

คุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำจากอาหารกุ้งและปุ๋ยคอก โดยใช้เทคนิคฟลูออเรสเซนส์สเปกโตรสโกปี

Characteristic of Dissolved Organic Matter Derived from Commercial Shrimp Feed Pellet and Cow Manure by Fluorescence Spectroscopy

มารุต สุขสมจิตร* และไตรเทพ วิชัยโกวิทเทน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Marut Suksumjit* and Tritep Vichkovitten

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

สารอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic matter, DOM) มีบทบาทสำคัญทั้งด้านบวกและด้านลบต่อระบบนิเวศ ทางน้ำ น้ำเสียที่ระบายจากกิจกรรมการเกษตร เช่น ฟาร์มปศุสัตว์ นาข้าว บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีสารอินทรีย์ละลายน้ำปนเปื้อนอยู่มาก ส่งผลทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติที่รองรับน้ำทิ้งดังกล่าวมีคุณภาพเสื่อมโทรมลง เทคนิค three dimension excitation emission matrix (3D EEM) fluorescence spectroscopy ถูกนำมาใช้ในการศึกษาองค์ประกอบของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกุ้งชนิดเม็ดและปุ๋ยคอก จากการศึกษาพบสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์ 3 ชนิด ได้แก่ tyrosine, tryptophan และ humic ในอาหารกุ้งกุลาดำ และพบ tryptophan และ humic ในอาหารกุ้งก้ามกราม ในส่วนของปุ๋ยคอกกลับพบเพียง humic เพียงชนิดเดียว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่ละลายจากตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบแตกต่างกัน นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าเทคนิค fluorescence spectroscopy มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ตรวจพบในแหล่งน้ำธรรมชาติ

คำสำคัญ : สารอินทรีย์ละลายน้ำ; 3D EEM fluorescence spectroscopy; อาหารกุ้ง; ปุ๋ยคอก

Abstract

Dissolved organic matter (DOM) has an important role in water ecosystem. Wastewater from agricultural activities e.g. livestock farm, paddy field, aquaculture pond that contained high

amount of DOM caused the deterioration in receiving water. Three dimension excitation emission matrix (3D EEM) fluorescence spectroscopy was used to characterize and differentiate DOM leaching from two shrimp feed pellets and cow manure. From this study, three fluorescence DOM (tyrosine, tryptophan, humic-like substances) were found in black tiger shrimp sample. Two fluorescence DOM (tryptophan, humic-like substances) were found in giant freshwater prawn sample. In contrast, humic-like substance was found in cow manure. The result showed that characteristic of DOM leaching from commercial feed pellets of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*), giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and cow manure were different. Moreover, this also suggested that fluorescence spectroscopy might be a potential tool for tracing the source of contaminated DOM.

Keywords: dissolved organic matter; 3D EEM fluorescence spectroscopy; shrimp feed; cow manure

1. บทนำ

สารอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic matter, DOM) มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศทางน้ำหลายด้าน เช่น สารคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (dissolved organic carbon, DOC) ในมหาสมุทร มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรของคาร์บอน สารอินทรีย์ละลายน้ำเป็นแหล่งพลังงาน (energy source) ของแบคทีเรียในแหล่งน้ำ [1] และยังมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความเป็นพิษของโลหะหนักในแหล่งน้ำอีกด้วย [2,3] นอกจากนี้สารอินทรีย์ละลายน้ำที่ระบายจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่าง ๆ เมื่อลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติสามารถส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำได้หลายประการ เช่น สารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำเสียที่ระบายจากแหล่งชุมชนจะส่งผลทำให้แหล่งรองรับน้ำทิ้งมีสภาพความอุดมสมบูรณ์สูง (eutrophication) และอาจเกิดสภาวะขาดแคลนออกซิเจนในแหล่งน้ำได้ [4] นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารอินทรีย์ละลายน้ำมีความเชื่อมโยงกับการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (bloom) ของสาหร่ายที่เป็นอันตราย (harmful algal bloom, HAB) อีกด้วย [5]

