่งมีชีวิตที่ทนทานต่อยาที่ปนเปื้อนจะมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ทำให้ห่วงโซ่อาหารขาดความสมดุลระหว่างจำนวนผู้บริโภคและผู้ผลิตในระบบนิเวศ เนื่องจากการลดลงของประชากรสิ่งมีชีวิตบางชนิด และยังสามารถส่งผ่านยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมไปยังสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร นอกจากนั้นยังทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เพราะมีการปนเปื้อนของยาในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (Brodin et al., 2014; Prichard & Granek, 2016) สอดคล้องกับ Gaw et al. (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแหล่งที่มา ผลกระทบ และแนวโน้มของผลิตภัณฑ์ยาในสภาพแวดล้อมทางทะเลและชายฝั่งทะเล ซึ่งได้สรุปว่า ผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในทะเล อาจส่งผลกระทบต่อสายใยอาหาร (food webs) ของระบบนิเวศทางทะเล โดยแบ่งผลกระทบเป็น 2 แบบ คือ ผลกระทบทางตรงที่มาจากการสะสมทางชีวภาพ (bioaccumulation) ของผลิตภัณฑ์ยาในห่วงโซ่อาหารจนถึงระดับที่เป็นพิษ และผลกระทบทางอ้อมที่มาจากการสูญเสียสายพันธุ์สิ่งมีชีวิตที่สำคัญต่อระบบนิเวศ

4. ผลกระทบต่อมนุษย์ มนุษย์สามารถรับผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมผ่านการบริโภคอาหารและน้ำดื่มที่มีผลิตภัณฑ์ยาปนเปื้อน ซึ่งการได้รับผลิตภัณฑ์ยาที่ปนเปื้อนในอาหาร และน้ำดื่มเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดความเสียหายแบบเฉียบพลันและเรื้อรังกับร่างกาย (Patneedi & Prasadu, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Samarth et al. (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมิน

ความเป็นพิษของยาไซโคลฟอสฟาไมด์ (cyclophosphamide) ต่อสารพันธุกรรมและเซลล์ในเซลล์เม็ดเลือดขาวของมนุษย์ที่เพาะเลี้ยง ซึ่งสรุปผลการศึกษาว่า ไซโคลฟอสฟาไมด์สามารถก่อให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซมซึ่งทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสารพันธุกรรมในเซลล์เม็ดเลือดขาว และมีความเป็นพิษต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวในหลอดทดลองอีกด้วย

สรุป

ผลิตภัณฑ์ยา คือ สิ่งที่ถูกใช้เพื่อบรรเทาและรักษาโรค เพื่อให้สุขภาพของมนุษย์และสัตว์แข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ยาที่สามารถเป็นสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน ถ้าผลิตภัณฑ์ยาเหล่านั้นได้รับการจัดการอย่างไม่ถูกวิธี

แหล่งกำเนิดของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อมมี 4 แหล่ง คือ (1) โรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา ผ่านทางน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต (2) บ้านเรือน ซึ่งเกิดจากการใช้ยาในการรักษาโรคแล้ว ยาเหล่านั้นผ่านกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกายและถูกขับออกมากับปัสสาวะและอุจจาระ รวมไปถึงการจัดการผลิตภัณฑ์ยาที่หมดอายุหรือยาเหลือใช้ที่ไม่ถูกต้อง (3) โรงพยาบาล มีลักษณะคล้ายกับบ้านเรือนและสุดท้าย คือ (4) การเกษตรโดยเฉพาะการทำปุ๋ยสัตว์และการเลี้ยงสัตว์น้ำ สำหรับประเภทของผลิตภัณฑ์ยาที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อมจะแบ่งเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มยาแก้ปวด กลุ่มยาปฏิชีวนะ กลุ่มฮอร์โมน และกลุ่มยาอื่น ๆ

ผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาในสิ่งแวดล้อม คือ ส่งผลทำให้จุลินทรีย์เกิดการดื้อยามากขึ้น ทำให้เกิดความผิดปกติกับสิ่งมีชีวิตทางด้านร่างกาย พฤติกรรมและระบบการทำงานของสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นยังส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศ คือ ทำให้จำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศลดลง ทำให้เกิดความไม่สมดุลของห่วงโซ่อาหาร และมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์อีกด้วย

ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนการจัดการ การ ที่แหล่งกำเนิด การควบคุมที่ทางผ่าน และการควบคุม
ปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ยาโดยประยุกต์มาจากมาตรการ ป้องกันที่ตัวบุคคลหรือผู้รับมลพิษ
และหลักการควบคุมมลพิษในสิ่งแวดล้อม คือ การควบคุม



References

- Academic Monitoring and System Development Center for Medicine. (2018). *Drug system situation report*. Bangkok: Academic Monitoring and System Development Center for Medicine. (in Thai)
- Al-Odaini, N. A., Zakaria, M. P., Yaziz, M. I., Surif, S., & Abdulghani, M. (2013). The occurrence of human pharmaceuticals in wastewater effluents and surface water of Langat River and Its Tributaries, Malaysia. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 93(3), 245-264. doi: 10.1080/03067319.2011.592949
- Aus der Beek, T., Weber, F. A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A., & Küster, A. (2016). Pharmaceuticals in the Environment-Global Occurrences and Perspectives. *Environmental toxicology and chemistry*, 35(4), 823-835. doi: 10.1002/etc.3339.
- Brodin, T., Piovano, S., Fick, J., Klaminder, J., Heynen, M., & Jonsson, M. (2014). Ecological effects of pharmaceuticals in aquatic systems--impacts through behavioural alterations. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 369(1656), 20130580. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0580>
- Chaiklieng, S. (2014). *Toxicology in public health*. Khon Kaen: KKUPrinting House. (in Thai)
- Chiarello, M., Minetto, L., Giustina, S. V. D., Beal, L. L., & Moura, S. (2016). Popular pharmaceutical residues in hospital wastewater: Quantification and qualification of degradation products by mass spectroscopy after treatment with membrane bioreactor. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16079-16089. doi: 10.1007/s11356-016-6766-2.
- Chitescu, C. L., Lupoae, M., & Elisei, A. M. (2016). Pharmaceutical residues in the Environment-New European Integrated Programs required. *REVISTA DE CHIMIE*, 67(5), 1008-1013.
- Chuntum, K. & Kamlanglua, K. (2017). Treatment with herbs and the ancient recipe of Traditional Medicine. *Journal of Medicine and Health Sciences*, 24(2), 48-57. (in Thai)
- Department of Environment Quality Promotion. (2016). *Pharmaceutical and personal care products contamination in Bang Pakong River*. Bangkok: Department of Environment Quality Promotion. (in Thai)
- Dzieweczynski, T. L., & Hebert, O. L. (2012). Fluoxetine alters behavioral consistency of aggression and courtship in male Siamese Fighting fish, *Betta splendens*. *Physiology & behavior*, 107(1), 92-97.

