

บทที่ 4

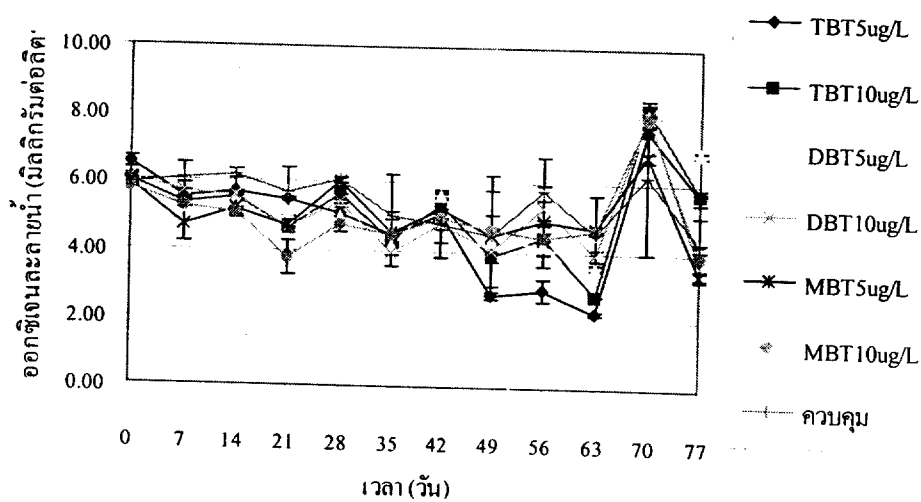
ผลการวิจัย

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ

จากการศึกษาการย่อยสลายของไตรบิวทิลทิน ไคบิวทิลทิน และโมนอบิวทิลทิน โดยนำดินตะกอนและน้ำทะเลใส่ในตู้กระจก ตรวจวัดคุณภาพน้ำ 7 พารามิเตอร์ คือ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรด ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

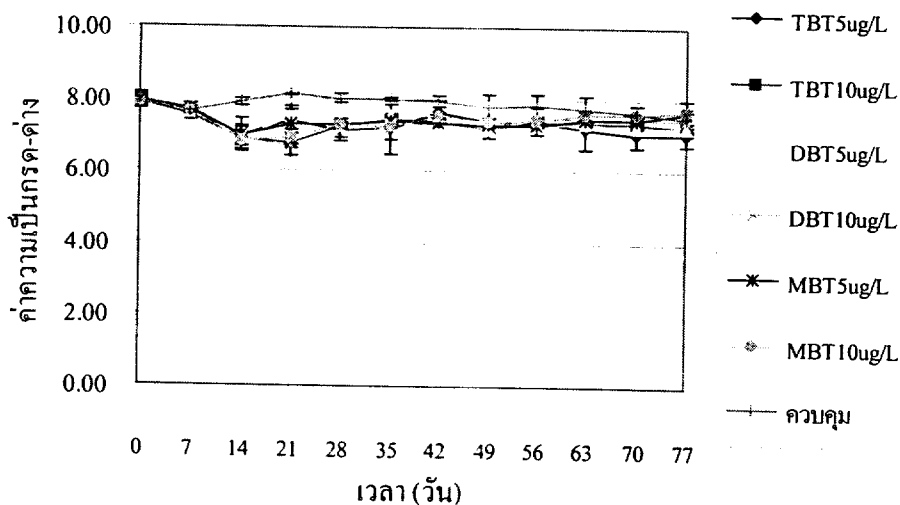
ค่าออกซิเจนละลายน้ำตลอดระยะเวลาการทดลองมีค่าเฉลี่ย 5.13 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่ามากที่สุดคือ 8.22 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 70 และมีค่าน้อยที่สุดคือ 2.21 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 63 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง แต่มีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ผลการตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง

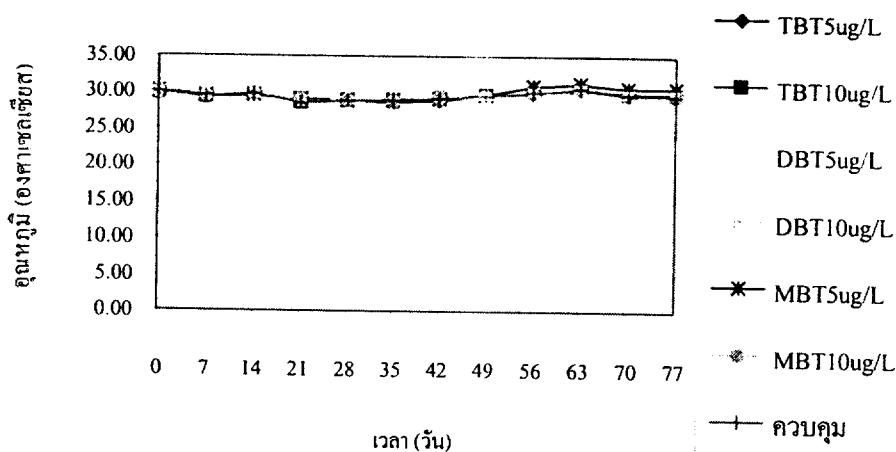
ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าตลอดการทดลองเฉลี่ย 7.44 โดยมีค่าสูงที่สุดคือ 8.15 และค่าต่ำที่สุดคือ 6.69 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งชุดการทดลองและระยะเวลา โดยที่ชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในวันที่ 7 เป็นต้นไปที่ชุดการทดลองที่เติมสารต่าง ๆ มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

อุณหภูมิ

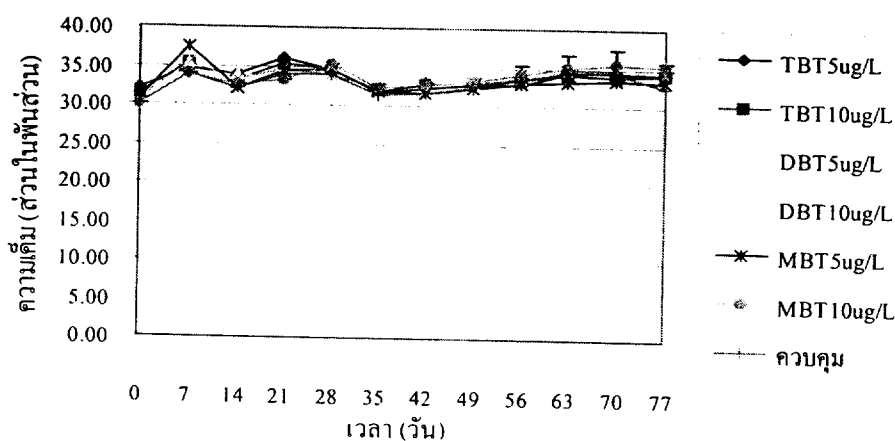
อุณหภูมิของน้ำทะเลภายในตู้ทดลอง มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ย 29.59 องศาเซลเซียส และมีค่าสูงสุดที่ 31.27 องศาเซลเซียส ค่าต่ำสุดที่ 28.50 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามพบว่ามีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ในช่วงหลังของการทดลองตั้งแต่วันที่ 56 จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ค่าความเค็ม

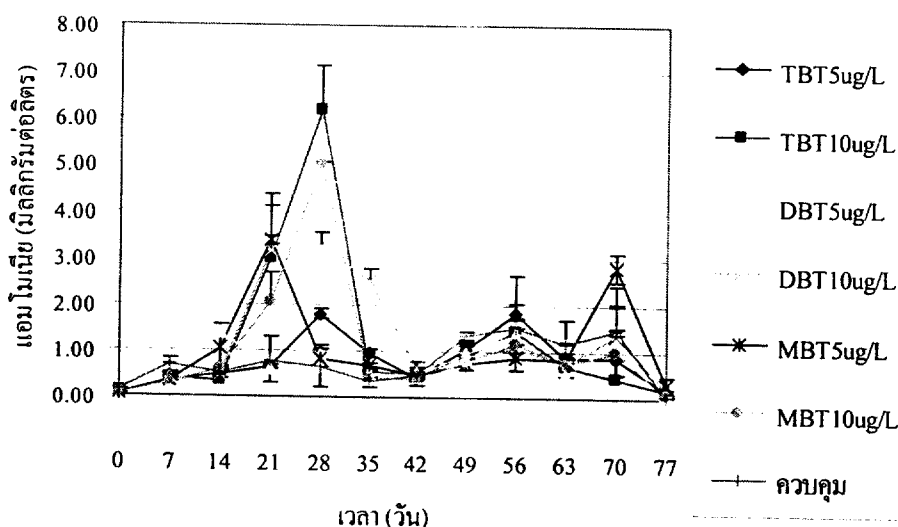
ค่าความเค็มของน้ำทะเลภายในตู้ทดลอง มีค่ามีค่าเฉลี่ย 34.02 ส่วนในพันส่วน และมีค่าสูงสุดที่ 37.33 ส่วนในพันส่วน ค่าต่ำสุดที่ 30.00 ส่วนในพันส่วน ซึ่งมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ในช่วงแรกของการทดลองค่าความเค็มจะไม่คงที่แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ผลการตรวจวัดความเค็มในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ปริมาณแอมโมเนีย

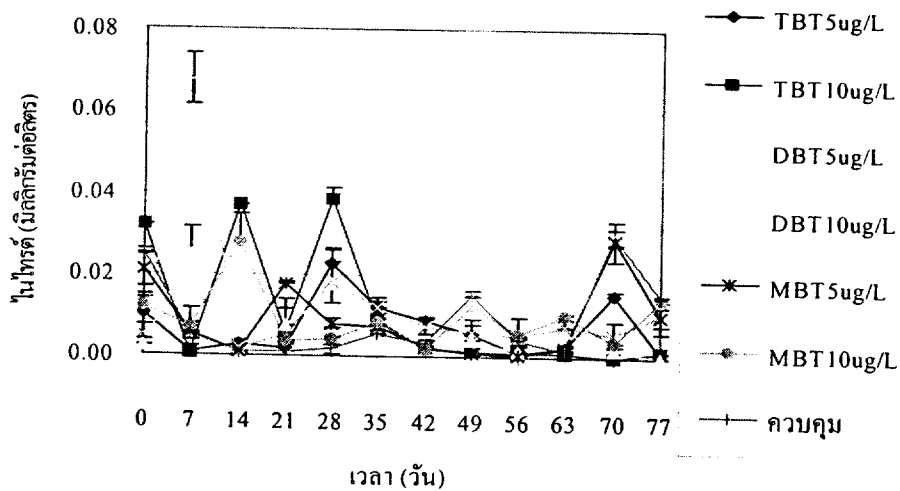
ปริมาณแอมโมเนียมีค่าแตกต่างกันในบางช่วงการทดลอง ในวันที่ 21 และ 28 มีปริมาณเพิ่มขึ้น มีค่าสูงสุด 6.18 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเฉลี่ยมีค่า 0.97 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำสุดคือ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ผลการตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ปริมาณไนไตรต์

