ISSN 3027-6357 (Print)
ISSN 3027-6365 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 32 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2567) หน้า [12-24]

การประเมินสมบัติของแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล ASTM D6691

Properties Evaluation of Natural Sea Water for Biodegradation Test According to ASTM D6691

จันทนา พันธุ์พราน, มิรันตี ดีเจริญ, นพวรรณ สระแสงตา, ชาญชัย คหาปนะ, สุทธิดา คงเจ้ย, ศิโรรัตน์ ตั้งสถิตพร, อัญชนา พัฒนสุพงษ์*

ห้องปฏิบัติการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของวัสดุ, ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120

Jantana Panpran, Mirantee Deecharern, Nopphawan Srasaengta, Chanchai Kahapana, Suttida Kongjay, Sirorat Tungsatitporn, Anchana Pattanasupong*

Material Biodegradation Testing Laboratory, Material Properties Analysis and Development Centre, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120

Received 5 June 2023; Received in revised 16 January 2024; Accepted 15 February 2024

บทคัดย่อ

ประเมินสมบัติของแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติสำหรับทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐาน ASTM D6691 โดยใช้น้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดชลบุรี (CB) และจังหวัดระยอง (RY) ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง ภายในระยะเวลา 1 ปี ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 เดือนมีนาคมและกรกฎาคม พ.ศ. 2565 ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวก Cellulose Chromatography Grade โดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติทั้ง 2 แหล่ง ตลอดระยะเวลาการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 72.90-94.33 ภายในระยะเวลา 28 วัน ซึ่งเป็นค่าอยู่ในเกณฑ์ระบุตามมาตรฐาน ASTM D6691 คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ภายในระยะเวลา 10-90 วัน กล่าวได้ว่าน้ำทะเลธรรมชาติทั้ง 2 แหล่ง มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ประเมินการสลายตัวทางชีวภาพในน้ำทะเลตามมาตรฐาน ASTM D6691 อย่างไรก็ตาม เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีการทดสอบ การศึกษาในลำดับถัดไปจะเพิ่มพื้นที่ของแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติเพื่อยืนยันความถูกต้องและเชื่อถือได้ถึงวิธีการทดสอบสมบัติการสลายตัวทางชีวภาพของพลาสติกในน้ำทะเล

คำสำคัญ: การสลายตัวทางชีวภาพ, พลาสติก, ASTM D6691, Cellulose Chromatography Grade

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** anchana@tistr.or.th

Abstract

The evaluation of the properties of natural seawater for a biodegradation test in accordance with ASTM D6691 was performed by utilizing seawater from the eastern coast of Thailand, specifically Chonburi Province (CB) and Rayong Province (RY). Samples were collected three times throughout the year: in November 2021, March, and July 2022. The results indicated that, over the study period, the average biodegradation percentages of the positive reference substance (cellulose chromatography grade) in both seawater samples ranged from 72.90% to 94.33% within the 28-day test period. This range aligns with the criteria outlined in ASTM D6691, which specifies that the biodegradation value of the positive reference substance must exceed 70% within the 10 to 90 days period. In conclusion, both sources of natural seawater exhibit properties suitable for assessing biodegradation according to ASTM D6691. For the upcoming study, the collection area for seawater will be expanded to validate the test method and provide evidence of its accuracy and reliability in the biodegradation testing of plastics in seawater.