- Ebele, A. J., Abdallah, M. A. E., & Harrad, S. (2017). Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in the Freshwater Aquatic Environment. *Emerging Contaminants*, 3(1), 1-16.
- Frisina, C.J. (2015). Let FDA Regulate Its Own Drugs: An argument for Narcotic control and enforcement under the Risk Evaluation and Mitigation Strategies (REMS). *Loyola Consumer Law Review*, 27(2), 238-283. Available at: <https://lawcommons.luc.edu/lclr/vol27/iss2/3>
- Guiloski, I. C., Ribas, J. L. C., Piacini, L. D. S., Dagostim, A. C., Cirio, S. M., Fávaro, L. F., & de Assis, H. C. S. (2017). Paracetamol causes endocrine disruption and Hepatotoxicity in male Fish *Rhamdia quelen* after subchronic exposure. *Environmental toxicology and pharmacology*, 53, 111-120. doi: 10.1016/j.etap.2017.05.005.
- Huerta, B., Rodriguez-Mozaz, S., Lazorchak, J., Barceloa, C. D., Batt, A., Wathen, J., & Stahl, L. (2018). Presence of pharmaceuticals in fish collected from Urban Rivers in the U.S. EPA 2008-2009 National Rivers and Streams Assessment. *Science of the Total Environment*, 634, 542-549. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.387.
- Jiamboonsri, P. (2019). Pharmacokinetics of Tannins. *Journal of Science Ladkrabang*, 28(1), 1-14.
- Kieongarm, W., & Songthap, A. (2019). The effect of using analgesic drug sets contained with Steroids, non-medical indication. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(1), 27-37. (in Thai)
- Kuster, A., & Adler, N. (2014). Pharmaceuticals in the environment: Scientific evidence of risks and its regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 369(1656), 1-8.
- Miller, T. H., Bury, N. R., Owen, S. F., MacRae, J. L., & Barron, L. P. (2018). A review of the Pharmaceutical Exposome in Aquatic Fauna. *Environmental Pollution*, 239, 129-146.
- Office of the Council of State. (2019). *Medicine Act B.E. 2510*. Retrieved from <http://www.krisdika.go.th/librarian/get?sysid=305008&ext=pdf> (in Thai)
- Patneedi, C. B., & Prasadu, K. D. (2015). Impact of pharmaceutical wastes on human life and environment. *Rasayan Journal of Chemistry*, 8(1), 67-70.
- Poophalee, T., Koonsawat, C., Phuradchaphon, T., & Srisaknok, T. (2018). Explanations and handling of unused medicines in patients with type 2 diabetes and hypertension: A case of a community at Ubon Ratchathani. *Thai Journal of Pharmacy Practice*, 10(1), 3-13. (in Thai)
- Praveenkumarreddy, Y., Akiba, M., Guruge, K. S., Balakrishna, K., Vandana, K. E., & Kumar, V. (2020). Occurrence of Antimicrobial-resistant *Escherichia coli* in Sewage Treatment Plants of South India. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(1), 48-55.
- Prichard, E., & Granek, E. F. (2016). Effects of pharmaceuticals and personal care products on marine organisms: From single-species studies to an ecosystem-based approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(22), 22365-22384.

- Roig, B., & D'Aco, V. (2015). *Distribution of pharmaceutical residues in the environment (pharmaceuticals in the environment)*. London, United Kingdom: Royal Society of Chemistry.
- Samarth, R. M., Khan, T., Srivas, S., Mishra, P. K., & Tiwari, R. R. (2018). Evaluation of Cyclophosphamide-induced Genotoxicity and Cytotoxicity in cultured human lymphocytes. *Journal of Radiation and Cancer Research*, 9(1), 28.
- Sim, W. J., Lee, J. W., Lee, E. S., Shin, S. K., Hwang, S. R., & Oh, J. E. (2011). Occurrence and distribution of pharmaceuticals in wastewater from households, livestock farms, hospitals and pharmaceutical manufactures. *Chemosphere*, 82(2), 179-186.
- Tang Aon, C. (2019). *Pharmaceutical industry*. Retrieved from https://www.gsb.or.th/getattachment/c6c0a8d5-e55c-4cf9-8a55-4ad044905f2b/IN_drug_6_62_detail.aspx (in Thai)
- Toklu, H. Z., Antigua, A., Lewis, V., Reynolds, M., & Jones, J. (2019). Cosmetovigilance: A review of the Current Literature. *Journal of family medicine and primary care*, 8(5), 1540–1545.
- Wangkiat, A. (2018). Medicine in the environment: Silent threat. *Journal Critical Medicine*, 9(37), 3-7. (in Thai)
- Weber, F. A., Beek, T., & Bergmann, A. (2014). *Pharmaceuticals in the environment the global perspective occurrence, effects, and potential cooperative action under SAICM*. Retrieved from https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/pharmaceuticalsin_the_environment_0.pdf
- Zsuzsanna, J. S., Zsuzsanna, G. P., Tunde, J. K., Reka, H., & Istvan, C. (2012). Potential effects of pharmaceuticals and their residues in Aquatic Environment. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad, Seria Stiintele Vietii*, 22(2), 247-255.