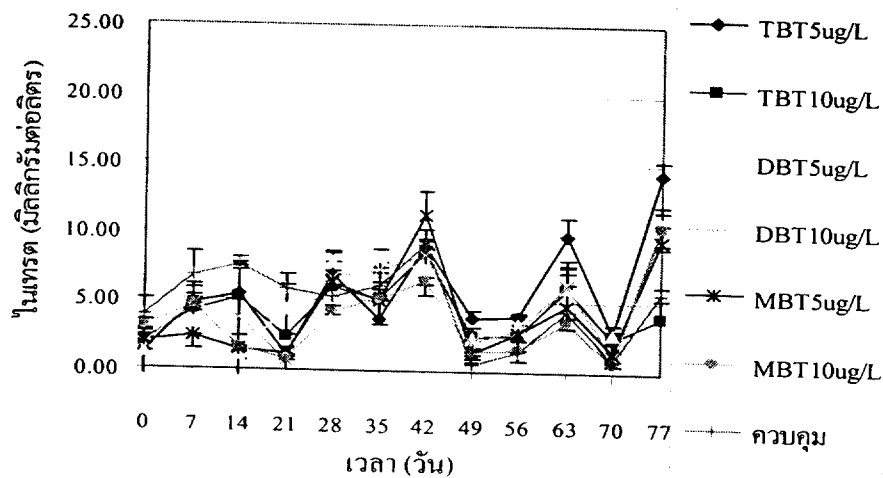
ปริมาณไนไตรต์โดยรวมแล้วมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดลอง ยกเว้นชุดการทดลองที่เติมสาร TBT และ DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ในวันที่ 7 ถึงวันที่ 28 แต่หลังจากนั้นมีปริมาณลดลงและค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทั้งชุดการทดลองและระยะเวลา ($p > 0.05$) โดยเฉลี่ยมีปริมาณ 0.0091 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดคือ 0.0677 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าต่ำสุดคือ 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ผลการตรวจวัดปริมาณไนเตรดในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ปริมาณไนเตรด

ปริมาณไนเตรดมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงวันแรกจนถึงวันที่ 35 และมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นในช่วงวันที่ 42 เป็นต้นไป ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามระยะเวลาชุดการทดลองที่เติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตรจะมีปริมาณไนเตรดสูงที่สุด แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทุกชุดการทดลอง โดยเฉลี่ยมีค่าไนเตรด 4.58 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงสุดคือ 14.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าต่ำสุดคือ 0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 19



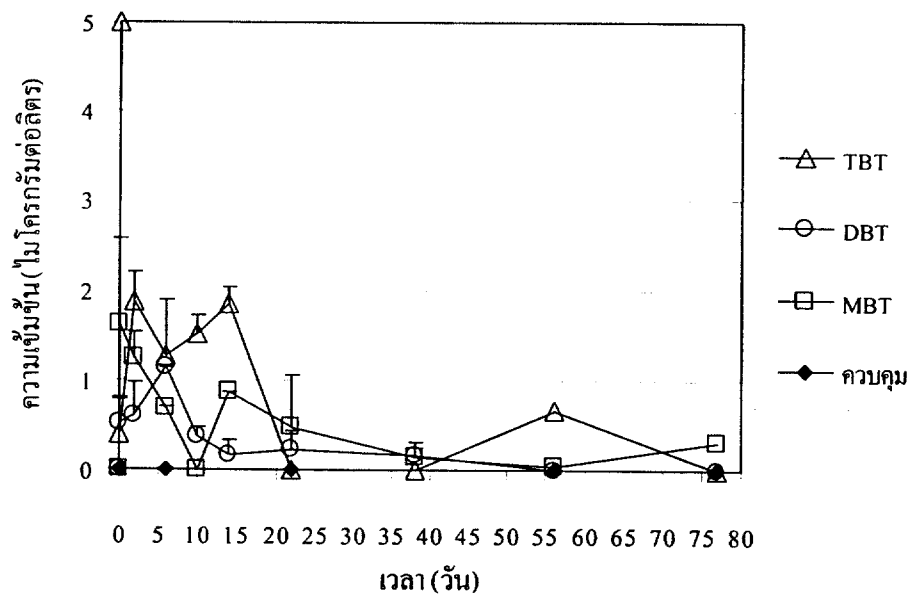
ภาพที่ 19 ผลการตรวจวัดปริมาณไนเตรดในตู้ทดลอง (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของไทรบิวทิลทิน ไคบิวทิลทิน และโมนอบิวทิลทิน ในน้ำทะเล

จากการเติมสารไทรบิวทิลทินคลอไรด์ ไคบิวทิลทินไคคลอไรด์ หรือบิวทิลทินไทรคลอไรด์ ในแต่ละตู้ทดลองให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อนำน้ำทะเลมาวิเคราะห์หาปริมาณสารที่เหลืออยู่ ปรากฏผลการทดลองดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

จากการเติมสารไทรบิวทิลทินคลอไรด์ลงในตู้ทดลองปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 15 พบว่าในน้ำทะเลมีปริมาณ TBT ลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร ภายในระยะเวลา 0.08 วัน หรือประมาณ 2 ชั่วโมงหลังจากเติมสาร TBT แต่ในวันที่ 2 TBT จะเพิ่มขึ้นเป็น 1.87 ไมโครกรัมต่อลิตร และหลังจากนั้นปริมาณ TBT ค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 14 ของการทดลองและตรวจไม่พบปริมาณสาร TBT ตั้งแต่วันที่ 22 จนถึงสิ้นสุดการทดลองยกเว้นในวันที่ 56 และตรวจพบสาร DBT และ MBT ปริมาณ 0.51 และ 1.62 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับตั้งแต่ 0.08 วัน ในวันที่ 2 ปริมาณสาร DBT และ MBT มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ปริมาณสาร DBT และ MBT มีการเปลี่ยนแปลงที่แปรผกผันกับ TBT กล่าวคือเมื่อ TBT มีปริมาณเพิ่มขึ้น DBT และ MBT จะมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 14 และคงที่ตลอดการทดลองเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 20 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายในน้ำทะเลเกิดเป็นสารตัวกลาง DBT และ MBT ตามระยะเวลาทดลอง โดยมีปริมาณของ MBT ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายตัวสุดท้ายมีปริมาณมากกว่า DBT อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 8



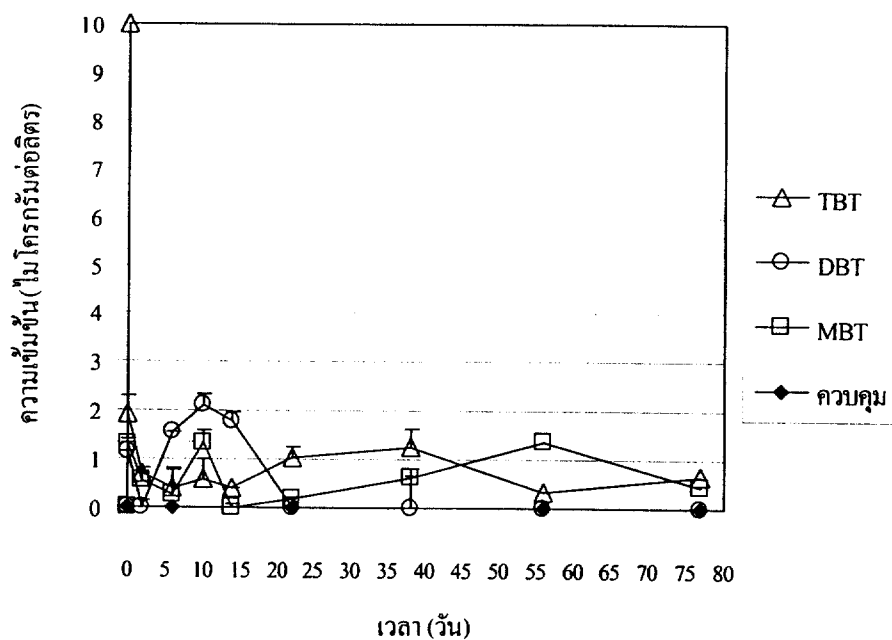
ภาพที่ 20 แสดงปริมาณของ TBT DBT และ MBT ในน้ำทะเลที่เติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารตั้งต้น TBT และสารตัวกลาง DBT, MBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อลิตร)		
	TBT ^a	DBT ^b	MBT ^{ab}
0	5.00	0.00	0.00
0.08	0.39*	0.51	1.62*
2	1.87*	0.60	1.24*
6	1.27*	1.14*	0.69
10	1.52*	0.38	0.00
14	1.85*	0.17	0.87
22	0.00*	0.22	0.48
38	0.00*	0.16	0.14
56	0.67*	0.00	0.05
77	0.00*	0.00	0.31

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สารมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นในน้ำทะเล และตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b) คือปริมาณสารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงสภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จากการเติมสารไตรบิวทิลทินคลอไรด์ลงในตู้ทดลองปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าในระยะเวลา 0.08 วัน TBT มีปริมาณลดลงเหลือ 1.95 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ในวันที่ 2 พบว่ามีปริมาณของ TBT ลดลงและค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลองคือมีปริมาณ 0.68 ไมโครกรัมต่อลิตร และในระยะเวลา 0.08 วัน พบปริมาณ DBT และ MBT ใกล้เคียงกันคือ 1.15 และ 1.32 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณ DBT และ MBT เพิ่มขึ้นเมื่อ TBT ลดลงในวันที่ 2 จนกระทั่งถึงวันที่ 22 จึงค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 21 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายในน้ำทะเลเกิดเป็นสารตัวกลาง DBT และ MBT ตามระยะเวลาทดลอง โดยมีปริมาณของ MBT ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายตัวสุดท้าย มีปริมาณมากกว่า DBT อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9



