บทที่ 6
การทดลองที่ 4
การตกค้างของออกซิเตตร้าซัยคลินในน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

6.1 บทคัดย่อ

ศึกษาการตกค้างและระยะเวลาการสลายตัวของ OTC ในน้ำและดินตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของการทดลองที่ 3 โดยเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนพื้นบ่อในระหว่างการทดลองโดยการให้อาหารผสม OTC (7 วัน) และหลังจากการหยุดให้อาหารผสม OTC เป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของ OTC ในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยใช้เทคนิค HPLC พบว่าในระหว่างการให้ยาแก่กุ้ง ปริมาณ OTC ในน้ำและดินตะกอนจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างช้า โดยตรวจพบปริมาณ OTC สูงสุดเท่ากับ 0.585 ± 0.127 และ 2.156 ± 0.388 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ หลังจากหยุดการให้ยาแก่กุ้ง เป็นระยะเวลา 10 วัน จึงตรวจไม่พบปริมาณ OTC ในน้ำ ในขณะที่ในดินตะกอนยังคงตรวจพบ OTC ในปริมาณที่สูง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.098 ± 0.098 ส่วนในล้านส่วน) ซึ่งคำนวณค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของ OTC ในน้ำและในดินตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 1.93 ± 0.59 และ 13.57 ± 1.88 วัน ตามลำดับ แสดงว่า OTC ที่ตกค้างในน้ำมีการสลายตัวได้เร็วกว่า OTC ที่สะสมในดินตะกอน เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าครึ่งชีวิตของ OTC ที่ตกค้างในน้ำและในดินตะกอน พบว่ามีความแตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

6.2 บทนำ

จากปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในแหล่งเลี้ยงกุ้งทะเล ทั้งในบ่อเลี้ยงและในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ใช้ในการเลี้ยง ทำให้การเลี้ยงกุ้งทะเลมักจะประสบกับปัญหาการเกิดโรคระบาดสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทยอย่างรุนแรง และเกิดขึ้นบ่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มวิบริโอ และไวรัส (virus) การป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียนั้น เกษตรกรนิยมใช้ยาปฏิชีวนะ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ OTC โดยการผสมกับอาหารสำเร็จรูปในอัตราที่กำหนดตามเอกสารกำกับยา โดยทั่วไปคือ OTC 5 กรัมต่ออาหารเม็ดสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ซึ่งในระยะหลังการให้ OTC ในอัตราดังกล่าวมักจะไม่ค่อยให้ผลในทางรักษาเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียลดลง ซึ่งมีรายงานการศึกษาถึงประสิทธิภาพของ OTC ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด และเกษตรกรนิยมใช้รักษาโรคกุ้งกุลาดำเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเรืองแสงและวิบริโอ พบว่าปริมาณ OTC ที่กำหนดให้ใช้ตามเอกสารกำกับยา คือ OTC 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม นั้นสามารถ

ยับยั้งแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มได้เพียง 9-36 เปอร์เซ็นต์ และ 0-20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เท่านั้น (ลิลา และคณะ, 2540) เมื่อการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียโดยใช้ OTC ในอัตราที่กำหนดไม่ได้ผล เกษตรกรจำนวนมากจึงนิยมเพิ่มปริมาณ OTC ที่ผสมกับอาหารมากกว่า 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ซึ่งระยะหลังก็มักจะไม่ค่อยให้ผลในทางรักษาเท่าที่ควรในหลายแหล่งเลี้ยงเช่นเดียวกัน ทั้งนี้สาเหตุที่สำคัญเนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรียมีการดื้อยา และพัฒนาสายพันธุ์ที่ดื้อยามากขึ้น (Nygaard *et al.*, 1992 ; ลิลา และคณะ, 2539 ; ชัยวุฒิ, 2539 ; สุวรรณา และบริสุทธิ์, 2541) สาเหตุการดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียประการหนึ่งเกิดจากการใช้ยาอย่างพร่ำเพรื่อหรือใช้ยามากเกินไป ทำให้มีการสะสมหรือตกค้างของยาในดินตะกอนบริเวณพื้นบ่อและคลองธรรมชาติ ดังเช่นรายงานการตรวจพบการตกค้างของ OTC ในดินตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งในหลายพื้นที่เลี้ยงกุ้งทางภาคใต้ของประเทศไทย (สุดา และ พิกุล, 2537 ; อุษณีย์ และคณะ, 2538) เนื่องจากการให้ OTC แก่กุ้งโดยวิธีดังกล่าวข้างต้น ปริมาณ OTC ส่วนหนึ่งจะละลายลงสู่แหล่งน้ำ และ/หรือมาจากเศษอาหารผสม OTC ที่เหลือจากกุ้งกินหรือกุ้งขับถ่ายออกมา และตกค้างอยู่ในดินตะกอนซึ่งเป็นแหล่งอาหาร และที่อยู่อาศัยของเชื้อแบคทีเรีย เมื่อมีการสะสมอยู่เป็นระยะเวลานาน จะมีผลกระทบต่อแบคทีเรียในดิน และทำให้เกิดการดื้อยาขึ้นได้

การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงปริมาณการสะสมของ OTC ในน้ำและในดินตะกอนพื้นบ่อในระหว่างการให้อาหารผสม OTC แก่กุ้ง และระยะเวลาการสลายตัวของ OTC ในน้ำ และในดินตะกอนพื้นบ่อ ทั้งนี้เพื่อจะได้หาวิธีป้องกันไม่ให้ OTC ที่ละลายในน้ำ และสะสมในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป

6.3 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาปริมาณของ OTC ในดินตะกอนพื้นบ่อและน้ำในบ่อเลี้ยงกุลาดำ

(2) เพื่อศึกษาระยะเวลาการสลายตัวของ OTC ในดินตะกอนพื้นบ่อและน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

6.4 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

6.4.1 สถานที่ดำเนินการศึกษา

บ่อดินขนาด 1.6 ไร่ จำนวน 2 บ่อ ซึ่งเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ใช้ในการศึกษาการตกค้างของ OTC ในกุ้งกุลาดำ และอยู่ในระหว่างการให้กุ้งกินอาหารผสม OTC ในอัตรา 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 7 วัน

6.4.2 การเก็บตัวอย่าง

6.4.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ ก่อนการเก็บตัวอย่างน้ำ ทำการตรวจวัดคุณภาพของน้ำบางประการ ได้แก่ อุณหภูมิ วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดด้วย pH meter ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) วัดด้วย DO meter และความเค็มของน้ำ วัดด้วย Refractometer แล้วเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 3 จุด/บ่อ โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำแบบ Kitahara ขนาดความจุ 1 ลิตร เก็บน้ำที่ระดับกลางน้ำ (ความลึกประมาณ 0.6 เมตร จากผิวน้ำ) ใส่ขวดสีชาแช่ในน้ำแข็ง แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณ OTC ที่ห้องปฏิบัติการในทันที

6.4.2.2 การเก็บตัวอย่างดิน ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นบ่อ โดยใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 5 จุดต่อบ่อ แล้วนำตัวอย่างดินที่ระดับจากผิวดินลงไป 5 เซนติเมตรของแต่ละจุดมารวมกัน แล้วนำไปใส่ในถุงพลาสติกเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณ OTC ต่อไป

6.4.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

เริ่มเก็บตัวอย่างน้ำและดิน ครั้งแรกในวันก่อนการให้อาหารผสม OTC แก่กุ้ง 1 วัน (วันที่ 0) และเก็บตัวอย่างทุก ๆ วัน ตั้งแต่วันแรกของการให้อาหารผสม OTC จนถึงวันสุดท้ายของการให้อาหารผสม OTC (ให้อาหารผสม OTC 7 วัน) และหลังจากการหยุดให้อาหารผสม OTC เป็นระยะเวลา 14 วัน (ถึงวันก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต)

6.4.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาปริมาณของ OTC ในตัวอย่างน้ำและดินตะกอนโดยใช้เทคนิค HPLC ซึ่งดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ของ Oka และคณะ (1985)

6.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ Least Square Linear Regression ของค่า ln ของความเข้มข้นของ OTC และเวลา หลังจากการหยุดให้อาหารผสมยาแก่กุ้ง และคำนวณค่าครึ่งชีวิตจากสูตร (Xu and Rogers, 1994 ; Uno *et al.*, 1992 ; Baggot, 1977)

$$t_{1/2} = \ln 2/\beta$$

โดยที่ β = อัตราการสลายตัวคงที่ ได้มาจาก negative slope ของ regression line

วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าครึ่งชีวิตการสลายตัวของ OTC ในน้ำ และดินตะกอนพื้นบ่อ ด้วย t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (ธวัชชัย, 2542)