สารอินทรีย์ละลายน้ำที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีที่มาจากทั้งจากกระบวนการทางธรรมชาติ (autochthonous) เช่น การปลดปล่อยจากสิ่งมีชีวิต (แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สาหร่าย) การชะล้างของน้ำฝน (water runoff) และจากกิจกรรมของมนุษย์ (allochthonous) เช่น น้ำทิ้งจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม กิจกรรมการเกษตรต่าง ๆ (ฟาร์มปศุสัตว์ นาข้าว บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปลดปล่อยสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ระบายจากกิจกรรมการเกษตรกันอย่างกว้างขวาง [6-9] ซึ่งมีสาเหตุมาจากความเสื่อมโทรมลงของแหล่งน้ำธรรมชาติที่รองรับน้ำทิ้งที่ระบายจากกิจกรรมการเกษตรและการขยายตัวของกิจกรรมการเกษตรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การศึกษาส่วนใหญ่รายงานปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ปลดปล่อยในรูปค่าบีโอดี (BOD, biological oxygen demand)

เทคนิค fluorescence spectroscopy ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในการศึกษาองค์ประกอบ ความเข้มข้น การแพร่กระจาย และการ

ผันแปรของสารอินทรีย์ละลายน้ำในแหล่งน้ำ [10-12] โดยศึกษาจากสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีสมบัติฟลูออเรสเซนซ์ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำทั้งในน้ำที่ระบายจากแหล่งกำเนิดมลพิษและในแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อนำไปใช้ในการระบุแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ละลายน้ำอีกด้วย [2,13-15] การตรวจวัดด้วยเทคนิค fluorescence spectroscopy สามารถทำได้ง่าย ไม่ต้องการเตรียมตัวอย่าง และใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่นานนัก นอกจากนี้ผลที่ได้ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของสารอินทรีย์ [2]

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลาย (leaching) จากอาหารกุ้งชนิดเม็ด (กุ้งกุลาดำและกุ้งก้ามกราม) และปุยคอก ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตที่ใช้ในกิจกรรมการเกษตรที่มีความสำคัญ โดยใช้เทคนิค fluorescence spectroscopy ในการตรวจวัด ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาพิจารณาเพื่อประเมินความเป็นไปได้ที่จะนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้ในการระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ระบายจากกิจกรรมการเกษตร

2. อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ศึกษาคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกุ้งชนิดเม็ดที่มีขายในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่ กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) และปุยคอก (มูลวัว) โดยชั่งตัวอย่าง 1.5 ± 0.01 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น (pure water, Branstead E-pure purification system, Dubuque, Iowa) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Fisher Scientific ISOPEMP 210) โดยกำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 30 ± 0.5 องศาเซลเซียส แช่ตัวอย่างนาน 30 นาที ตามวิธีการของ Pasugdee

และคณะ [8] เก็บตัวอย่างน้ำ 2 ครั้ง ที่เวลาเริ่มต้น (0 นาที) และ 30 นาที กรองตัวอย่างทันทีผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/F) ขนาด 25 มิลลิเมตร ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่อาจตกค้างอยู่บนกระดาษกรอง เก็บตัวอย่างน้ำที่กรองได้ในขวดแก้วสีขาแช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับตัวอย่างจะต้องผ่านการล้างทำความสะอาดตามปกติ และนำไปแช่ในกรดเกลือเข้มข้น 10 % ทั้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้งานเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่อาจตกค้างบนภาชนะ

ตรวจวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง fluorescence spectrophotometer (JASCO FP 6300) กำหนดค่าความยาวคลื่น excitation และ emission ที่จะตรวจวัดไว้ระหว่าง 220-550 นาโนเมตร และตั้งค่า band width ที่ 5 นาโนเมตร ใช้คิวเวตต์ที่ทำจาก quartz ขนาด 1 เซนติเมตร ในการตรวจวัด ใช้น้ำกลั่น (pure water, Branstead E-pure purification system, Dubuque, Iowa) เพื่อตรวจสอบสถานะของเครื่องมือตามวิธีการของ Nagao และคณะ [16] ค่าที่ตรวจวัดได้จะถูกนำมาสร้างเป็น 3-dimension excitation emission fluorescence spectrum โดยแกน x แทนค่า emission และแกน y แทนค่า excitation มีหน่วยเป็นนาโนเมตร (nm) สำหรับแกน z แทนค่าความเข้มที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือ ระบุตำแหน่งของ peak โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่มีความเข้มสูงสุด แปลงค่าความเข้มที่ peak ต่าง ๆ ให้อยู่ในหน่วย quinine sulfate unit (QSU) ตามวิธีการที่ระบุใน [13,16,17] โดย 10 QSU จะเท่ากับค่าความเข้มของสารละลาย quinine sulfate dihydrate (Wako) เข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร ใน 0.05 M