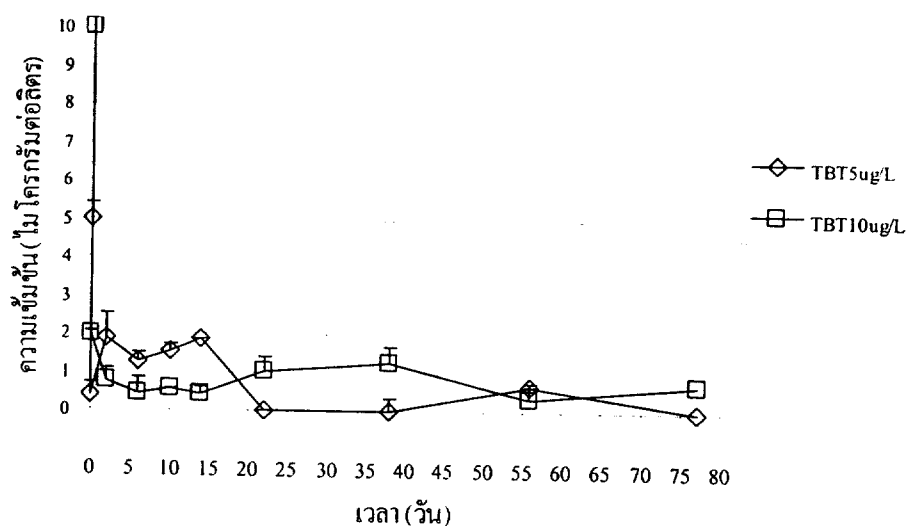
ภาพที่ 21 แสดงปริมาณของ TBT DBT และ MBT ในน้ำทะเลที่เติม TBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารตั้งต้น TBT และสารตัวกลาง DBT, MBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อลิตร)		
	TBT ^a	DBT ^b	MBT ^b
0	10.00	0.00	0.00
0.08	1.95*	1.15*	1.32*
2	0.72*	0.00	0.56
6	0.42*	1.58*	0.27
10	0.58*	2.12*	1.32*
14	0.40*	1.78*	0.00
22	1.04*	0.00	0.18
38	1.26*	0.00	0.63
56	0.35*	0.00	1.38*
77	0.68*	0.00	0.46

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สารมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นในน้ำทะเล และตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b) คือปริมาณสารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลระหว่างตู้ทดลองที่เติม TBT 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร สูงกว่าปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ใน 14 วันแรกของการทดลอง และตั้งแต่วันที่ 14 เป็นต้นไป ปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร สูงกว่าปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10 ยกเว้นในวันที่ 56 ดังแสดงในภาพที่ 22



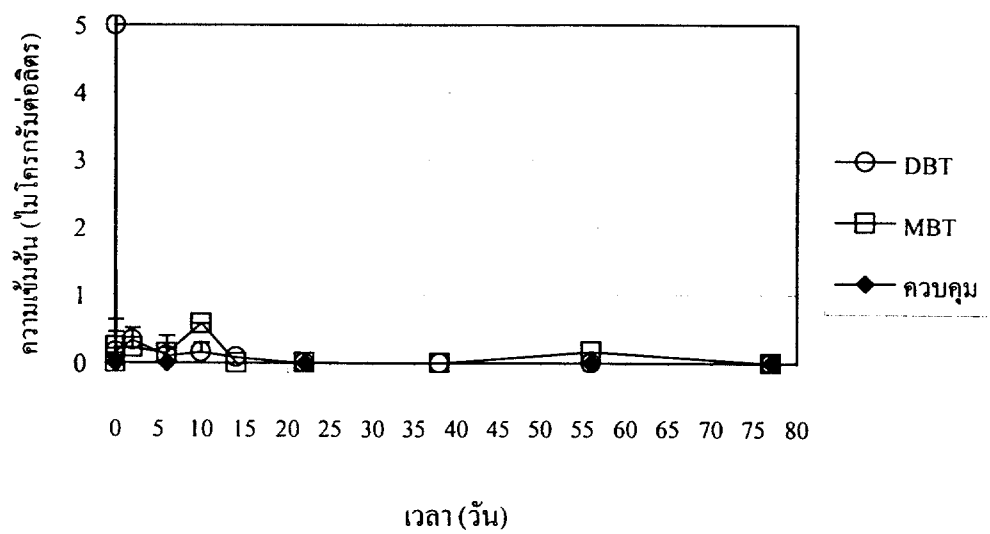
ภาพที่ 22 แสดงปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลในตู้ทดลองที่เติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	TBT 5 ^a	TBT 10 ^b
0	5.00	10.00
0.08	0.39*	1.95*
2	1.87*	0.72*
6	1.27*	0.42*
10	1.52*	0.58*
14	1.85*	0.40*
22	0.00*	1.03*
38	0.00*	1.26*
56	0.67*	0.35*
77	0.00*	0.68*

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร TBT ในน้ำทะเลมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลอง และตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a,b) คือปริมาณสารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในของตู้ทดลองที่มี DBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร
เมื่อเติมโคบิวทิลทินไดคลอไรด์ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรลงในตู้ทดลอง และทำการตรวจวัดปริมาณของ DBT หลังจากเติมสาร DBT 2 ชั่วโมงหรือ 0.08 วัน พบว่าน้ำทะเลมีปริมาณ DBT หลงเหลือน้อยมากคือ 0.17 ไมโครกรัมต่อลิตร และ MBT ปริมาณใกล้เคียงกันคือ 0.24 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นพบว่าปริมาณ DBT และ MBT จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนถึงวันที่ 22 จะไม่พบ DBT หลงเหลืออยู่ในน้ำทะเลจนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 23 สาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายในน้ำทะเลเกิดเป็นสารตัวกลาง MBT ตามระยะเวลาทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11



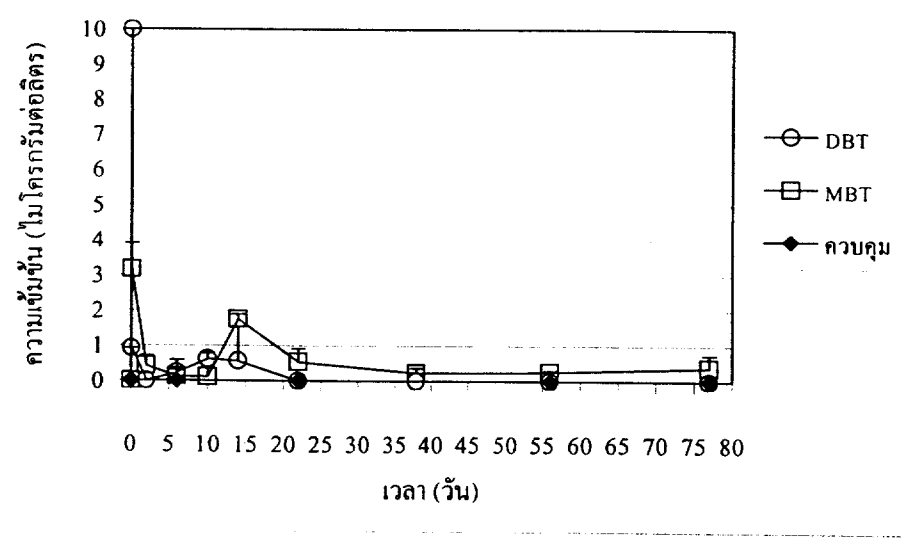
ภาพที่ 23 แสดงปริมาณของ DBT และ MBT ในน้ำทะเลที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารตั้งต้น DBT และสารตัวกลาง MBT ในน้ำทะเลของ
ตู้ทดลองที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	DBT ^a	MBT ^b
0	5.00	0.00
0.08	0.17*	0.24
2	0.33*	0.23
6	0.11*	0.15
10	0.17*	0.58
14	0.09*	0.00
22	0.00*	0.01
38	0.00*	0.00
56	0.00*	0.17
77	0.00*	0.00

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สารมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นในน้ำทะเล และตัวอักษร
ที่แตกต่างกัน (a, b) คือปริมาณสารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในตู้ทดลองที่เติม DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร
น้ำทะเลในตู้ทดลองมีการเติม DBT ในปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และทำการ
ตรวจวัดปริมาณของ DBT หลังจากเติมสาร DBT 2 ชั่วโมงหรือ 0.08 วัน พบว่ามีปริมาณสาร
DBT หลงเหลืออยู่ในน้ำทะเล 0.92 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากนั้นปริมาณ DBT มีค่าค่อนข้าง
คงที่จนถึงวันที่ 14 มีปริมาณ DBT 0.57 ไมโครกรัมต่อลิตรและตรวจไม่พบในวันที่ 22
จนถึงสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ MBT ตรวจพบในระยะเวลา 0.08 วัน เกิดขึ้นในปริมาณเท่ากับ
3.15 ไมโครกรัมต่อลิตร และมีค่าลดลงในวันที่ 2 ซึ่งมีปริมาณ MBT 0.43 ไมโครกรัมต่อลิตร
หลังจากนั้นมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 24 สาร DBT มีการ
เปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายในน้ำทะเลเกิดเป็นสารตัวกลาง MBT ตามระยะเวลา
ทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12



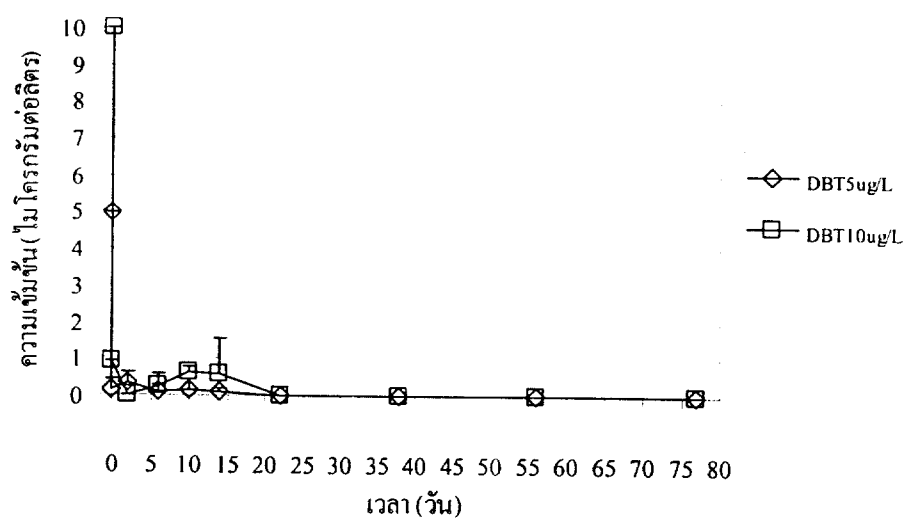
ภาพที่ 24 แสดงปริมาณของ DBT และ MBT ในน้ำทะเลที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารตั้งต้น DBT และสารตัวกลาง MBT ในน้ำทะเลของ
ตู้ทดลองที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสาร (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	DBT ^a	MBT ^a
0	10.00	0.00
0.08	0.92*	3.15*
2	0.00*	0.43
6	0.24*	0.12
10	0.62*	0.12
14	0.57*	1.74*
22	0.00*	0.54
38	0.00*	0.23
56	0.00*	0.27
77	0.00*	0.39