Keywords: Biodegradation; Plastics; ASTM D6691; Cellulose chromatography grade

Science32-N3.indd 13 20/6/2567 BE 13:33

1. บทนำ

องค์การสหประชาชาติ (United Nation; UN) คาดการณ์จำนวนประชากรโลกจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 9.8 พันล้านคนภายในปี ค.ศ. 2050 และ 11.2 พันล้านคนภายในปี ค.ศ. 2100 [1] ส่งผลต่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ประชากรโลกเร่งพัฒนาความรู้เพื่อนำวิทยาการและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆมาใช้ในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น โดยพลาสติกเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งการผลิตกำลังเติบโตอย่างทวีคูณและคาดว่าจะถึง 800 ล้านตัน ในปี ค.ศ. 2050 [2] นำไปสู่การปนเปื้อนและตกค้างของขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อม จากรายงานผลการประเมินโดยธนาคารโลก (World Bank) ที่ว่าในปี ค.ศ. 2025 ทั่วโลกจะมีขยะพลาสติกมากถึง 6 ล้านตันต่อวัน โดยภูมิภาคเอเชียมีกำลังการผลิตและการใช้พลาสติกเป็นอันดับหนึ่งของโลก [3] นอกจากนี้ ประเทศไทยมีการสร้างขยะพลาสติกต่อประชากรสูงเป็นอันดับที่ 3 ของโลก โดยมีปริมาณ 4.8 ล้านตันต่อปี [4] และมีขยะพลาสติกตกค้างในทะเลประมาณ 23,000 ตัน ซึ่งสูงเป็นอันดับ 5 ของโลก [5] โดยขยะพลาสติกสามารถกลายเป็นไมโครพลาสติกได้จากการแตกหักหรือการเสื่อมสภาพด้วยแสงหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่ไม่สามารถสลายตัวได้ง่ายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ จึงคงสภาพอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานมาก สามารถดูดซับสารพิษและสะสมในห่วงโซ่อาหาร เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยรอบและมีแนวโน้มความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น [6] ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการสะสมในสัตว์น้ำที่วางจำหน่ายในตลาดประมงขนาดใหญ่ของประเทศไทย [7] แนวทางหนึ่งในการป้องกันและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม คือ การใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่สลายตัวได้ง่ายทางชีวภาพและไม่มีค่าความเป็นพิษตกค้างในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับมาตรการการค้าด้านสิ่งแวดล้อมของหลายประเทศในโลกที่มีข้อกำหนดเป็นมาตรการภาคบังคับในการห้ามใช้หรือจัดเก็บภาษีผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น หรือรณรงค์มาตรการภาคสมัครใจ เพื่อเพิ่มความตระหนักและสนับสนุนให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์พลาสติกจำเป็นต้องมีการทดสอบสมบัติการสลายตัวได้ทางชีวภาพด้วยวิธีการที่ได้การยอมรับระดับสากล

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกโดยเฉพาะในทวีปอเมริกาและยุโรปได้กำหนดมาตรการที่เข้มงวดด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มาตรฐานการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกในน้ำทะเลเป็นเงื่อนไขหนึ่งที่สำคัญสำหรับการจัดการปัญหาและลดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับโลกอย่างยั่งยืน โดยมาตรฐาน ASTM D6691 [8] เป็นหนึ่งในมาตรฐานการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของพลาสติกในน้ำทะเลที่ได้การยอมรับในระดับสากล ใช้หลักการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนสะสมที่กลุ่มจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ในตัวอย่างทดสอบ โดยมาตรฐานระบุว่า เกณฑ์ความถูกต้องของวิธีการทดสอบต้องมีค่าการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวก (Positive reference material) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ภายในระยะเวลา 10-90 วันของการทดสอบ มาตรฐานนี้ใช้ทดสอบพลาสติกได้หลากหลายประเภท อาทิ พอลิแลคติคแอซิด (Polylactic acid: PLA) [9] พอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Polyhydroxybutyrate: PHB) [10] แผ่นฟิล์มพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (Polyhydroxyalcanoates: PHAs) สูตร 2200 [11] เป็นต้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติสำหรับนำมาพัฒนาวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D6691 โดยใช้สารอ้างอิงเชิงบวก Cellulose Chromatography Grade ซึ่งความสำเร็จของการพัฒนาวิธีการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยและผู้ประกอบการในการบ่งชี้สมบัติของพลาสติกสลายตัวทางชีวภาพในสิ่งแวดล้อมทางทะเล รวมถึงยกระดับมาตรฐานและความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการไทยในตลาดการค้าสากล

Science32-N3.indd 14 20/6/2567 BE 13:33

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ตัวอย่างจากแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติ

เก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยในเขตภาคตะวันออกจำนวน 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี (CB) และจังหวัดระยอง (RY) โดยเก็บตัวอย่างจังหวัดละ 3 จุด (Figure 1 และ Table 1) จุดละ 3 ครั้ง ในเดือนพฤศจิกายน 2564 เดือนมีนาคม และเดือนกรกฎาคม 2565 เพื่อเป็นตัวแทนในรอบ 1 ปี นำมาวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้น ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ฟอตเฟส-ฟอสฟอรัส และปริมาณแบคทีเรียรวม รายละเอียดดัง Table 2