6.5 ผลและวิจารณ์

6.5.1 ปริมาณออกซิเตตร้าซัยคลินในน้ำและดินตะกอน

ปริมาณ OTC ที่ตรวจพบในน้ำบ่อเลี้ยงกุ้ง แสดงในตารางที่ 9 โดยที่เมื่อเริ่มให้อาหารผสมยาแก่กุ้ง สามารถตรวจพบปริมาณ OTC ในน้ำ ในวันที่ 1 ของการให้อาหารผสมยา โดยพบในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (เฉลี่ยเท่ากับ 0.091 $\pm$ 0.062 ส่วนในล้านส่วน) และปริมาณที่ตรวจพบเพิ่มมากขึ้นในวันต่อมา อย่างไรก็ตามปริมาณ OTC ในน้ำที่ตรวจพบไม่สัมพันธ์กับระยะเวลาของการให้ยาที่เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณเปลี่ยนแปลงตั้งแต่วันแรกถึงวันที่ 7 ของการให้ยาอยู่ระหว่าง 0.021 $\pm$ 0.015 - 0.585 $\pm$ 0.127 ส่วนในล้านส่วน และตรวจพบปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 7 ของการให้ยา เท่ากับ 0.585 $\pm$ 0.127 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณของ OTC ในน้ำ หลังจากการหยุดให้อาหารผสมยามีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจไม่พบปริมาณ OTC ในวันที่ 9 หลังจากหยุดให้ยา โดยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณยาที่ตรวจพบอยู่ระหว่าง 0.015 $\pm$ 0.004 - 0.342 $\pm$ 0.161 ส่วนในล้านส่วน

ปริมาณ OTC ในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้ง แสดงในตารางที่ 9 โดยเริ่มตรวจพบในวันที่ 2 ของการให้อาหารผสมยา โดยตรวจพบในปริมาณค่อนข้างต่ำเช่นเดียวกัน และปริมาณที่ตรวจพบเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในวันต่อมาในระหว่างการให้ยา โดยตรวจพบปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 7 ของการให้ยา เท่ากับ 2.156 $\pm$ 0.388 ส่วนในล้านส่วน โดยมีช่วงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.010 $\pm$ 0.003 -2.156 $\pm$ 0.388 ส่วนในล้านส่วน ปริมาณของ OTC ในดินตะกอนหลังจากการหยุดให้ยามีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ โดยที่หลังจากการหยุดให้ยาแล้ว 14 วัน ยังคงตรวจพบปริมาณ OTC ตกค้างในดิน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ OTC ที่ตรวจพบหลังจากการหยุดให้ยาอยู่ระหว่าง 1.005 $\pm$ 0.013 -2.103 $\pm$ 0.228 ส่วนในล้านส่วน

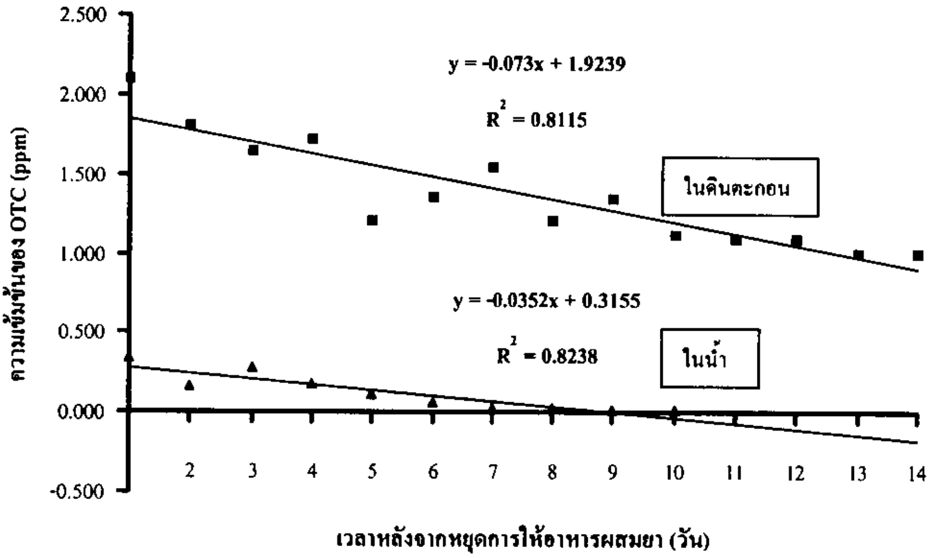
การสลายตัวของ OTC ในน้ำและดินตะกอนหลังจากการหยุดให้ยา แสดงในภาพที่ 6 และตารางที่ 11 โดยที่เมื่อคำนวณค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของ OTC ในน้ำได้ค่า เท่ากับ 1.93 $\pm$ 0.59 วัน และค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของ OTC ในดินตะกอนได้ เท่ากับ 13.57 $\pm$ 1.88 วัน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าครึ่งชีวิตของ OTC ในน้ำและดินตะกอน พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นของ OTC ที่ตรวจพบในน้ำ และดินตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง ก่อนการให้อาหารผสม OTC (วันที่ 0) ในระหว่างการให้อาหารผสม OTC (วันที่ 1-7) และหลังจากการให้อาหารผสม OTC (วันที่ 8-21)