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สารมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นในน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญ
($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในน้ำทะเลระหว่างตู้ทดลองที่เติม DBT 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณของ DBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร น้อยกว่าปริมาณของ DBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ใน 22 วันแรกของการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ และตั้งแต่วันที่ 22 เป็นต้นไป จะไม่พบปริมาณของ DBT หลงเหลืออยู่ในน้ำทะเลของจนสิ้นสุดการทดลองทั้งตู้ทดลองที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร และตู้ทดลองที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 25 ซึ่งปริมาณสารที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 13



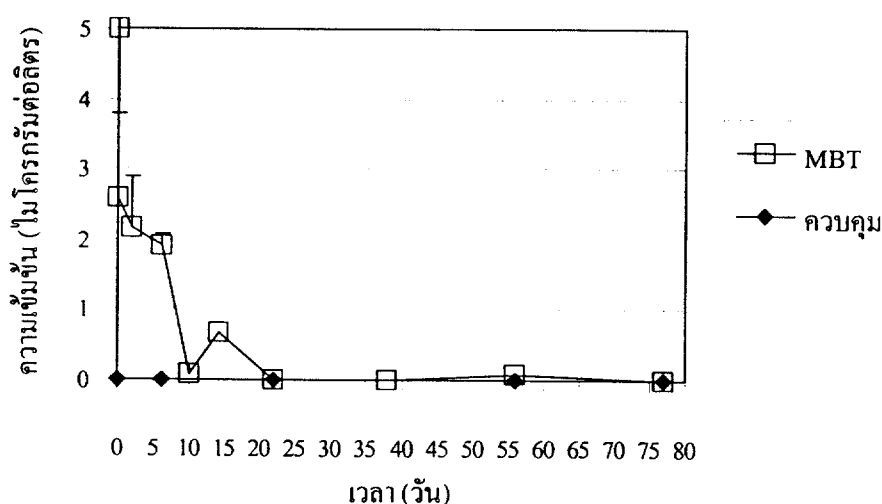
ภาพที่ 25 แสดงปริมาณของ DBT ในน้ำทะเลในตู้ทดลองที่เติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัม ต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	DBT 5 ^a	DBT 10 ^a
0	5.00	10.00
0.08	0.16*	0.92*
2	0.33*	0.00*
6	0.11*	0.24*
10	0.16*	0.62*
14	0.09*	0.56*
22	0.00*	0.00*
38	0.00*	0.00*
56	0.00*	0.00*
77	0.00*	0.00*

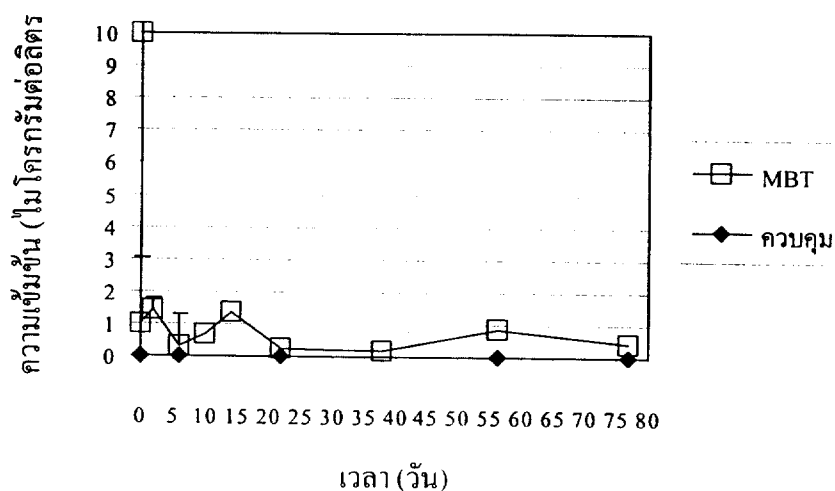
หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร DBT ในน้ำทะเลมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพ MBT ในตู้ทดลองที่เติม MBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร น้ำทะเลในตู้ทดลองที่เติมบิวทิลทินไดรคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่ามีปริมาณ 2.59 ไมโครกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 0.08 วัน และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง จนตรวจไม่พบในวันที่ 22 ของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 26



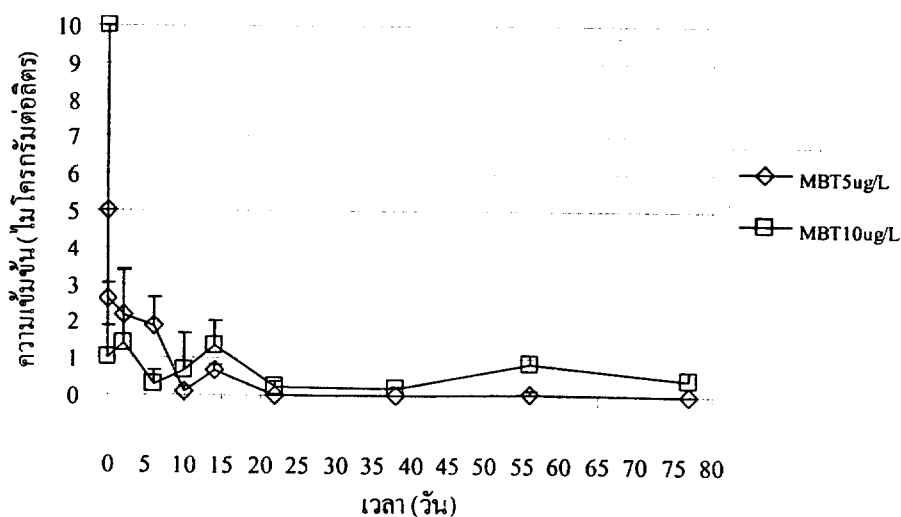
ภาพที่ 26 แสดงปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลที่เติม MBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร
(ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, ชุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

การเปลี่ยนแปลงสภาพ MBT ในตู้ทดลองที่เติม MBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร
น้ำทะเลในตู้ทดลองที่เติมบิวทิลทินไดรอกไซด์ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่า
มีปริมาณ MBT 0.99 ไมโครกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 0.08 วัน และมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอด
ระยะเวลาทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 27 แสดงปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลที่เติม MBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร
(ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, ชุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลระหว่างตู้ทดลองที่เติม MBT ปริมาณ 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม MBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร สูงกว่าปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม MBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ใน 10 วันแรกของการทดลอง และตั้งแต่วันที่ 10 เป็นต้นไป พบปริมาณของ MBT ในตู้ทดลองที่เติม MBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มสูงกว่าในตู้ทดลองที่เติม MBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 28



ภาพที่ 28 แสดงปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลในตู้ทดลองที่เติม MBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณของ MBT ในน้ำทะเลของตู้ทดลองที่เติม MBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	MBT 5 ^a	MBT 10 ^a
0	5.00	10.00
0.08	2.59*	0.99*
2	2.15*	1.40*
6	1.89*	0.30*
10	0.097*	0.69*
14	0.67*	1.37*
22	0.00*	0.23*
38	0.00*	0.21*
56	0.07*	0.85*
77	0.00*	0.41*

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร MBT ในน้ำทะเลมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

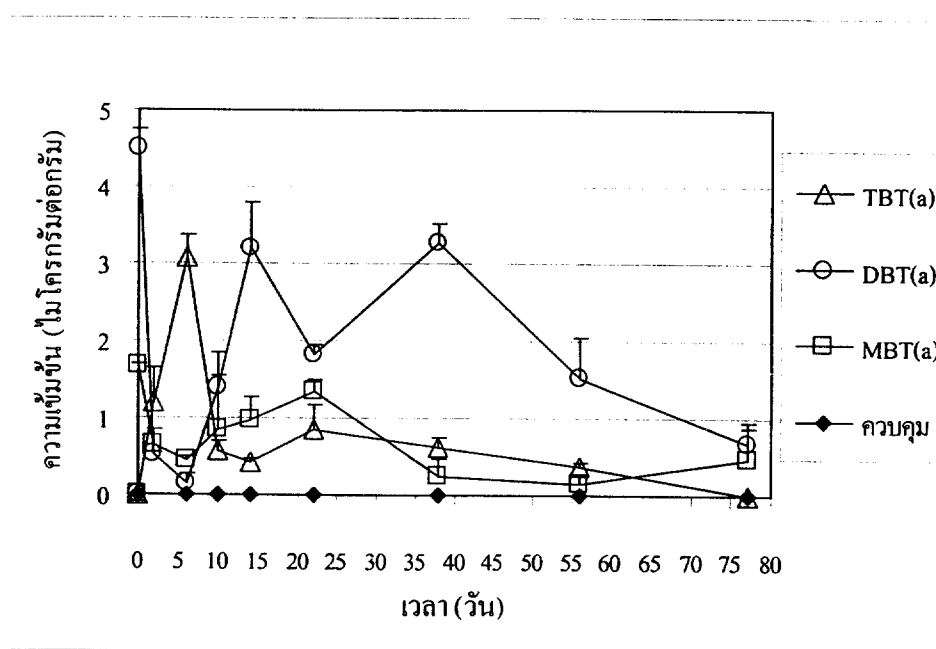
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของไทรบิวทิลทิน ไคบิวทิลทิน และโมนิบิวทิลทิน ในดินตะกอนชั้นบนที่มีออกซิเจน

จากการเติมสารไทรบิวทิลทินคลอไรด์ ไคบิวทิลทินไคคลอไรด์ และบิวทิลทินไทรคลอไรด์ ในตู้ทดลองให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร นำดินตะกอนชั้นบนซึ่งเป็นชั้นที่มีออกซิเจนอยู่ วัดค่า Oxidation-Reduction Potential มีค่า 20 มิลลิโวลต์ มาวิเคราะห์หาปริมาณสารบิวทิลทิน ผลการทดลองมีดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