2.2 การทดสอบตามมาตรฐานสากล ASTM D6691

ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐานสากล ASTM D6691 โดยใช้หลักการตรวจวัดปริมาณ Biological Oxygen Demand (BOD) เริ่มการทดสอบโดยเติมสารอ้างอิงเชิงบวกตามระบุในมาตรฐาน ASTM D6691 คือ Cellulose Chromatography Grade (Table 3) ปริมาณ 0.25 ± 0.01 กรัมต่อลิตร ลงในน้ำทะเลปริมาตร 250 มิลลิตร ที่เติมธาตุ NH_4Cl ปริมาณ 0.05 กรัมต่อลิตร และ $KH_2(PO_4)$ ปริมาณ 0.10 กรัมต่อลิตร [14] ในภาชนะทดสอบขนาด 500 มิลลิลิตร รายละเอียดชุดทดสอบดัง Table 4 จากนั้นนำไปบ่มเลี้ยงในระบบปิดที่มีการกวนอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer) ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ตรวจวัดปริมาณ BOD สะสมตลอดระยะเวลาการทดสอบ 10-90 วัน ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แสดงผลเป็นร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ที่คำนวณจากปริมาณ BOD สะสมเทียบกับค่าวิเคราะห์ปริมาณ Chemical oxygen demand (COD) ของ Cellulose Chromatography Grade

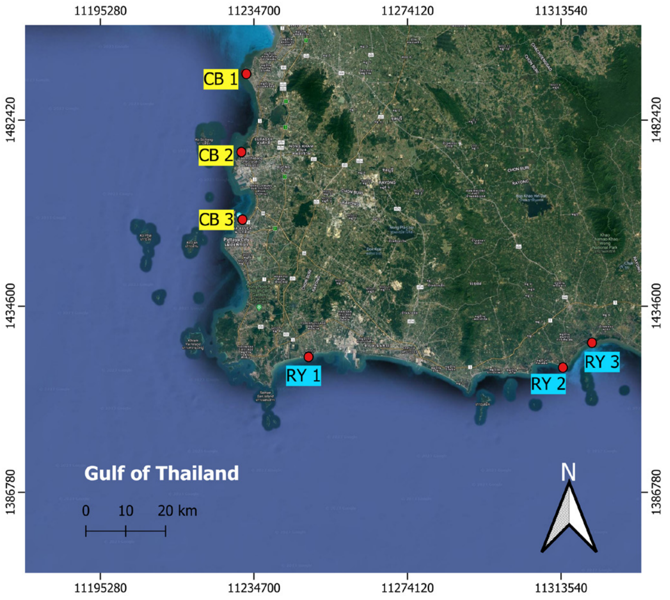


Figure 1 Map of seawater sampling areas

Source: Google Developers [12]

Table 1 Seawater sampling areas

No.	Codes	Provinces	Locations	Geographic Coordinate	
				Latitude	Longitude
1.	CB1	Chonburi	Saen Suk Subdistrict, Mueang District	13.30418	100.90194
2.	CB2		Thung Sukhla Subdistrict, Si Racha District	13.12362	100.89759
3.	CB3		Naklua Subdistrict, Banglamung District	12.97511	100.89683
4.	RY1	Rayong	Phla Subdistrict, Ban Chang District	12.66509	101.04643
5.	RY2		Kram Subdistrict, Klaeng District	12.64905	101.62057
6.	RY3		Neunkho Subdistrict, Klaeng District	12.69614	101.70121

Table 2 Physical, chemical and biological properties analysis

No.	Parameters	Equipment/ Methods
1.	Water temperature	Thermometer
2.	Salinity	Refractometer
3.	pH	Electrochemical by pH meter
4.	Dissolved oxygen	Electrochemical by DO meter
5.	Dissolved organic carbon	Total organic carbon analyzer
6.	Total bacteria	Total Plate Count
7.	Ammonia-Nitrogen, Nitrate-Nitrogen, Phosphate-Phosphorus	APHA-AWWA-WPCF [13]