H_2SO_4 ที่ความยาวคลื่น excitation และ emission (ex./em.) เท่ากับ 345/455 นาโนเมตร และระบุชนิดของสารอินทรีย์ละลายน้ำโดยเปรียบเทียบตำแหน่งของ peak ที่ระบุได้กับตำแหน่งของ peak ของสารต่าง ๆ ที่มีการรายงานไว้ในรายงานการศึกษาในอดีต

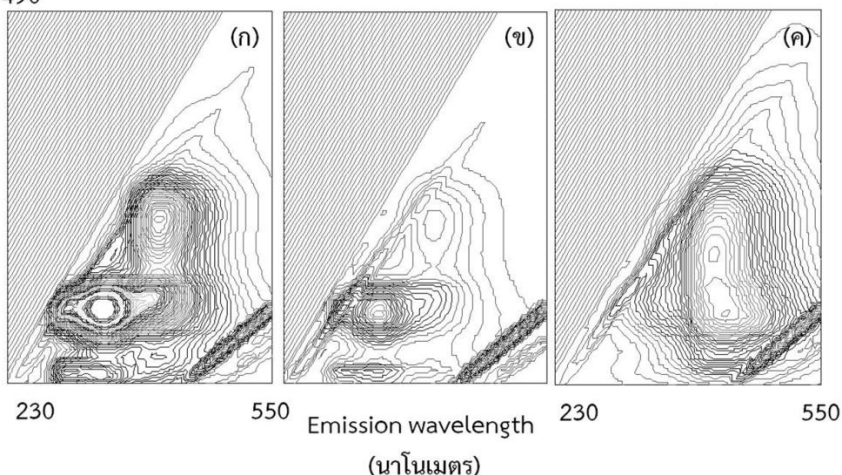
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาพบว่าคุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์ของตัวอย่างน้ำที่แช่อาหารกุ้งทั้ง 2 ชนิด และปุยคอกที่เก็บเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (0 นาที) มีสภาพแตกต่างจากตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที โดยตัวอย่างเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่พบ peak ใด ๆ ปรากฏบน fluorescence spectrum ในขณะที่ตัวอย่างน้ำที่แช่อาหารกุ้งทั้ง 2 ชนิด และปุยคอกที่เก็บเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบ peak ปรากฏบน fluorescence spectrum ดังแสดงรายละเอียดตามรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการละลายของสารอินทรีย์ออกมาจากตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด และเมื่อพิจารณา fluorescence

spectrum ของตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด พบว่าตัวอย่างน้ำแช่อาหารกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) มี peak ที่ปรากฏ 3 ตำแหน่ง (ex./em.) ได้แก่ 230/305 275/350 และ 340/415 นาโนเมตร โดย peak ที่มีค่าความเข้มสูงที่สุดพบที่ตำแหน่ง 275/350 นาโนเมตร และมีค่าความเข้มเฉลี่ยเท่ากับ 1,557.4 QSU ในส่วนของตัวอย่างน้ำแช่อาหารกุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) มี peak ที่ปรากฏบน fluorescence spectrum 3 ตำแหน่ง ได้แก่ 225-230/345-350 270-280/345-350 และ 340/415 นาโนเมตร โดย peak ที่มีค่าความเข้มสูงที่สุดพบที่ตำแหน่ง 270-280/345-350 นาโนเมตร และมีค่าความเข้มเฉลี่ยเท่ากับ 1,009.6 QSU สำหรับตัวอย่างน้ำแช่ปุยคอกมี peak ที่ปรากฏบน fluorescence spectrum เพียง 2 ตำแหน่ง ได้แก่ 270/435 และ 310-315/420-425 นาโนเมตร และมีค่าความเข้มเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 726.4 และ 676.2 QSU ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1