เมื่อเติมสารไทรบิวทิลทินคลอไรด์ลงในตู้ทดลองปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าในดินตะกอนชั้นบนตรวจไม่พบ TBT ใน 2 ชั่วโมงแรก (0.08 วัน) แต่ปริมาณ TBT จะเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และวันที่ 6 คือ 3.08 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และจะค่อยๆ ลดลงจนตรวจ

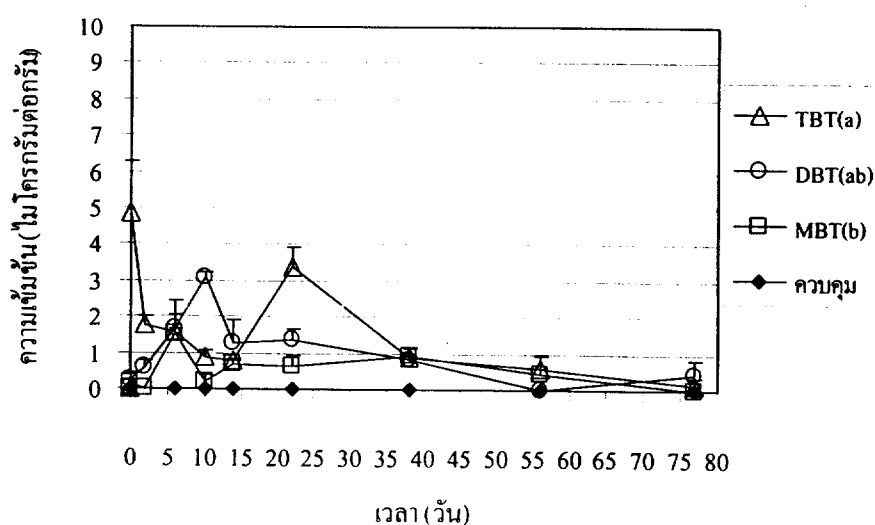
ไม่พบในวันที่ 77 ถึงสิ้นสุดการทดลอง ส่วนปริมาณของ DBT และ MBT ตรวจพบตั้งแต่ 2 ชั่วโมงแรก โดย DBT มีปริมาณสูงถึง 4.51 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่จะมีปริมาณลดลงในวันที่ 2 และ วันที่ 6 ดังนั้นจะพบได้ว่าปริมาณของสารตัวกลาง (Metabolites) DBT และ MBT จะมีการเปลี่ยนแปลงแบบแปรผกผันกับปริมาณสารตั้งต้น TBT ตลอดการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 29 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น DBT และ MBT ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทั้งปริมาณสารและระยะเวลา ($p > 0.05$)



ภาพที่ 29 แสดงปริมาณ TBT DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน)

การเปลี่ยนแปลงภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

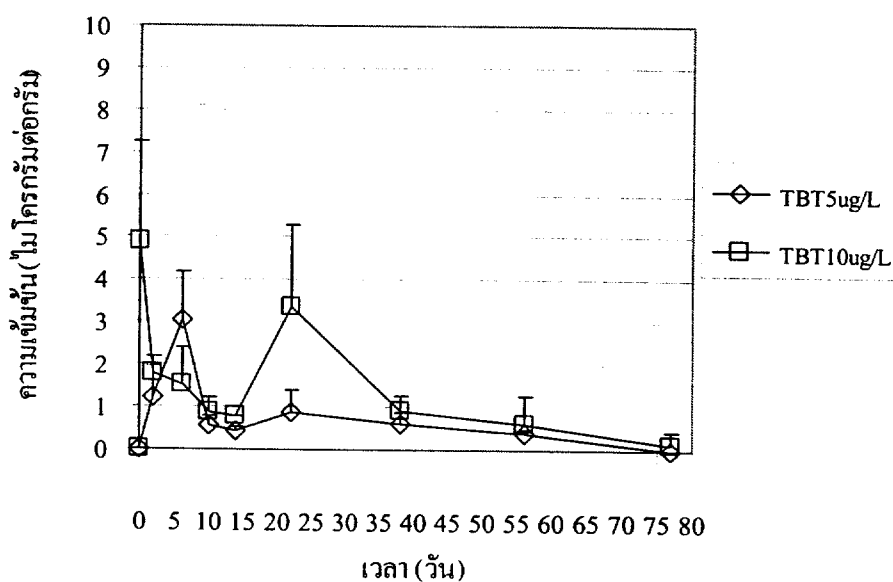
เมื่อเติมสารไตรบิวทิลทีนคลอไรด์ลงในตู้ทดลองปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และนำดินตะกอนชั้นบนมาวิเคราะห์ พบว่ามีปริมาณ TBT 4.88 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน ปริมาณ TBT จะค่อย ๆ ลดลงในวันที่ 2 และวันต่อ ๆ มาของการทดลอง เหลือเพียง 0.15 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 77 ซึ่งสิ้นสุดการทดลอง และในระยะเวลา 0.08 วัน ตรวจพบปริมาณ DBT และ MBT เพียงเล็กน้อย คือ 0.23 และ 0.13 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ปริมาณ DBT เพิ่มขึ้นในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 10 ซึ่งเป็นวันที่ TBT มีปริมาณลดลง และตั้งแต่วันที่ 10 เป็นต้นไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง DBT มีปริมาณลดลงตามลำดับ MBT มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการทดลอง ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 และค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองปริมาณของสารตัวกลาง DBT และ MBT มีความสัมพันธ์แปรผกผันกับสารตั้งต้น TBT ดังแสดงในภาพที่ 30 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น DBT และ MBT ตามลำดับ โดยมีปริมาณของสาร MBT แตกต่างกับสารตั้งต้น TBT อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ปริมาณสาร TBT และสารตัวกลางไม่มีความแตกต่างกันตามระยะเวลา



ภาพที่ 30 แสดงปริมาณ TBT DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม TBT 10

ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือ ไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a, b) คือปริมาณสารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$))

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม TBT ปริมาณ 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 22 ตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร การสะสมของ TBT ในดินตะกอนชั้นบนมีแนวโน้มมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 38 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณของ TBT ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ตู้ทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 31 โดยพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณ TBT ในแต่ละตู้ทดลองมีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 15



ภาพที่ 31 แสดงปริมาณ TBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

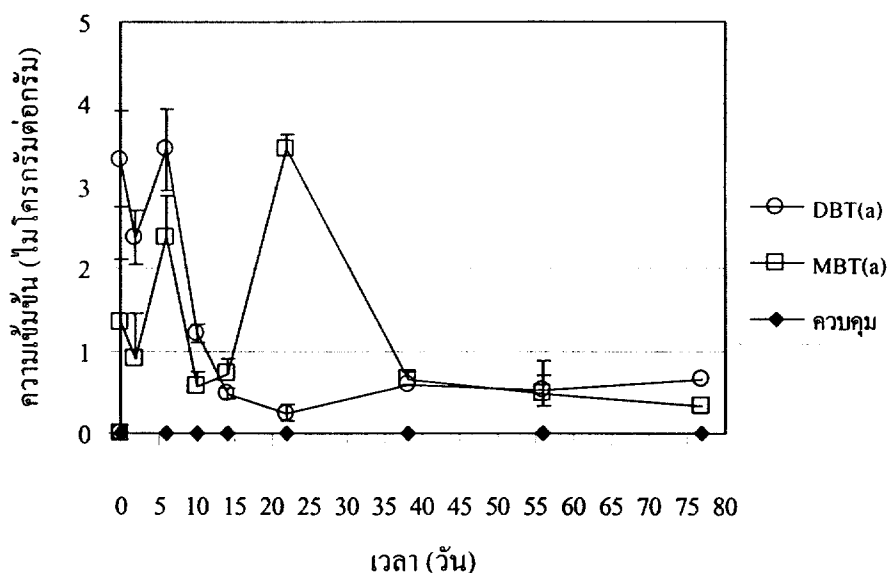
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในดินตะกอนชั้นบนของตู้ทดลองที่เติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))	
	TBT 5 ^a	TBT 10 ^a
0	0.00	0.00
0.08	0.00	4.88*
2	1.21*	1.77*
6	3.08*	1.55*
10	0.58	0.86
14	0.43	0.80
22	0.85	3.36*
38	0.62	0.90
56	0.38	0.60
77	0	0.14

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร TBT ในดินตะกอนชั้นบนมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

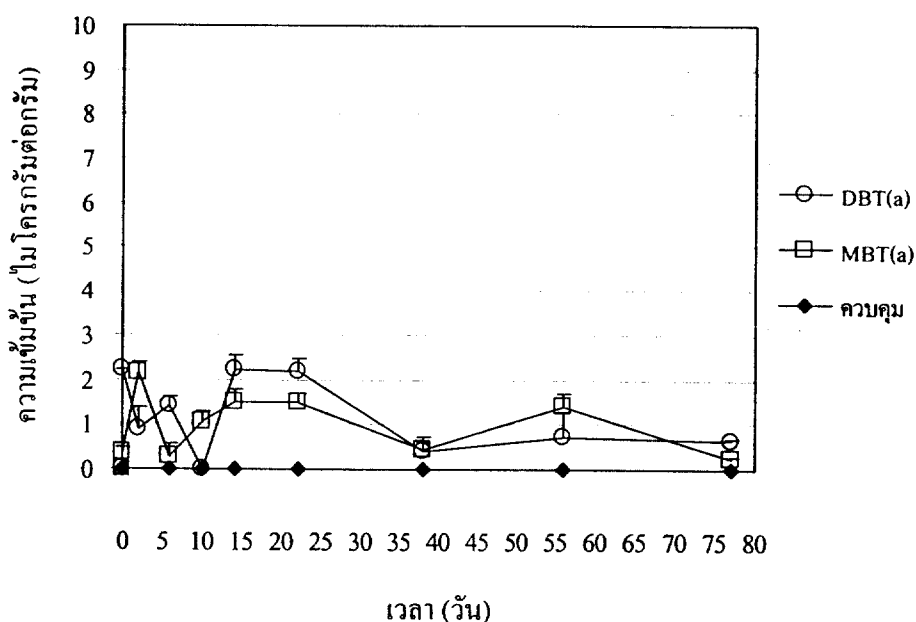
การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในตู้ทดลองที่มี DBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