Science32-N3.indd 16 20/6/2567 BE 13:33

Table 3 Data of reference material [15]

No.		Details
1.	Name	Cellulose, for column chromatography
2.	Brand	Sigma-Aldrich
3.	CAS-No.	9004-34-6
4.	Identified uses	Laboratory chemicals, Manufacture of substances
5.	Physical state	Powder, white color
6.	COD /1	1.21 mg/mg

Note: /1 Analysis method; APHA-AWWA-WPCF [13]

Table 4 Data of the treatments

No.	Treatments	Specifications
1.	Control	Natural sea water
2.	Reference material	Natural sea water mixed with cellulose chromatography grade

2.3 การคำนวณค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ [16]

2.3.1 คำนวณค่า BOD_S ของตัวอย่าง

$$BOD_s = \frac{BOD_t - BOD_{Bt}}{P_{TC}}$$

BOD_S = ปริมาณ BOD ของสารอ้างอิงหรือสารทดสอบ (mg/g)

BOD_t = ปริมาณ BOD ในชุดสารอ้างอิงหรือสารทดสอบ (mg/L)

BOD_{Bt} = ปริมาณ BOD ในชุดควบคุม (mg/L)

P_{TC} = ความเข้มข้นของสารอ้างอิงหรือสารทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ (g/L)

2.3.2 คำนวณค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ

$$\text{Biodegradation (\%)} = \frac{BOD_s}{COD} \times 100$$

Biodegradation (%) = ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ

BOD_s = ปริมาณออกซิเจนที่กลุ่มจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ (mg/mg)

COD = ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดซ์ตัวอย่างทดสอบ (mg/mg)

Science32-N3.indd 17 20/6/2567 BE 13:33

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และการสลายตัวทางชีวภาพในน้ำทะเลของสารอ้างอิงเชิงบวกมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan Multiple Rang Test (DMRT)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 สมบัติเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำทะเลธรรมชาติ

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำทะเลที่เก็บบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ในรอบ 1 ปี พบว่ามีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำ ความเค็ม แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำ อินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณแบคทีเรียรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงใน Table 5 สำหรับตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บบริเวณชายฝั่งจังหวัดระยอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสมบัติเบื้องต้นของอุณหภูมิน้ำ ความเค็ม ปริมาณแบคทีเรีย แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจนละลายน้ำและอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงใน Table 6 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำทะเลที่เก็บในเดือนมีนาคมและกรกฎาคม

Table 5 General properties of natural sea water in Chonburi province

Parameters	A	B	C	F-test	Standard values [17]
1. Water temperature (°C)	31.67 ± 0.58	32.00 ± 1.00	32.40 ± 0.70	ns	-
2. Salinity (ppt)	30.00 ± 0.00	30.00 ± 0.00	29.67 ± 0.58	ns	-
3. pH	7.23^{a} ± 0.02	8.00^{b} ± 0.02	7.92^{b} ± 0.10	**	7.0-8.5
4. Dissolved oxygen (mg/L)	6.42^{a} ± 0.18	6.90^{b} ± 0.03	7.11^{b} ± 0.16	**	≥4.0
5. Dissolved organic carbon (mg/L)	2.92^{a} ± 0.42	4.70^{b} ± 0.23	5.67^{c} ± 0.22	**	-
6. Total bacteria count (log CFU/mL)	2.67^{b} ± 0.58	1.67^{a} ± 0.58	1.33^{a} ± 0.58	**	-
7. Ammonia-Nitrogen (mg/L)	0.09 ± 0.16	nd	nd	ns	-
8. Nitrate-Nitrogen (mg/L)	0.10^{a} ± 0.00	0.12^{b} ± 0.01	0.10^{a} ± 0.00	**	≤0.06
9. Phosphate-Phosphorus (mg/L)	<0.10 ± 0.00	<0.10 ± 0.00	<0.10 ± 0.00	ns	≤0.045

Note: 1) Data sho6wn as means ± S.D.
2) Means followed by different letters in a same row are significantly different at p≤0.05 by DMRT
3) ** = significantly different (p<0.05), ns = not significant, nd = not detectable, A = November 2021, B =March 2022, C = July 2022