วันที่	ความเข้มข้นของ OTC (ส่วนในล้านส่วน)[1]		หมายเหตุ
	ในน้ำ	ในดินตะกอน	
0	0	0	ก่อนการให้อาหารผสมยา
1	0.091 ± 0.062	0	เริ่มให้อาหารผสมยา
2	0.021 ± 0.015	0.010 ± 0.003	
3	0.241 ± 0.120	0.027 ± 0.012	
4	0.290 ± 0.230	0.303 ± 0.016	
5	0.211 ± 0.159	0.668 ± 0.075	
6	0.392 ± 0.234	1.022 ± 0.221	
7	0.585 ± 0.127	2.156 ± 0.388	วันสุดท้ายของการให้อาหารผสมยา
8	0.342 ± 0.161	2.103 ± 0.228	
9	0.171 ± 0.062	1.811 ± 0.276	
10	0.278 ± 0.360	1.643 ± 0.366	
11	0.180 ± 0.049	1.728 ± 0.277	
12	0.109 ± 0.043	1.104 ± 0.035	
13	0.059 ±0.054	1.356 ± 0.152	
14	0.028 ± 0.005	1.541 ± 0.102	
15	0.022 ± 0.009	1.207 ± 0.042	
16	0.018 ± 0.005	1.351 ± 0.335	
17	0.015 ± 0.004	1.124 ± 0.284	
18	ND	1.098 ± 0.098	
19	ND	1.090 ± 0.129	
20	ND	1.005 ± 0.013	
21	ND	1.010 ± 0.161	

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ)

ND = not detectable



ภาพที่ 7 การสลายตัวของ OTC ในน้ำและดินตะกอนหลังจากหยุดให้อาหารผสมยาแก่กุ้ง

ตารางที่ 11 อัตราการสลายตัวคงที่ และค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของ OTC ในน้ำ และดินตะกอน[1]

ตัวอย่าง	β / วัน	$t_{½}$ (วัน)
น้ำ	-0.376 ± 0.080	1.93 ± 0.590[a]
ดินตะกอนพื้นบ่อ	-0.052 ± 0.005	13.57 ± 1.880[b]

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่มีตัวอักษรตัวยกเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

6.6.2 คุณภาพน้ำบางประการในระหว่างการศึกษา

คุณภาพน้ำบางประการในบ่อเลี้ยงกุ้งในระหว่างการศึกษา แสดงในตารางที่ 11 โดยมีอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลง อยู่ในช่วง 29.0 ± 0.02 -31.6 ± 0.02 องศาเซลเซียส มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 4.67 ± 0.06 – 7.64 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.33 ± 0.03 – 7.89 ± 0.04 และมีค่าความเค็มของน้ำ อยู่ในช่วง 29.5 ± 0.01 –31.4 ± 0.06 ส่วนในพันส่วน

ตารางที่ 12 คุณภาพน้ำบางประการในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระหว่างการศึกษา[1]

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ช่วงการเปลี่ยนแปลง	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
อุณหภูมิ (°C)	29.5 ± 0.01 – 31.6 ± 0.02	29.0 ± 0.02– 31.4 ± 0.03
ความเค็มของน้ำ (พี พี ที)	30.0 ± 0.02 – 31.4 ± 0.04	29.5 ± 0.01 – 31.0 ± 0.06
ความเป็นกรด-ด่าง	7.33 ± 0.03 – 7.86 ± 0.01	7.25 ± 0.02 – 7.89 ± 0.04
ออกซิเจนละลายน้ำ (มก./ล.)	4.67 ± 0.06 – 7.64 ± 0.03	4.96 ± 0.10 – 7.58 ± 0.05