เมื่อเติมไดบิวทิลทินไดคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณ DBT ในระยะเวลา 0.08 วัน 3.33 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 2 และวันที่ 6 DBT มีปริมาณค่อนข้างคงที่และค่อย ๆ ลดลงหลังจากวันที่ 6 เป็นต้นไป และค่อนข้างคงที่จนถึงสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 วิเคราะห์ได้ 0.66 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบปริมาณ MBT ในระยะเวลา 0.08 วัน ปริมาณ 1.34 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณ MBT มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของ DBT ในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 14 จึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ DBT มีปริมาณลดลง ในวันที่ 38 เป็นต้นไป MBT จะมีปริมาณลดลงเหลือเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกับ DBT จนถึงสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 ดังแสดงในภาพที่ 32 สาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น MBT โดยไม่มีความแตกต่างกันทั้งปริมาณสารและระยะเวลา ($p > 0.05$)



ภาพที่ 32 แสดงปริมาณ DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม DBT 5 ไมโครกรัม ต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

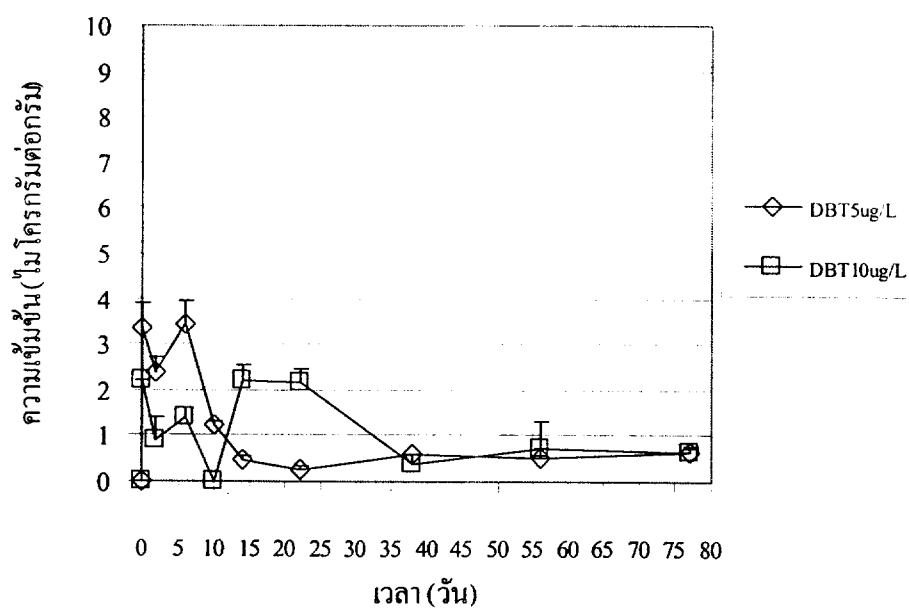
การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในตู้ทดลองที่มี DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเติมไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณ DBT ในระยะเวลา 0.08 วัน 2.22 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) แต่ในวันที่ 2 DBT มีปริมาณลดลง 0.88 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) DBT จะเพิ่มปริมาณขึ้นในวันที่ 14 และ 22 และมีปริมาณลดลงค่อนข้างคงที่จนถึงสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณ 0.63 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบปริมาณ MBT เพียงเล็กน้อย 0.35 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน และปริมาณ MBT เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 ปริมาณ 2.15 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ซึ่งปริมาณ MBT จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อสารตั้งต้น DBT มีปริมาณลดลงในช่วงการทดลองตั้งแต่วันแรกถึงวันที่ 10 แต่หลังจากนั้นปริมาณของ DBT และ MBT เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 33 สาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น MBT โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งปริมาณสารและระยะเวลา



ภาพที่ 33 แสดงปริมาณ DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม DBT 10

ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, ชุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 10 ตู้ทดลองที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตรมีปริมาณการสะสมของ DBT ในดินตะกอนชั้นบนมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 10 จนถึงวันที่ 38 ตู้ทดลองที่เติม DBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มการสะสมของ DBT ในดินตะกอนชั้นบนมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากวันที่ 38 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณของ DBT ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ตู้ทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 34 แต่ปริมาณของ DBT ในแต่ละตู้ทดลองมีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16



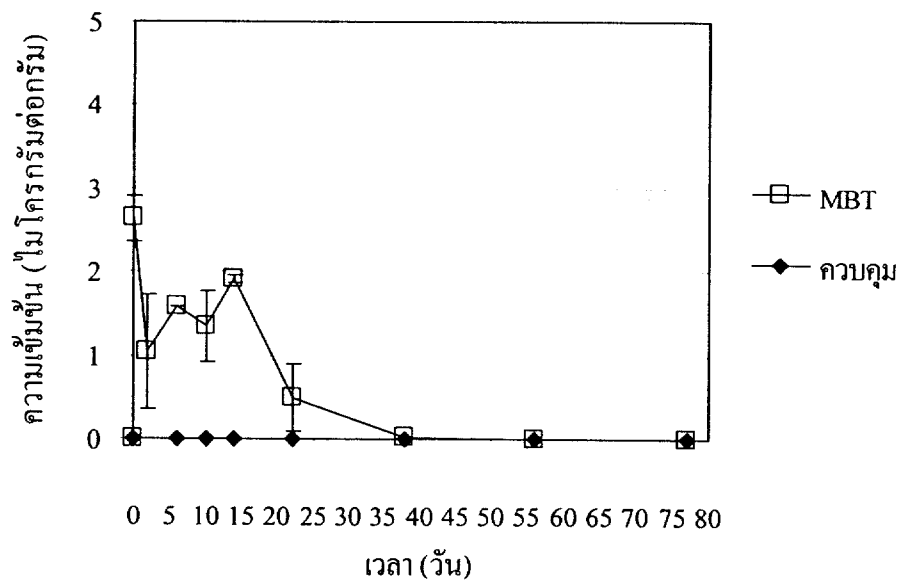
ภาพที่ 34 แสดงปริมาณ DBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในดินตะกอนชั้นบนของตู้ทดลองที่เติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))	
	DBT 5 ^a	DBT 10 ^a
0	0.00	0.00
0.08	3.33*	2.22*
2	2.38*	0.88
6	3.45*	1.40*
10	1.22*	0.00
14	0.48	2.21*
22	0.25	2.17*
38	0.60	0.39
56	0.52	0.72
77	0.66	0.63

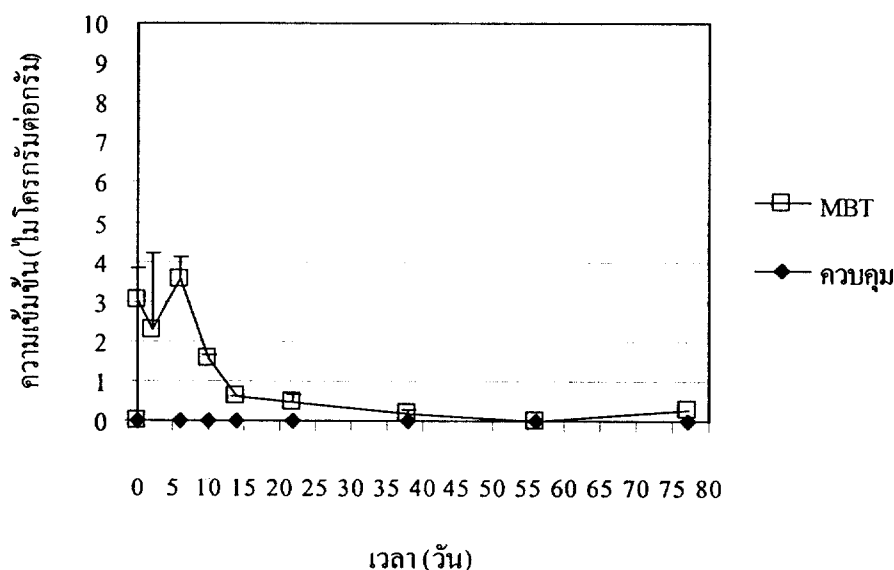
หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร DBT ในดินตะกอนชั้นบนมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพ MBT ในตู้ทดลองที่มี MBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร
เมื่อเติมบิวทิลทินไตรคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นบนในระยะเวลา 0.08 วัน ปริมาณ 2.63 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 2 มีปริมาณลดลง 1.05 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 14 และจะค่อย ๆ ลดลงจนตรวจไม่พบในวันที่ 56 และ 77 ของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 35



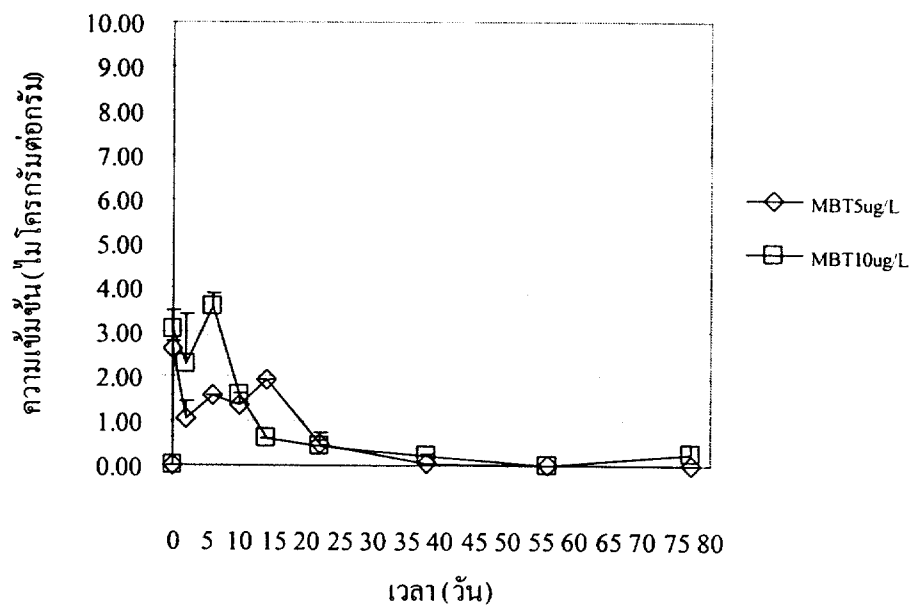
ภาพที่ 35 แสดงปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม MBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