Science32-N3.indd 18 20/6/2567 BE 13:33

Table 6 General properties of natural sea water in Rayong province

Parameters	A	B	C	F-test	Standard values [17]
1. Water temperature (°C)	30.10 ± 0.12	33.73 ± 3.19	33.83 ± 0.76	ns	-
2. Salinity (ppt)	30.00 ± 0.00	29.33 ± 0.58	20.00 ± 10.00	ns	-
3. pH	7.56^{a} ± 0.02	8.10^{b} ± 0.04	7.92^{b} ± 0.19	**	7.0-8.5
4. Dissolved oxygen (mg/L)	6.76^{a} ± 0.06	6.78^{a} ± 0.02	7.24^{b} ± 0.17	**	≥4.0
5. Dissolved organic carbon (mg/L)	2.32^{a} ± 0.10	4.83^{b} ± 0.91	5.41^{b} ± 0.77	**	-
6. Total bacteria count (log CFU/mL)	1.33 ± 0.58	1.67 ± 0.58	1.33 ± 0.58	ns	-
7. Ammonia-Nitrogen (mg/L)	0.09 ± 0.09	nd	0.13 ± 0.11	ns	-
8. Nitrate-Nitrogen (mg/L)	0.10 ± 0.00	0.13 ± 0.02	0.16 ± 0.10	ns	≤0.06
9. Phosphate-Phosphorus (mg/L)	<0.10 ± 0.00	<0.10 ± 0.00	<0.10 ± 0.00	ns	≤0.045

Note: 1) Data shown as means ± S.D.
2) Means followed by different letters in a same row are significantly different at p≤0.05 by DMRT
3) ** = significantly different (p<0.05), ns = not significant, nd = not detectable, A = November 2021, B = March 2022, C = July 2022

2565 มีค่าสูงกว่าเดือนพฤศจิกายน 2564 อาจส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และค่าอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย สำหรับปริมาณแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำจากจังหวัดชลบุรีที่เก็บในเดือนมีนาคมและกรกฎาคม 2565 มีปริมาณน้อยกว่าเดือนพฤศจิกายน 2564 อย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากค่าที่ค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อยจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำทะเลที่วิเคราะห์ได้กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสำหรับเขตชุมชน (ประเภทที่ 6) พบว่า ความเป็นกรด-ด่างและออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ในขณะที่ ไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ปี 2564 [17] เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเลมีการประกอบกิจกรรมหลายประเภท อาทิ แหล่งท่องเที่ยว การประมง และใกล้เคียงชุมชน ทำให้เกิดของเสียหรือน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจำนวนมากลงสู่แหล่งน้ำทะเล จึงมีส่วนในการเพิ่มสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้กับแหล่งน้ำ [18]

3.2 การสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade

จากผลการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ในตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรีและระยองที่เก็บตัวอย่างในรอบ 1 ปี ภายในระยะเวลาทดสอบ 28 วัน พบว่าจังหวัดชลบุรีมีค่าเฉลี่ยร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพอยู่ในช่วง 76.66-91.41 โดยในเดือนมีนาคมและกรกฎาคม 2565 มีค่าแตกต่างจากเดือนพฤศจิกายน 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บในเดือนมีนาคมและกรกฎาคม 2565 ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียรวมโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.33-1.67 log CFU/mL และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกับเดือนพฤศจิกายน 2564 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างน้ำทะเลในเดือนมีนาคมและกรกฎาคม 2565 มีค่าค่อนข้างเป็นด่าง อาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ซึ่งค่าความความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมีค่าประมาณ 7 [19] ในขณะที่ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพที่ทดสอบกับตัวอย่างน้ำทะเลจากจังหวัดระยองพบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 85.89-90.74 โดยรอบ 1 ปี มีค่าการสลายตัวทางชีวภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงใน Table 7 และ Figure 2

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรีและระยองในรอบ 1 ปีมีค่าของสมบัติทางกายภาพ เคมีและชีวภาพบางรายการที่แตกต่างกันในแต่ละเดือนที่มีการเก็บตัวอย่าง แต่ไม่มีผลต่อร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ซึ่งมีค่าผ่านตามเกณฑ์ระบุในมาตรฐาน ASTM D6691 ที่กำหนดว่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวกต้องไม่น้อยกว่า 70 ภายในระยะเวลาทดสอบ 10-90 วัน

