

การลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ ด้วยน้ำหมักชีวภาพ

The reduction of ammonia-nitrogen in synthetic leachate
using fermented bio-extracts

สาลิณี ผลมัตย์^{1*}, ณัฐพร เจริญสุข¹ และ ลิขิต น้อยจายสิน¹

Salinee Phonmat^{1*}, Nattapohn Charoensuk¹, and Likhit Noichaisin¹

บทคัดย่อ

น้ำชะขยะ คือ ของเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างการฝังกลบ ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุ เกลืออนินทรีย์ โลหะหนัก แอมโมเนีย ความเข้มข้นสูงและสารปนเปื้อนต่างๆ ที่เป็นพิษและเป็นอันตราย โดยทั่วไปความเข้มข้นของแอมโมเนียจะไม่ลดลงตามอายุหลุมฝังกลบที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่ด้วยน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการทดลองอายุหมัก 1 เดือน มีสีน้ำตาลอมเหลือง ตะกอนสีน้ำตาล มีกลิ่นหวานอมเปรี้ยว และกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า 4.66 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.67 และมีจำนวนแบคทีเรีย 2.11×10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร รา 2.88×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ยีสต์ 1.47×10^3 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร และแอคติโนมัยซีต 2.11×10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ น้ำหมักชีวภาพนำมาศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่ เมื่อตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1.0 ลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าได้สูงสุดร้อยละ 92.92 ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 2.0 ลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ได้สูงสุดร้อยละ 80.59 ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยทางชีวภาพ และสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยร่วมกับการบำบัดด้วยวิธีอื่นได้

คำสำคัญ: แอมโมเนีย-ไนโตรเจน น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ น้ำหมักชีวภาพ

Abstract

Landfill leachate is defined as the liquid generated during the process of landfilling consisting high loads of refractory organic matter, inorganic salts, heavy metal ions high ammonia concentration and various toxic contaminants. In general, high ammonia concentration was not decreased with increasing the landfill age. This research aimed to study the reduction of ammonia-nitrogen in synthetic old and young landfill leachates using fermented bio-extracts. The fermented bio-extract used in this experiment was one month fermented time. The appearance was brownish

¹ คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

¹ Faculty of Science and Social Science, Burapha University, Sakaeo Campus

* Corresponding author. E-mail: salinee@buu.ac.th

Received: April 19, 2021; Revised: May 21, 2021; Accepted: June 7, 2021

yellow containing brown silts. It had a sour and sweet odor and a slight smell of alcohol with consisting of 4.66 mS/cm of conductivity, 3.67 of pH, 2.11×10^5 CFU/mL of bacteria, 2.88×10^4 CFU/mL of fungi, 1.47×10^3 CFU/mL of yeast and 2.11×10^5 CFU/mL of actinomycetes, respectively. The suitable concentration of fermented bio-extract was observed for reducing amounts of ammonia-nitrogen, nitrite-nitrogen and nitrate-nitrogen in synthetic old and young landfill leachates. The results showed that 1.0% of fermented bio-extracts reduced ammonia-nitrogen in synthetic old landfill leachate which showed the removal as 92.92%, while 2.0% of fermented bio-extracts reduced ammonia-nitrogen in synthetic young landfill leachate which showed the removal as 80.59%. The obtained results of this study could be used as a guideline for the biological reduction of the amount of ammonia-nitrogen in synthetic landfill leachates and used to combine with other landfill leachate treatments.

Keywords: ammonia-nitrogen, synthetic leachate, bio-fermented extracts

บทนำ

น้ำชะขยะมูลฝอย คือ ของเหลวสีดำ มีกลิ่นเหม็นที่ไหลซึมออกมาจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยหรือกองขยะ เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นสูง จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ และโลหะหนักหลายชนิด ได้แก่ แคดเมียม โครเมียม เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ตะกั่วและสังกะสี เป็นต้น โดยน้ำชะขยะมูลฝอยใหม่จะพบว่ามีปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนและความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าน้ำชะขยะมูลฝอยเก่า ในขณะที่น้ำชะขยะมูลฝอยเก่าจะพบว่ามีสีเข้มและมีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูง ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำชะขยะมูลฝอยจะไม่ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น (Dan, Daiki, Satoshi, Takashi, & Michihiko, 2017; Lei, Gangqing, Tao, & Yongzhen, 2019) หากมีการรั่วไหล (leak) หรือการชะของน้ำหรือน้ำฝนผ่านกองขยะมูลฝอยลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน อาจทำให้แหล่งน้ำมีสีและกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงไปและอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันตามมาได้ และด้วยดัชนี