การเปลี่ยนแปลงสภาพ MBT ในตู้ทดลองที่มี MBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเติมบิวทิลทินไดรคลอไรด์ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร พบปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นบนในระยะเวลา 0.08 วัน ปริมาณ 3.03 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และค่อนข้างคงที่ในวันที่ 2 จนถึงวันที่ 10 จึงมีปริมาณลดลงจนสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 วิเคราะห์ได้ 0.27 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในภาพที่ 36



ภาพที่ 36 แสดงปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นบนที่มีการเติม MBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ MBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม MBT ปริมาณ 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 22 ตู้ทดลองที่เติม MBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มการสะสมของ MBT ในดินตะกอนชั้นบนมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม MBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากวันที่ 22 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณของ MBT ลดลงและใกล้เคียงกันทั้ง 2 ตู้ทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 37 โดยพบว่าแต่ปริมาณของ MBT ในแต่ละตู้ทดลองมีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 17



ภาพที่ 37 แสดงปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นบนในตู้ทดลองที่มีการเติม MBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบปริมาณของ MBT ในดินตะกอนชั้นบนของผู้ทดลองที่เดิม MBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในผู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))	
	MBT 5 ^a	MBT 10 ^a
0	0.00	0.00
0.08	2.63*	3.03*
2	1.05*	2.26*
6	1.57*	3.56*
10	1.34*	1.56*
14	1.91*	0.61
22	0.49	0.45
38	0.03	0.21
56	0.00	0.00
77	0.00	0.27

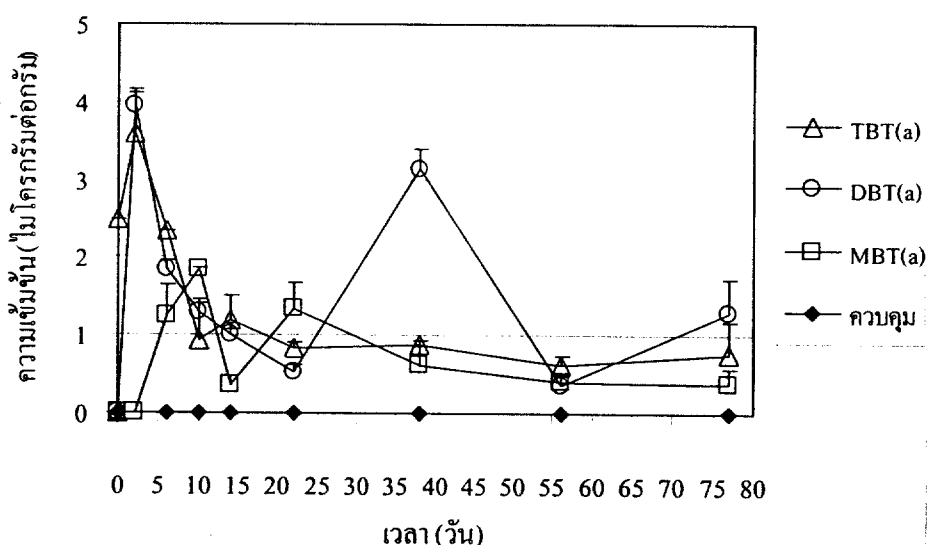
หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร MBT ในดินตะกอนชั้นบนมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือ ปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของไตรบิวทิลทิน ไคบิวทิลทิน และโมนอบิวทิลทิน ในดินตะกอนชั้นล่างที่ไม่มีออกซิเจน

จากการเติมสารไตรบิวทิลทินคลอไรด์ ไคบิวทิลทินไดคลอไรด์ และบิวทิลทินไตรคลอไรด์ ในตู้ทดลองให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 5 และ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร นำดินตะกอนชั้นล่างซึ่งเป็นชั้นที่ไม่มีออกซิเจน วัดค่า Oxidation-Reduction Potential มีค่า -22 มิลลิโวลต์ มาวิเคราะห์หาปริมาณสารบิวทิลทิน ผลการทดลองมีดังนี้

การเปลี่ยนแปลงสภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

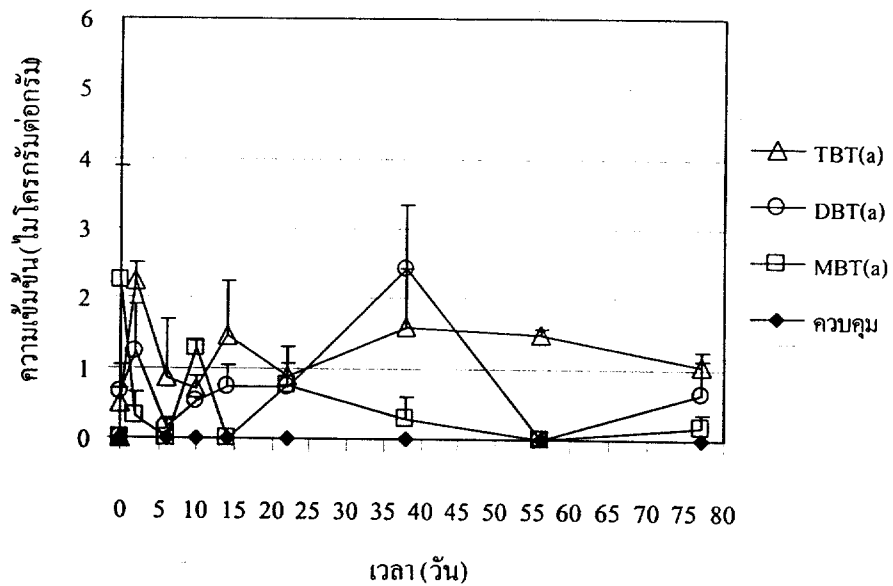
เมื่อเติมไตรบิวทิลทินคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรในตู้ทดลอง พบว่าในระยะเวลา 0.08 วัน มีปริมาณสาร TBT ในดินตะกอนชั้นล่าง 2.50 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณ TBT มีค่าค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 6 และมีปริมาณลดลงตั้งแต่วันที่ 10 เป็นต้นไปจนกระทั่งถึงวันที่ 77 มีปริมาณ 0.77 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนปริมาณสาร DBT เพิ่มขึ้นในวันที่ 2 คือ 3.96 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณลดลงตั้งแต่วันที่ 6 เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณมากกว่า TBT คือ 1.28 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบปริมาณสาร MBT ในวันที่ 6 เมื่อสาร TBT และ DBT มีปริมาณลดลงบ้างแล้ว และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับปริมาณ TBT และ DBT ตลอดการทดลองในวันที่ 77 ที่สิ้นสุดการทดลอง สาร MBT มีปริมาณ 0.39 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในภาพที่ 38 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น DBT และ MBT ตามลำดับ โดยที่ปริมาณของสารและระยะเวลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 38 แสดงปริมาณ TBT DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นล่างที่มีการเติม TBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

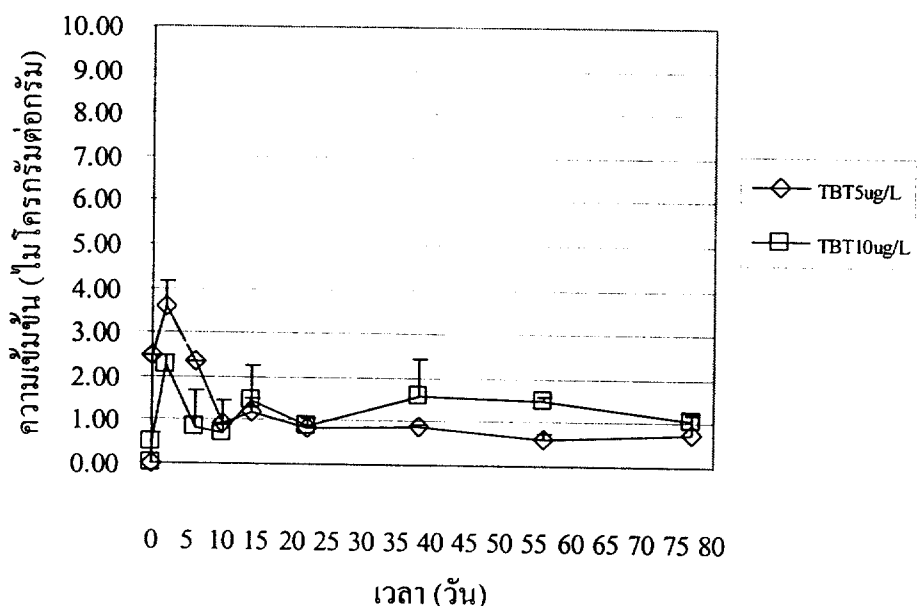
การเปลี่ยนแปลงสภาพ TBT ในตู้ทดลองที่มี TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อเติมไครบิวทิลทินคลอไรด์ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรในตู้ทดลอง พบว่าในระยะเวลา 0.08 วัน มีปริมาณสาร TBT ในดินชั้นล่างเพียงเล็กน้อยคือ 0.48 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 2 พบปริมาณสาร TBT เพิ่มขึ้นเป็น 2.24 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 6 สาร TBT มีปริมาณลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลอง วิเคราะห์ได้ในวันที่ 77 ซึ่งสิ้นสุดการทดลองได้ 1.04 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ส่วนปริมาณสาร DBT พบในระยะเวลา 0.08 วันมีปริมาณ 0.65 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 2 สาร DBT เพิ่มขึ้นเป็น 1.21 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณลดลงจนถึงวันที่ 38 จึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกเป็น 2.43 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 วิเคราะห์สาร DBT มีปริมาณ 0.66 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณ MBT พบได้ในระยะเวลา 0.08 วัน มีปริมาณ 2.25 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาของการทดลอง จนถึงวันที่ 77 สิ้นสุดการทดลองวิเคราะห์ปริมาณ MBT ได้ 0.19 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในภาพที่ 39 สาร TBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ

โดยเกิดการย่อยสลายเป็น DBT และ MBT ตามลำดับ โดยสาร DBT มีปริมาณมากกว่า MBT แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งปริมาณสารและระยะเวลา



ภาพที่ 39 แสดงปริมาณ TBT DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นล่างที่มีการเติม TBT 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในดินตะกอนชั้นล่างในตู้ทดลองที่มีการเติม TBT ปริมาณ 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 22 ตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณการสะสมของ TBT ในดินตะกอนชั้นล่างมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากวันที่ 22 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณของ TBT ในตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม TBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 40 โดยที่ปริมาณของ TBT ในแต่ละตู้ทดลองมีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 18