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าในระหว่างการให้อาหารผสมยาแก่กุ้งเป็นเวลา 7 วัน ปริมาณ OTC ที่ตรวจพบในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และตรวจพบปริมาณสูงสุดในวันที่ 7 ของการให้อาหารผสมยา หลังจากหยุดให้อาหารผสมยาปริมาณ OTC ในน้ำจะลดลงค่อนข้างรวดเร็ว ในขณะที่ปริมาณ OTC ในดินตะกอนพื้นบ่อในระหว่างการให้อาหารผสมยาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างรวดเร็วกว่าในน้ำ และปริมาณจะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ หลังจากการหยุดให้อาหารผสมยาแก่กุ้ง แสดงให้เห็นว่า OTC มีการสะสมในดินตะกอน ในขณะที่ในน้ำไม่มีการสะสมของ OTC หรือมีการสะสมค่อนข้างน้อยมาก เช่นเดียวกันกับรายงานของ Samuelsen (1989) และ Bjorklund และคณะ (1991) ที่พบว่าการสลายตัวของ OTC ในน้ำเร็วกว่าในดินตะกอน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่ายาในกลุ่มเตตร้าซัยคลินที่ละลายในน้ำ มีการสลายตัวโดยกระบวนการ photodecomposition และค่าครึ่งชีวิตของยาในกลุ่มนี้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ, ความเข้มของแสง ปริมาณออกซิเจน และความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ (Oka *et al.*, 1989) นอกจากนี้ Lunestad และ Goksoyr (1990) ยังพบว่า OTC มีคุณสมบัติที่รวมตัวได้ดีกับแคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำทะเล โดยที่พบว่ามี OTC เพียง 5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่อยู่ในรูปอิสระ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปสารประกอบ OTC กับ

แคลเซี่ยมหรือแมกนีเซียม ตกตะกอนลงสู่พื้นบ่อ ส่วนในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นแสงสามารถส่องลงไปได้น้อย และ OTC ในดินตะกอนมีการรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอิออนบวก (cations) ต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+} , Fe^{2+}, Fe^{3+} และ Al^{3+} ซึ่งจะทำให้ OTC ถูกปล่อยหรือละลายสู่น้ำอย่างช้าๆ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของยาปฏิชีวนะในดินนั้น Rosie และคณะ (1994) กล่าวว่าขึ้นอยู่กับปริมาณยาปฏิชีวนะ ความสามารถในการแพร่กระจายของยาทั้งในแนวราบ และแนวดิ่งสุดท้ายคือความสามารถของดินในการจับกับยาปฏิชีวนะ ส่วนการสลายตัวของ OTC ที่สะสมในดินตะกอนเกิดจากปฏิกิริยาการแพร่ (Diffusion) และการชะล้างบริเวณผิวชั้นบนของตะกอนโดยกระแสน้ำ และอาจจะเนื่องมาจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน (Pouliquen *et al.*, 1992) อย่างไรก็ตาม จากการที่ OTC สามารถละลายในน้ำทะเลได้ง่าย ดังนั้นปฏิกิริยาการแพร่ และการละลายในน้ำอาจจะเป็นกลไกหลักที่ทำให้ OTC ในดินลดลง (Samuelsen, 1989)

การที่ปริมาณ OTC ที่สะสมในดินตะกอนลดลงค่อนข้างช้า เนื่องจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งเห็นได้จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ OTC ในดินตะกอน หลังจากการหยุดให้ยาแก่กุ้งแล้ว 14 วัน ยังคงพบ OTC ตกค้างในปริมาณที่สูง (เฉลี่ยเท่ากับ 1.010 $\pm$ 0.161 ส่วนในล้านส่วน) ในขณะที่ตรวจไม่พบ OTC ตกค้างในน้ำ หลังจากหยุดให้ยาแก่กุ้งแล้ว 10 วัน เมื่อคำนวณหาค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของ OTC ในน้ำและดินตะกอน จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีค่า เท่ากับ 1.93 และ 13.57 วัน ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า OTC มีการตกค้างในดินตะกอนเป็นระยะเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาการสลายตัวของ OTC ในดินตะกอน ของ Jacobsen และ Berglind (1988) โดยการใส่อาหารผสม OTC ซึ่งมีอัตราเท่ากับ 7.5–10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ลงในดินตะกอนซึ่งพบว่าประมาณค่าครึ่งชีวิตได้เท่ากับ 10 สัปดาห์ และการศึกษาของ Samuelsen (1989) พบว่าการสลายตัวของ OTC ในดินมีค่าครึ่งชีวิตอยู่ระหว่าง 32-64 วัน เช่นเดียวกันกับ Institute of Aquaculture (1990) ที่รายงานว่าการสลายตัวของ OTC ในน้ำทะเลลงเหลือความเข้มข้นเพียงครึ่งหนึ่ง ใช้ระยะเวลาเวลา 5-16 วัน และในดินใช้ระยะเวลา 32-70 วัน ในขณะที่การศึกษาของ Bjorklund และคณะ (1990) พบว่าการสลายตัวของ OTC ในดินมีค่าครึ่งชีวิต นาน เท่ากับ 419 วัน