คุณภาพน้ำชะขยะมูลฝอยที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2001) ซึ่งต้องมีการติดตามและตรวจสอบพารามิเตอร์ทั้งดัชนีคุณภาพในสนาม ได้แก่ ความนำไฟฟ้าจำเพาะ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิและสี เป็นต้น และดัชนีคุณภาพในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สารแขวนลอย สารละลายทั้งหมด ความเค็มทั้งหมด คลอไรด์ ซัลเฟต บีโอดี ซีโอดี ไนเตรต แอมโมเนีย ฟอสเฟตทั้งหมด อาร์เซนิก ไชยานินด์ ฟีนอล ทองแดง นิกเกิล สังกะสี แคดเมียม โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ตะกั่ว โปรท แมงกานีสและโซเดียม ดังนั้น ในการลดปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำชะขยะมูลฝอยหรือการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยให้เป็นไปตามดัชนีคุณภาพน้ำชะขยะมูลฝอย สามารถทำได้ทั้งวิธีการทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา ซึ่งการเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยจะขึ้นอยู่กับลักษณะคุณสมบัติของน้ำชะขยะมูลฝอย เทคโนโลยีในการบำบัดและความชำนาญของบุคลากร ตลอดจนอายุของสถานที่ฝังกลบ (Phatthakarnkha, 2015) จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำชะขยะมูลฝอยจะไม่ลดลงตาม

อายุของน้ำชะขยะมูลฝอย น้ำชะขยะมูลฝอยจึงควรได้รับการลดหรือบำบัดเบื้องต้นก่อน เพราะนอกจากจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังเป็นปัญหาต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำได้อีกด้วย

การบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงส่วนใหญ่ใช้ระบบบำบัดแบบใช้บ่อฝังและระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำชะขยะโดยอาศัยการตกตะกอน การสะสมของสารอินทรีย์ในรูปของแข็งแขวนลอย การดูดซับและการลดด้วยการเปลี่ยนรูปในวงจรชีวเคมีโดยอาศัยพืชน้ำและจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการเดินระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เทคโนโลยี ค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษาต่ำ แต่มีข้อจำกัด คือต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมาก จึงไม่เหมาะกับการบำบัดที่ใช้พื้นที่จำกัด ประกอบกับมีความสามารถในการรองรับสารอินทรีย์ได้ไม่สูงมาก และในน้ำชะขยะมูลฝอยมีองค์ประกอบของสารเคมีที่ย่อยสลายได้ยากอยู่ในความเข้มข้นสูง ทำให้จุลินทรีย์และพืชที่อยู่ในบ่อฝังหรือบึงประดิษฐ์ต้องใช้ระยะเวลาในย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หมด ส่งผลให้ระบบบำบัดแบบใช้บ่อฝังและระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์มีประสิทธิภาพต่ำลง จึงจำเป็นต้องนำการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยทางเคมีมาใช้ร่วมด้วย เช่น การใช้สารตะกอน การใช้ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุดูดซับ เป็นต้น เพื่อลดระยะเวลาในการบำบัด แต่ข้อด้อยของกระบวนการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยทางเคมีจะเกิดกากตะกอนที่ต้องนำไปบำบัดต่อ ทำให้มีต้นทุนการบำบัดรวมเพิ่มขึ้นด้วย (Pengon, Pintarak, Kasikamyeyong, & Arunrunroj, 2009; Sukkulrat, Suksaroj, & Umsakul, 2010; Dan, Daiki, Satoshi, Takashi, & Michihiko, 2017) จากการรายงานของ

หลายงานวิจัย พบว่าจุลินทรีย์หรือกลุ่มจุลินทรีย์ได้ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยที่มีแอมโมเนีย-ไนโตรเจนความเข้มข้นสูงด้วยวิธีการต่างกัน เช่น การนำ *Aspergillus flavus* มาใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์ และไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยเก่า (old leachate) น้ำชะขยะกึ่งเก่า-ใหม่ (medium leachate) และน้ำชะขยะใหม่ (young leachate) ในห้องปฏิบัติการ ซึ่ง *A. flavus* สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของค่าบีโอดีได้ระหว่างร้อยละ 47.90-81.63 ค่าซีโอดีได้ระหว่างร้อยละ 12.91-48.50 และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ระหว่างร้อยละ 70.84-98.81 หลังจากทำการทดลองแล้ว 4 สัปดาห์ (Zegzouti et al., 2020) หรือการนำยีสต์ขนมปัง (bakers' yeast) มาใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยด้วยระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน (membrane bioreactor; MBR) ร่วมกับการกรองระดับนาโน (nanofiltration; NF) ซึ่งยีสต์ขนมปังมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ดี โดยสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดีได้ร้อยละ 69 ± 7 ซีโอดีร้อยละ 54 ± 11 และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ร้อยละ 34 ± 7 (Reis et al., 2017) หรือการใช้ระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยแบบจานหมุนชีวภาพ (rotating biological contactor; RBC) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มแบคทีเรียที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนได้ ที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียกลุ่มแอมโมเนียออกซิไดส์ซิง (ammonia oxidizing bacteria; AOB) แบคทีเรียกลุ่มไนไตรต์ออกซิไดส์ซิง (nitrite oxidizing bacteria; NOB) และแบคทีเรียกลุ่มดีไนตริฟายอิง (denitrifying bacteria; DNB) เป็นต้น ซึ่งระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยแบบจานหมุนชีวภาพสามารถกำจัดค่าซีโอดีได้ร้อยละ