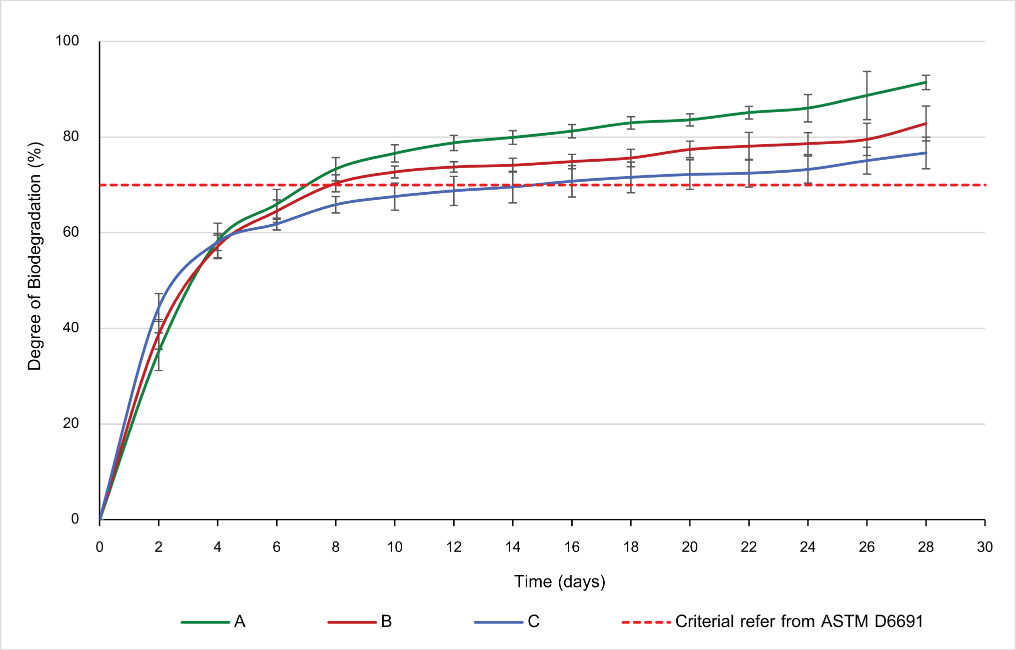
จากผลการศึกษาทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำทะเลธรรมชาติทั้ง 2 จังหวัดที่เก็บตัวอย่างในรอบ 1 ปี มีสมบัติที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงให้ผลการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ที่ผ่านตามเกณฑ์ระบุในมาตรฐาน ASTM D6691

Table 7 BOD value and biodegradation percentages of cellulose chromatography grade