ภาพที่ 40 แสดงปริมาณ TBT ในดินตะกอนชั้นล่างในตู้ทดลองที่มีการเติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

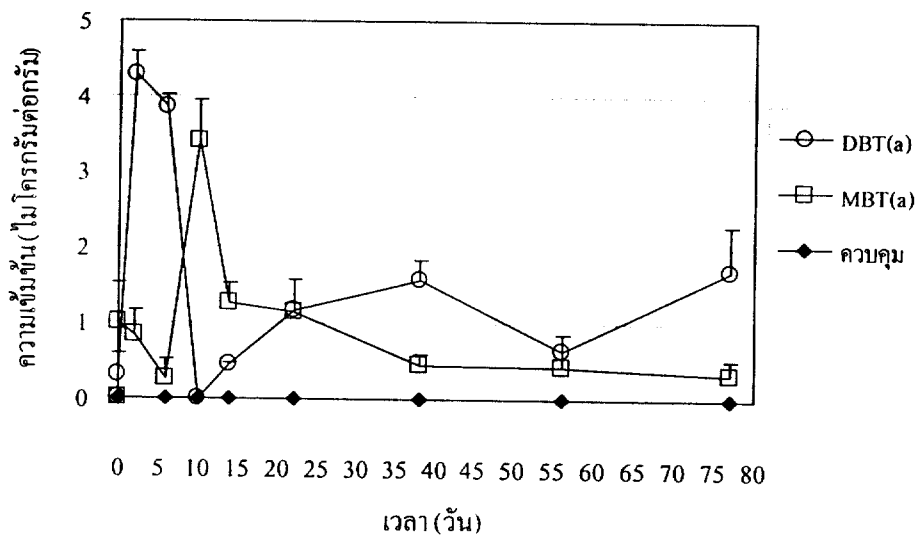
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณของ TBT ในดินตะกอนชั้นล่างของตู้ทดลองที่เติม TBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))	
	TBT 5 ^a	TBT 10 ^a
0	0.00	0.00
0.08	2.50*	0.48
2	3.59*	2.24*
6	2.36*	0.85
10	0.93	0.69
14	1.19*	1.46*
22	0.83	0.89
38	0.89	1.59*
56	0.63	1.50*
77	0.77	1.04*

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร TBT ในดินตะกอนชั้นล่างมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในตู้ทดลองที่มี DBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร

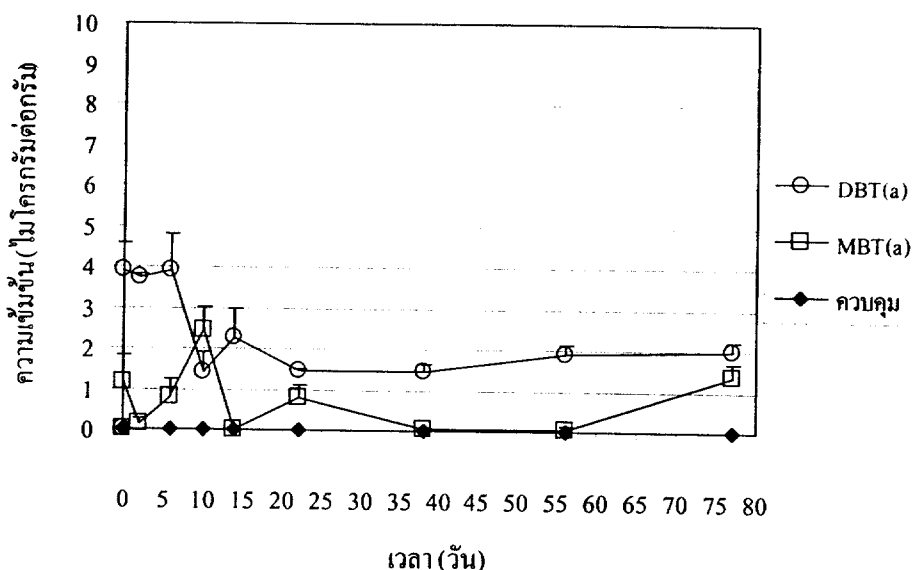
เมื่อเติมโคบิวทิลทินไดคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรในตู้ทดลอง พบปริมาณ DBT เพียงเล็กน้อยในดินชั้นล่าง คือ 0.30 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน ในวันที่ 2 และ 6 DBT เพิ่มขึ้นเป็น 3.86 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในวันที่ 10 DBT มีปริมาณลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 ส่วนปริมาณของ MBT พบว่ามีปริมาณ 1.01 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 หลังจากนั้นจึงมีปริมาณลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง จะเห็นว่าปริมาณ MBT มีการเปลี่ยนแปลงแปรผกผันกับสารตั้งต้น DBT โดยในวันที่ 2 และ 6 ที่มีปริมาณ DBT เพิ่มขึ้นนั้นสาร MBT จะมีปริมาณลดลง ดังแสดงในภาพที่ 41 สาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น MBT แต่ทั้งปริมาณสารและระยะเวลาไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)



ภาพที่ 41 แสดงปริมาณ DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นล่างที่มีการเติม DBT 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, จุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

การเปลี่ยนแปลงสภาพ DBT ในผู้ทดลองที่มี DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

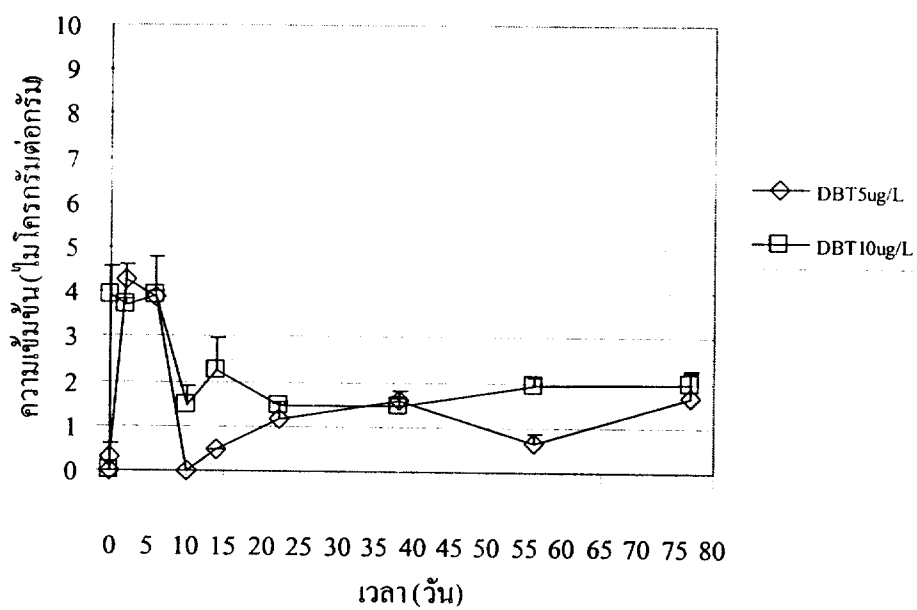
เมื่อเติมโคบีวทิลทินไดคลอไรด์ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตรในผู้ทดลอง พบสาร DBT ในดินตะกอนชั้นล่างปริมาณ 3.82 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน และมีปริมาณคงที่จนถึงวันที่ 6 ของการทดลอง ปริมาณ DBT จึงเริ่มลดลง จนสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณ 1.98 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และพบสาร MBT ปริมาณ 1.16 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตั้งแต่วิธีการ 0.08 วัน แต่ยังมีปริมาณเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ในวันที่ 2 และ 6 และเมื่อ DBT ลดลง MBT ก็จะเพิ่มปริมาณขึ้น จนสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 77 วิเคราะห์ได้ 1.37 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในภาพที่ 42 สาร DBT มีการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยเกิดการย่อยสลายเป็น MBT แต่ไม่มีความแตกต่างกันทั้งปริมาณสารและระยะเวลา ($p > 0.05$)



ภาพที่ 42 แสดงปริมาณ DBT และ MBT ในดินตะกอนชั้นล่างที่มีการเติม DBT 10

ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD, ชุดควบคุมคือไม่เติมสาร, ตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$))

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในดินตะกอนชั้นล่างในตู้ทดลองที่มีการเติม DBT ปริมาณ 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 6 ตู้ทดลองที่เติม DBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร มีปริมาณการสะสมของ TBT ในดินตะกอนชั้นล่างมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร หลังจากวันที่ 6 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณของ DBT ในตู้ทดลองที่เติม DBT ปริมาณ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มมากกว่าในตู้ทดลองที่เติม DBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในภาพที่ 43 โดยที่ปริมาณสาร DBT มีความแตกต่างกันตามระยะเวลา ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 19



ภาพที่ 43 แสดงปริมาณ DBT ในดินตะกอนชั้นล่างในตู้ทดลองที่มีการเติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยมาจาก 3 ซ้ำ Bar คือค่า SD)

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณของ DBT ในดินตะกอนชั้นล่างของตู้ทดลองที่เติม DBT 5 หรือ 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

เวลา (วัน)	ปริมาณสารในตู้ทดลอง (ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง))	
	DBT 5 ^a	DBT 10 ^a
0	0.00	0.00
0.08	0.30	3.92*
2	4.27*	3.72*
6	3.86*	3.92*
10	0.00	1.44*
14	0.46	2.26*
22	1.17*	1.49*
38	1.58*	1.49*
56	0.64	1.93*
77	1.70*	1.98*

หมายเหตุ (*) คือ ระยะเวลาที่สาร DBT ในดินตะกอนชั้นล่างมีปริมาณแตกต่างจากค่าเริ่มต้นของแต่ละชุดทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และตัวอักษรที่เหมือนกัน (a) คือปริมาณสารที่ไม่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพ MBT ในตู้ทดลองที่มี MBT ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตร
เมื่อเติมบิวทิลทินไดรคลอไรด์ปริมาณ 5 ไมโครกรัมต่อลิตรในตู้ทดลอง พบว่ามีปริมาณ MBT ในดินตะกอนชั้นล่าง 1.70 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในระยะเวลา 0.08 วัน และจะเพิ่มปริมาณขึ้นในวันที่ 6 หลังจากนั้นจึงมีปริมาณลดลงจนในวันที่ 77 สิ้นสุดการทดลอง วิเคราะห์ได้ 0.40 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในภาพที่ 44