Excitation wavelength (นาโนเมตร)

490



รูปที่ 1 คุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์ของตัวอย่างน้ำที่แช่ (ก) อาหารกุ้งกุลาดำ (ข) อาหารกุ้งก้ามกราม และ (ค) ปุยคอก เส้นแกน x แทนค่า emission และแกน y แทนค่า excitation มีหน่วยเป็นนาโนเมตร ความแตกต่างระหว่างเส้นชั้นความสูงมีค่าเท่ากับ 10 สัญลักษณ์ลูกศรแสดงตำแหน่งของ peak ที่ปรากฏในตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ตำแหน่งของ peak (excitation/emission) ที่ปรากฏบน fluorescence spectrum และค่าความเข้มเฉลี่ยของตัวอย่างชนิดต่าง ๆ ค่าในวงเล็บแสดงค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

ตำแหน่ง		ชนิด		
Excitation (นาโนเมตร)	Emission (นาโนเมตร)	อาหารกึ่งกลาดำ (<i>P. monodon</i>)	อาหารกึ่งก้ามกราม (<i>M. rosenbergii</i>)	ปุ๋ยคอก
230	305	442.2 QSU (121.3-652.0)		
225-230	345-350		274.6 QSU (227.8-313.2)	
275	350	1,557.4 QSU (720.3-2069.8)		
270-280	345-350		1,009.6 QSU (563.6-1835.5)	
270	435			726.4 QSU (671.0-779.9)
310-315	420-425			676.2 QSU (619.0-754.3)
340	415	687.9 QSU (384.8-896.4)	346.2 QSU (160.1-705.9)	

ตารางที่ 2 แสดงตำแหน่งของ peak ของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีสมบัติฟลูออเรสเซนซ์ชนิดต่าง ๆ ที่เคยมีการรายงานไว้ในรายงานการศึกษาในอดีต ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่มีสมบัติฟลูออเรสเซนซ์ออกเป็น 2 กลุ่ม [2,12] กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มสารประกอบคล้าย humic (humic-like compound) ซึ่งประกอบด้วยสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์คล้าย humic และ fulvic และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ กลุ่มสารประกอบคล้ายโปรตีน (protein-like compound) ซึ่งประกอบด้วยสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์คล้าย tyrosine, tryptophan และ phenylalanine และเมื่อนำตำแหน่งของ peak ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เปรียบเทียบกับตารางที่ 2 พบ

ว่าคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกึ่งกลาดำมีสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์คล้าย Tyrosine Tryptophan และ Humic เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแตกต่างจากอาหารกึ่งก้ามกรามที่มีสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์คล้าย tryptophan และ humic เป็นองค์ประกอบ เช่นเดียวกับปุ๋ยคอกที่พบเพียงสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์คล้าย humic เป็นองค์ประกอบเท่านั้น ความแตกต่างของคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำจากตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของตัวอย่างที่แตกต่างกัน โดยอาหารกึ่งจะผลิตจากวัตถุดิบในการผลิตที่ประกอบด้วยปลาป่น และกากถั่วเหลือง [22] และยังมีระดับของโปรตีนสูง ขณะที่ปุ๋ยคอกได้มาจาก

ตารางที่ 2 ตำแหน่งของ peak ของสารอินทรีย์ละลายน้ำ

Excitation (นาโนเมตร)	Emission (นาโนเมตร)	กลุ่มของสารอินทรีย์ละลายน้ำ	ชนิดของตัวอย่าง	อ้างอิง
275	305	Tyrosine	น้ำเสีย	[2]
275	350	Tryptophan		
320-340	410-430	Fulvic		
370-390	460-480	Humic		
260	380-460	Humic	น้ำทะเล	[18]
350	420-480			
312	380-420	Marine humic		
275	340	Tryptophan		
275	310	Tyrosine		
237-260	400-500	Humic	น้ำเสีย น้ำในแหล่งน้ำ ธรรมชาติ	[12]
300-370	400-500	Humic		
312	380-420	Marine humic		
225-237	309-321	Tyrosine		
275	310			
225-237	340-381	Tryptophan		
275	340			
333±3	469±6	Suwannee River Fulvic acid	สารมาตรฐาน	[19]
330±13	484±13	Suwannee River Humic acid		
278±3	354±2	Tryptophan		
230	430	UV humic	น้ำจืด น้ำทะเล	[20]
260	380-460	UV humic		
320-360	420-460	Visible humic-like		
390	509	Soil fulvic acid		
455	521	Soil fulvic acid		
290-310	370-410	Marine humic-like		
280	370	Associated with phytoplankton productivity		
275	340	Tryptophan		
270-275	300-302	Tyrosine	น้ำทะเล	[21]
255-265	284-285	Phenylalanine		
280	342-346	Tryptophan		
315	437-441	Fulvic		
265-280	293-313	Tyrosine-like		
275-285	336-351	Tryptophan-like		
300-330	384-425	Marine Humic-like		
350-365	446-465	Humic-like		