85.65 แอมโมเนีย-ไนโตรเจนและไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen; TN) ได้ร้อยละ 99.92 และ 84.06 ตามลำดับ (Song et al., 2020) จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์หรือกลุ่มจุลินทรีย์มีความสามารถในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยและลดความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ดี แต่ระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยร่วมกับจุลินทรีย์ข้างต้น ยังมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูงมากในการบำบัด ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยทางชีวภาพและลดต้นทุนในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูง คณะผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นการนำน้ำหมักชีวภาพซึ่งเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดต่างๆ เช่น แบคทีเรียในสกุลบาซิลลัส กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก รา และยีสต์ เป็นต้น (Sriwongchai, Aksomsamai, & Kitleartpompairoat, 2019) มาใช้ลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอย และจากการรายงานของ Siripanpong (2009) ถึงการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยชุมชนด้วยน้ำหมักชีวภาพที่หมักขึ้นเองโดยเทศบาลนครหาดใหญ่ เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะมูลฝอยของระบบบำบัด พบว่าน้ำหมักชีวภาพสามารถลดค่าบีโอดีและซีโอดีได้ร้อยละ 77.52 และ 24.68 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถลดกลิ่นและสีของน้ำชะขยะมูลฝอยให้อยู่ในระดับที่พึงพอใจได้ และด้วยองค์ประกอบของน้ำชะขยะมูลฝอยที่อาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอย คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ด้วยน้ำหมักชีวภาพที่หมักขึ้นเอง เพื่อควบคุม

ปัจจัยในการศึกษา เช่น องค์ประกอบของน้ำชะขยะมูลฝอยและฤดูกาลหรืออายุของน้ำชะขยะมูลฝอย และเพื่อลดความเป็นพิษ (toxicity) ของน้ำชะขยะมูลฝอยต่อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยทางชีวภาพและสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยร่วมกับการบำบัดด้วยวิธีอื่นได้ต่อไป

วิธีการศึกษา

การเตรียมน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์

น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจาก Dan, Daiki, Satoshi, Takashi, & Michihiko (2017) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่า (old leachate) และน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ (young leachate) ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์แสดงใน (Table 1)

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพที่หมักขึ้นเองจากวัสดุหมักดังนี้ ผักกาดขาว กวางตุ้งและมะเขือเทศ 3 ส่วน น้ำตาลทรายแดง 1 ส่วน และน้ำสะอาด 1 ส่วน ระยะเวลาหมัก 1 เดือน บันทึกผลที่ได้จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี ตะกอนและกลิ่น ตรวจวัดลักษณะทางเคมีบางประการ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด-ด่าง และตรวจสอบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาเบื้องต้น โดยการจำแนกประเภทและจำนวนของจุลินทรีย์บนจานอาหารเพาะเชื้อ ได้แก่ แบคทีเรีย รา ยีสต์ และแอคติโนมัยซีต

Table 1 Characteristics and composition of synthetic landfill leachates.

parameters	old leachate	young leachate
pH	8	6
tap water (L)	1	1
sodium acetate (mg)	10	120
sodium propionate (mg)	10	60
sodium humate (mg)	60	60
potassium dihydrogenphosphate (mg)	14	14
ammonium chloride (mg)	107	107
calcium chloride (mg)	132	132
magnesium sulfate (mg)	40	40

การศึกษาความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่

นำน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่บรรจุลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำไปนิ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที ตั้งทิ้งให้เย็น จากนั้นเติมน้ำหมักชีวภาพที่มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นระหว่าง 10^4 - 10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เพื่อให้ น้ำหมักชีวภาพที่เติมลงไป ในน้ำชะขยะสังเคราะห์เก่าและใหม่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 โดยปริมาตร (v/v) ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม คือ น้ำชะขยะสังเคราะห์ที่ไม่มีการเติมน้ำหมักชีวภาพ กำหนดวันเก็บตัวอย่างสารละลาย น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 7, 11, 14, 18 และ 21 ของการศึกษา เพื่อให้ครอบคลุมกับช่วงเวลาในการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายคาร์บอน (carbonaceous biochemical oxygen demand; CBOD) และไนโตรเจน (nitrogenous biochemical oxygen demand; NBOD) ของจุลินทรีย์ในน้ำชะขยะ

มูลฝอยสังเคราะห์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนด้วยวิธี indophenol (Boyd, 1979) และไนไตรต์-ไนโตรเจนด้วยวิธี diazotization (Boyd, 1979) และไนเตรต-ไนโตรเจนด้วยวิธี brucine (APHA, 1989) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ตลอดจนการทดลองและนำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองในแต่ละพารามิเตอร์ด้วยวิธีดูกี (Turkey's honestly significant difference; HSD)

ผลการศึกษา

ผลการตรวจวัดคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของน้ำหมักชีวภาพ

จากการสังเกตคุณลักษณะทางกายภาพ ตรวจวัดคุณลักษณะทางเคมีบางประการและตรวจสอบคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของน้ำหมักชีวภาพที่หมักขึ้นเอง พบว่าน้ำหมักชีวภาพมีสีน้ำตาลอมเหลือง (brownish yellow) ตะกอนสีน้ำตาล มีกลิ่น

หวนอมเบรียวและกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 4.66 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.67 และพบจำนวนแบคทีเรีย 2.11×10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร รา 2.88×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ยีสต์ 1.47×10^3 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร และแอคติโนมัยซิส 2.12×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร

ผลของความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่า

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่า พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 จะเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 1-3 ของการศึกษา จากนั้นความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะค่อยๆ ลดลง ยกเว้นในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1.0 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 7 ของการศึกษา จนมีความเข้มข้นต่ำสุดในวันที่ 14 ของการศึกษาเท่ากับ 2.25 ± 0.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการศึกษา การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดระยะเวลาในการศึกษาคิดเป็นร้อยละ 92.92 (วันที่ 21 ของการศึกษา) ในขณะที่น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 2.0 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะลดลงต่ำสุดในวันที่ 11 ของการศึกษาเท่ากับ 5.05 ± 0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดระยะเวลาในการศึกษาคิดเป็นร้อยละ 78.66 (วันที่ 21 ของการศึกษา) ส่วนน้ำชะขยะมูลฝอย

สังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะลดลงในวันที่ 11 ของการศึกษา และมีความเข้มข้นต่ำสุดในวันที่ 21 ของการศึกษาเท่ากับ 24.12 ± 1.48 มิลลิกรัมต่อลิตร การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดระยะเวลาในการศึกษาคิดเป็นร้อยละ 78.88 (วันที่ 21 ของการศึกษา) สำหรับชุดควบคุมความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกของการศึกษาและจะค่อยๆ ลดลงในช่วงท้ายของการศึกษา และในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงใน (Figure 1)

สำหรับผลการทดลองความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการศึกษา ซึ่งน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 และ 1.0 ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 7 ของการศึกษาเท่ากับ 6.18 ± 1.05 และ 9.85 ± 0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 จะลดลงและมีความเข้มข้นต่ำสุดในวันที่ 18 ของการศึกษาเท่ากับ 0.15 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1 ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนจะค่อยๆ ลดลงและมีความเข้มข้นต่ำสุดใน

วันที่ 21 ของการศึกษาเท่ากับ 0.05 ± 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจน น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ที่เติมน้ำหมักชีวภาพ ร้อยละ 2 จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมีความเข้มข้นสูงสุดในวันที่ 11 ของการศึกษา เท่ากับ 8.05 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และจะลดลงและมีความเข้มข้นต่ำสุดในวันที่ 14 ของการศึกษา เท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ

ชุดควบคุมจะมีความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดการศึกษา และในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เท่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงใน (Figure 2)