จะเห็นได้ว่าค่าครึ่งชีวิตการสลายตัวของ OTC ในดินตะกอน จากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าครึ่งชีวิตหรือการสลายตัว OTC ขึ้นอยู่กับสภาพอุณหภูมิของน้ำหรืออากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญ กล่าวคือในสภาพอุณหภูมิที่สูง OTC ที่ตกค้างหรือสะสมในน้ำและดินตะกอน หรือในสัตว์น้ำจะมีการสลายตัวได้เร็วกว่าในสภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (Jacobsen and Berglind, 1988) ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับรายงานของ Jacobsen และ Berglind (1988) ที่พบว่าการสลายตัวของ OTC ในตะกอนดินมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 10 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส แต่ศึกษาครั้งนี้อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 29.0-

31.6 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11) ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงกว่ามาก ทำให้มีค่าครึ่งชีวิตที่ต่ำกว่าหรือมีการสลายตัวของ OTC ในน้ำและดินที่เร็วกว่า อย่างไรก็ตาม จากการศึกษา Bjorklund และคณะ (1990) พบว่าการสลายตัว OTC ที่ตกค้างในดินตะกอนจากฟาร์มเลี้ยงปลา rainbow trout ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งมีสภาพของฟาร์มที่ใกล้เคียงกันมีค่าครึ่งชีวิต ประมาณ 9 วัน เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีการถ่ายเทน้ำที่มากกว่า การเปลี่ยนถ่ายน้ำ ปริมาณอากาศในน้ำ-ดิน และสภาพทางเคมีในตะกอนดินก็มีผลต่อการสลายตัวของ OTC เช่นเดียวกัน (Bjorklund *et al.*, 1990) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งที่เลี้ยงในระบบกึ่งปิด ซึ่งมีการถ่ายเท หรือเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจจะมีผลทำให้ OTC ในดินตะกอนสลายตัวได้ช้ากว่าในระบบการเลี้ยงแบบเปิด ซึ่งมีการถ่ายเท หรือเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องให้อากาศในน้ำ (เครื่องตีน้ำ) ในบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศในน้ำและช่วยในการไหลเวียนของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งจะทำให้กระแสน้ำมีการชะล้าง OTC ในดินตะกอนออกมาสู่น้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ OTC สลายตัวในดินตะกอนได้เร็วขึ้น

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการสลายตัวของ OTC ที่ตกค้างหรือสะสมในดินตะกอนต้องใช้ระยะเวลานานจึงจะหมดไป เห็นได้จากการตรวจพบ OTC ตกค้างในดินตะกอนพื้นในปริมาณค่อนข้างสูง แม้ว่าจะหยุดให้อาหารผสมยาแก่กุ้งไปแล้ว 14 วัน โดยมีค่าครึ่งชีวิตการสลายตัวของ OTC ที่ตกค้างในดินตะกอน มากกว่า 13 วัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยืนยันได้ว่าจะก่อให้เกิดการตกค้าง หรือการสะสมของ OTC ในดินตะกอนในแหล่งน้ำธรรมชาติ และในสัตว์น้ำหลายชนิด ที่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยหรือแหล่งหาอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์น้ำประเภทหอย กุ้ง ปู (shellfish) ซึ่งมักจะสัมผัสกับดินตะกอนโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมหรือการบำบัดน้ำทิ้ง และดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ไม่ดีพอ และยังคงมีการปล่อยน้ำทิ้งหรือดินตะกอนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ในระยะเวลานานย่อมมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในบริเวณดังกล่าว ซึ่งควรจะได้มีการศึกษาต่อไป