มูลสัตว์ที่ผ่านกระบวนการการย่อยสลายแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในอดีต เช่น Baker [2] พบว่า คุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์ของสารอินทรีย์ที่ละลายออกจากของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ประเภทต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากต้นกำเนิดของของเสีย นั้น ๆ เช่น ระดับของโปรตีน [20,23,24] พบว่าสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์คล้าย humic เกิดจากกระบวนการการย่อยสลายพืชจากกระบวนการทางชีวภาพและเคมี

ความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำจากอาหารเม็ดกุ้งและปุยคอกที่ตรวจวัดโดยใช้เทคนิค fluorescence spectroscopy จากการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการระบุแหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ระบายจากกิจกรรมการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การศึกษาคุณลักษณะของสารอินทรีย์ที่ละลายจากของเสียที่กุ้งขับถ่าย คุณลักษณะของสารอินทรีย์ในน้ำทั้งที่ระบายออกจากกิจกรรมการเกษตรประเภทอื่น คุณลักษณะของของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้ง และแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่ได้รับผลกระทบ เป็นต้น

4. สรุป

สารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกุ้งทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) กุ้งก้ามกราม (*M. rosenbergii*) และปุยคอกมีองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกุ้งกุลาดำมีสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์คล้าย tyrosine, tryptophan และ humic เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแตกต่างจากสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากอาหารกุ้งก้ามกรามที่มี tryptophan และ

humic เป็นองค์ประกอบ ขณะที่สารอินทรีย์ละลายน้ำที่ละลายจากปุยคอกมีเพียง humic เป็นองค์ประกอบ คุณลักษณะฟลูออเรสเซนซ์ของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ตัวอย่างน้ำที่เข้าอาหารกุ้งกุลาดำ และกุ้งก้ามกรามที่มีสารที่มีคุณลักษณะฟลูออเรสเซนส์คล้ายโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเอาเทคนิค fluorescence spectroscopy ไปใช้ในการระบุแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ตรวจพบ

5. รายการอ้างอิง

- [1] Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, J.S., Meyer-Reil, L.A. and Thingstad, F., 1983, The Ecological role of water-column microbes in the sea, Mar. Ecol. Prog. Ser. 10: 257-263.
- [2] Baker, A., 2002, Fluorescence properties of some farm wastes: implications for water quality monitoring, Water Res. 36: 189-195.
- [3] Ogawa, H. and Tanoue, E., 2003, Dissolved organic matter in oceanic waters, J. Oceanograph. 59: 129-147.
- [4] Rixen, T., Baum, A., Pohlmann, T., Balzer, W., Samiaji, J. and Jose, C., 2008, The Siak, a tropical black water river in central Sumatra on the verge of anoxia, Biogeochemistry 90: 129-140.
- [5] Anderson, D.M., Burkholder, J.M., Cochlan, W.P., Glibert, P.M., Gobler, C.J., Heil, C.A., Kudela, R.M., Parsons, M.L., Rensel, J.E.J., Townsend, D.W., Trainer, V.L. and Vargo G.A., 2008, Harmful algal blooms and eutrophication: Examining