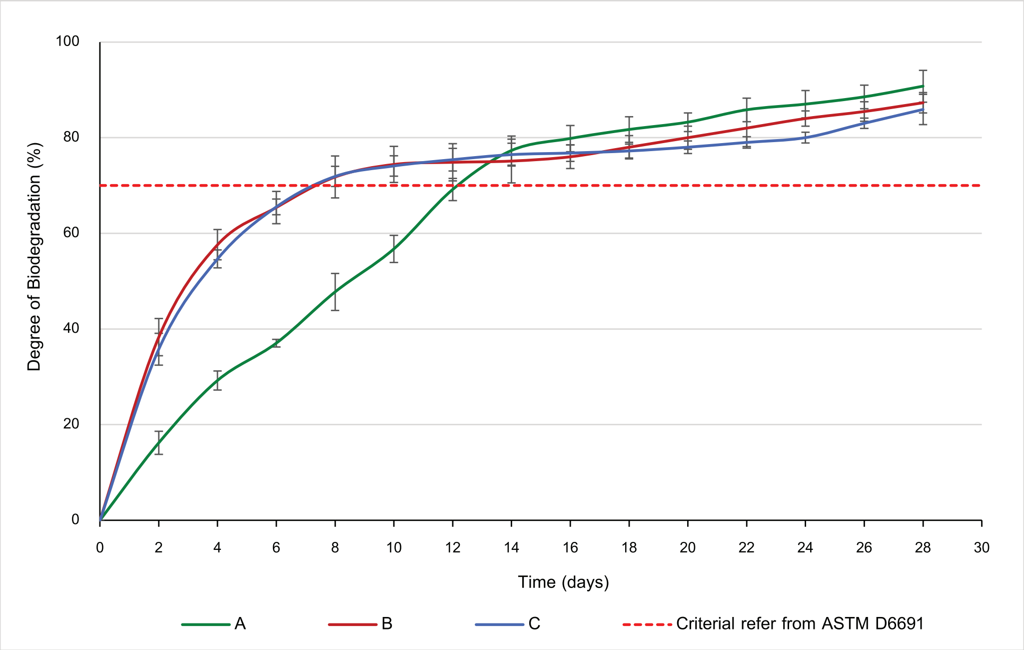
Months	Chonburi			Rayong		
	BOD[/1] (mg/L)		Biodegradation (%)	BOD[/1] (mg/L)		Biodegradation (%)
	Control	Reference material		Control	Reference material	
A	6.13 ± 0.85	272.31 ± 6.32	91.42[b] ± 1.50	11.67 ± 3.06	277.17 ± 8.85	90.74 ± 3.35
B	2.82 ± 1.50	230.65 ± 8.11	82.82[a] ± 3.66	2.68 ± 1.41	243.72 ± 7.82	87.30 ± 2.13
C	4.47 ± 1.55	227.63 ± 8.66	76.66[a] ± 3.30	8.52 ± 1.30	252.01 ± 9.22	85.89 ± 3.15
F-test	-	-	**	-	-	ns

Note: 1) Data shown as means ± S.D.
2) Means followed by different letters in a same row are significantly different at p≤0.05 by DMRT
3) [/1] Analysis method: The manometric respirometric BOD OxiTop Control apparatus [20]
4) ** = significantly different (p<0.05), ns = not significant, A = November 2021, B =March 2022, C = July 2022

Science32-N3.indd 20 20/6/2567 BE 13:33



(Chonburi province)



(Rayong province)

Figure 2 Biodegradation percentages of cellulose chromatography grade
A = November 2021, B =March 2022, C = July 2022

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lynn (2018) [14] ที่รายงานค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ที่ 80.9 เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D6691 โดยตรวจวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสะสมของจุลินทรีย์ในน้ำทะเลธรรมชาติด้วยระบบ Respirometer ภายในระยะเวลาทดสอบ 28 วัน รวมถึงการศึกษาของ Tanadchangsaeng and Pattanasupong (2022) [21] ที่รายงานค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของ Cellulose Chromatography Grade ที่ 88.8 และ 100.0 ภายในระยะเวลาทดสอบ 28 วัน เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D6691 โดยน้ำทะเลสังเคราะห์และน้ำทะเลธรรมชาติ ตามลำดับ

4. สรุป

น้ำทะเลธรรมชาติบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทยทั้ง 2 จังหวัด คือ จังหวัดชลบุรี (บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง CB1, CB2 และ CB3) และจังหวัดระยอง (บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง RY1, RY2 และ RY3) ที่เก็บตัวอย่าง 3 ครั้งในรอบ 1 ปี คือ เดือนพฤศจิกายน 2564 เดือนมีนาคมและกรกฎาคม 2565 มีสมบัติที่ผ่านตามเกณฑ์ระบุและสามารถนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อเพื่อทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพในน้ำทะเลตามมาตรฐาน ASTM D6691 ได้ การศึกษาในลำดับถัดไปจะมีการเพิ่มพื้นที่ของแหล่งเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด เพื่อให้ครอบคลุมชายฝั่งจังหวัดภาคตะวันออกของประเทศไทย รวมถึงตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการทดสอบนี้ตลอดจนเป็นการยืนยันความถูกต้องและเชื่อถือได้ถึงสมบัติการสลายตัวทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) พ.ศ. 2565

6. References

[1] Department of Economic and Social Affairs United Nations, 2017, World Population Prospects, Available Source: https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100, May 10, 2023.

[2] Rouch, D., 2019, Plastic Future: How to Reduce the Increasing Environmental Footprint of Plastic Packaging Report, Available Source: https://www.researchgate.net/publication/337506127., March 13, 2023.