- linkages from selected coastal regions of the United States, *Harmful Algae* 8: 39-53.
- [6] สุธาสรี เย็นมาก, อรพินท์ จินตสถาพร และประทีภ์ ตาบทิพย์วรรณ, 2548, ประสิทธิภาพของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ในการบำบัดของเสียจากอาหารปลาช่อน (*Channa striata*), น. 108-119, ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [7] กรมควบคุมมลพิษ, 2554, รายงานสถานการณ์มลพิษทางน้ำจากน้ำท่วมและการจัดการ, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- [8] Pasugdee, S., Tarptipwan, P., Jintasathaporn, O. and Na-nakorn, U., 2006, Waste output and loading in prawn (*Macrobrachium rosenbergii* De Man) culture at different sizes and feeding frequencies, *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 40: 269-275.
- [9] Songsangjinda, P., Yamamoto, T., Fukami, K. and Kaewtawee, T., 2006, Importance of controlling community structure of living organisms in intensive shrimp culture ponds, *Coast. Mar. Sci.* 30: 91-99.
- [10] Coble, P.G., Castillo, C.E.D. and Avril, B., 1998, Distribution and optical properties of CDOM in the Arabian Sea during the 1995 Southwest Monsoon, *Deep-Sea Res. II.* 45: 2195-2223.
- [11] Stedmon, C.A. and Markager, S., 2005, Tracing the production and degradation of autochthonous fractions of dissolved organic matter by fluorescence analysis, *Limnol. Oceanogr.* 50: 1415-1426.
- [12] Hudson, N., Baker, A., and Reynolds, D., 2007, Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters: A review, *River Res. Appl.* 23: 631-649.
- [13] Nagao, S., Matsunaga, T., Suzuki, Y., Ueno, T. and Amano, H., 2003, Characteristics of humic substances in the Kuji River waters as determined by high-performance size exclusion chromatography with fluorescence detection, *Water Res.* 37: 4159-4170.
- [14] Sasaki, H., Miyamura, T., Saitoh, S. and Ishizaka, J., 2005, Seasonal variation of absorption of particles and colored dissolved organic matter (CDOM) in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan, *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64: 447-458.
- [15] Suksomjit, M., Nagao, S., Ichimi, K., Yamada, T. and Tada, K., 2009, Variation of dissolved organic matter and fluorescence characteristics before, during and after Phytoplankton, Bloom, *J. Oceanogr.* 65: 835-846.
- [16] Nagao, S., Suzuki, Y., Nakaguchi, Y., Senoo, M., and Hiraki, K., 1997, Direct measurement of the fluorescence characteristics of aquatic humic substances by a three-dimensional fluorescence spectrometer, *Bunseki Kagaku.* 46: 335-342.
- [17] Suksaroj, C., Rattanamanee, P., Musikavong, C., and Wattanachira, S., 2009, The

- determination of tryptophan and humic and fulvic acid-like substances reduction in RAW water from U-TAPAO Basin Thailand with Alum Coagulation, Water Prac. Technol. 4(2) doi: 10.2166/WPT. 2009.022.
- [18] Coble, P.G., 1996, Characterization of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission matrix spectroscopy, Mar. Chem. 51: 325-346.
- [19] Mostofa, K.M.G., Honda, Y. and Sakugawa, H., 2005, Dynamics and optical nature of fluorescent dissolved organic matter in river waters in Hiroshima Prefecture, Japan, Geo. J. 39: 257-271.
- [20] Steadmon, C.A., Markager, S. and Bro, R., 2003, Tracing dissolved organic matter in aquatic environments using a new approach to fluorescence spectroscopy, Mar. Chem. 82: 239-254.
- [21] Yamashita, Y. and Tanoue E., 2003, Chemical characterization of protein-like fluorophores in DOM in relation to aromatic amino acids, Mar. Chem. 82: 255-271.
- [22] สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, ตัวอย่างสูตรอาหารสำหรับกุ้งกุลาดำ, แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/if-inland_feed/distribute/sample/peneaus.htm, 1 ธันวาคม 2557.
- [23] Elkins, K.M. and Nelson, D.J., 2001, Fluorescence and FT-IR spectroscopic studies of Suwannee river fulvic acid complexation with aluminum, terbium and calcium, J. Inorg. Biochem. 87: 81-96.
- [24] Patel-Sorrentino, N., Mounier, S., Lucas, Y. and Benaim, J.Y., 2004, Effects of UV-visible irradiation on natural organic matter from the Amazon basin, Sci. Total Environ. 321: 231-239.