[3] Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Law, K.L., 2015, Plastic waste inputs from land into the ocean, Sciencemag, 347(6223): 768-771.

[4] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2021, June 4, 2022, Thailand ranks third in the world in generating waste, Available Source: https://www.onep.go.th/4 June 2022 Thai Sang Khaya Mak.html., March 13, 2023. (in Thai)

[5] Melvilly, S.F.,2021, Ranked: The top 10 countries that dump the most plastic into the ocean, Available Source: https://www.euronews.com/green/2021/06/22/ranked-the-top-10-countries-that-dump-the-most-plastic-into-the-ocean., March 15, 2023.

[6] Bethanie, M., Linn, A., Sofia, R., Petersson, H., Johansson, M. and Persson, N., 2018, Quantifying shedding of synthetic fibers

Science32-N3.indd 22 20/6/2567 BE 13:33

from textiles; a source of microplastics released into the environment. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 25(2): 1191-1199.

[7] Saelee, P., Wongsoonthornchai, M. and Phasukphan, N., 2021, The Contamination of Microplastics in Mussel (Mytilus edulis), and Oyster (Crassostrea gigas): A Case Study from a Fish Market, Chonburi Province, Burapha Sci. J., 26(3): 1726-1744. (in Thai)

[8] American Society for Testing and Materials, 2017, ASTM D6691-17: Standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials in the marine environment by a defined microbial consortium or natural sea water inoculum.

[9] Tachibana, K., Urano, Y. and Numata, K., 2013, Biodegradability of nylon 4 film in a marine environment, Polym. Degrad. Stab., 2013(98): 1847-1851.

[10] Narancic, T., Verstichel, S., Reddy, Chaganti, S., Morales-Gamez, L., Kenny, S., Dewilde, B., Padamati, R. and O'Connor, K., 2018, Biodegradable plastic blends create new possibilities for end-of-life management of plastics but they are not a panacea for plastic pollution, Environ. Sci. Technol., 52(18): 10441-10452.

[11] Meereboer, K., Misra, M. and Mohanty, A., 2020, Review of recent advances in the biodegradability of polyhydroxyalkanoate (PHA) bioplastics and their composites, Green. Chem., 22: 5519-5558.

[12] Google Developer, 2023, Google Maps JavaScript API v3.54. Accessed November 20, Available from https://www.google.com/maps/@12.9386688,101.5369872,119516m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu

[13] APHA, AWWA and WEF, 2017, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed., Part 4500), Washington DC: American Public Health Association.

[14] Lynn Serbruyns, 2018, Marine aerobic biodegradation test of NuPlastiQ GP 1000, Available Source: https://www.biologiq.com/wp-content/uploads/2022/05/RA.DRA-8_Rev00.pdf., December 8, 2022.

[15] Supleco®, 2022, Safety data sheet of cellulose, CAS no. 9004-34-6, Copyright 2020 Sigma-Aldrich Co. LLC.

[16] International Organization for Standardization ISO 9408, 1999, Water quality-Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium by determination of oxygen demand in a closed respirometer, Switzerland ISO copyright, 22pp.

[17] National Environment Board, 2021, Announcement of the National Environment Board on the Determination of Sea Water Quality Standards., October 6, 2021. (in Thai)

[18] Musika, C., Wongsudawan, W., Munhapon, A. and Thongra-ar, W., 2007, A Situation of Coastal Water Quality along the

Eastern Coast of Thailand in 2005, Burapha Sci. J., 12(1): 33-44. (in Thai)

[19] Kim, C., Wilkins, K., Bowers, M., Wynn, C. and Ndegwa, E., 2018, Influence of Ph and Temperature on Growth Characteristics of Leading Foodborne Pathogens in a Laboratory Medium and Select Food Beverages. Austin Food Sci., 3(1): 1-8.

[20] WTW GmbH, 2019, Operating manual System Oxitop Control, Weilheim Germany.

[21] Tanadchangsaeng, N. and Pattanasupong, A., 2022, Evaluation of Biodegradabilities of Biosynthetic polyhydroxyalkanoates in Thailand Seawater and Toxicity Assessment of Environmental Safety Levels. Polymers, 2022, 1-14.

Science32-N3.indd 24 20/6/2567 BE 13:33