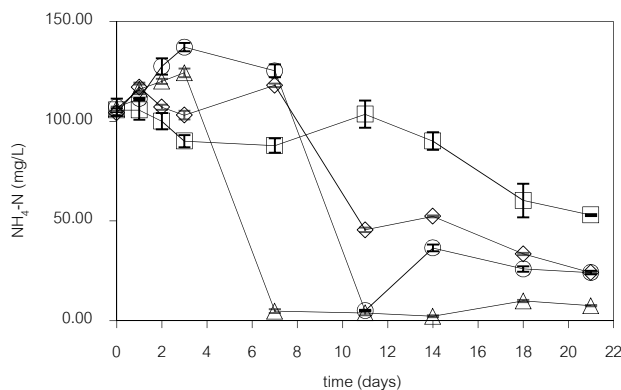


Figure 1 Variation of ammonia-nitrogen concentrations in the old synthetic leachate. Symbols indicate □ as control; ◇ as 0.5% bio-fermented extract; △ as 1.0% bio-fermented extract and ⊖ as 2.0% bio-fermented extract.

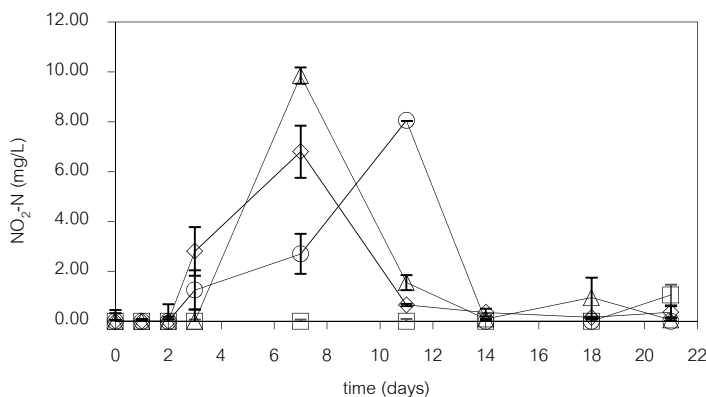


Figure 2 Variation of nitrite-nitrogen concentrations in the old synthetic leachate. Symbols indicate □ as control; ◇ as 0.50% bio-fermented extract; △ as 1.0% bio-fermented extract and ⊖ as 2.0% bio-fermented extract.

สำหรับผลการทดลองความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกันตลอดการศึกษา ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 และ 2.0 จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 2 ของการศึกษาเท่ากับ 10.05 ± 1.65 และ 25.50 ± 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และลดลงต่ำสุดในวันที่ 18 ของการศึกษา (5.55 ± 0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร) และในวันที่ 21 ของการศึกษา (0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน

ในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในวัน 18 ของการศึกษาเท่ากับ 20.55 ± 1.75 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงต่ำสุดในวันที่ 21 ของการศึกษา เท่ากับ 0.00 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนของชุดควบคุมจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดการศึกษา และในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงใน (Figure 3)

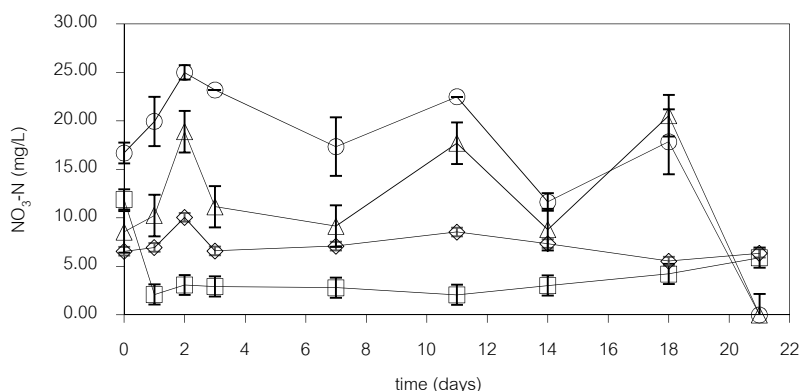


Figure 3 Variation of nitrate-nitrogen concentrations in the old synthetic leachate. Symbols indicate $\square$ as control; $\diamond$ as 0.5% bio-fermented extract; $\triangle$ as 1.0% bio-fermented extract and $\ominus$ as 2.0% bio-fermented extract.

ผลของความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-

ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 จะเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 1-7 ของการศึกษาและจะค่อยๆ ลดลง ซึ่งมีความเข้มข้น

ต่ำสุดในวันที่ 21 ของการศึกษาเท่ากับ 36.22 ± 2.80 , 31.50 ± 2.95 และ 20.70 ± 2.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตลอดระยะเวลาในการศึกษา (วันที่ 21 ของการศึกษา) คิดเป็นร้อยละ 65.85, 78.60 และ 80.59 ตามลำดับ สำหรับชุดควบคุม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-

ไนโตรเจนค่อนข้างคงที่ตลอดการศึกษา และในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงใน (Figure 4)

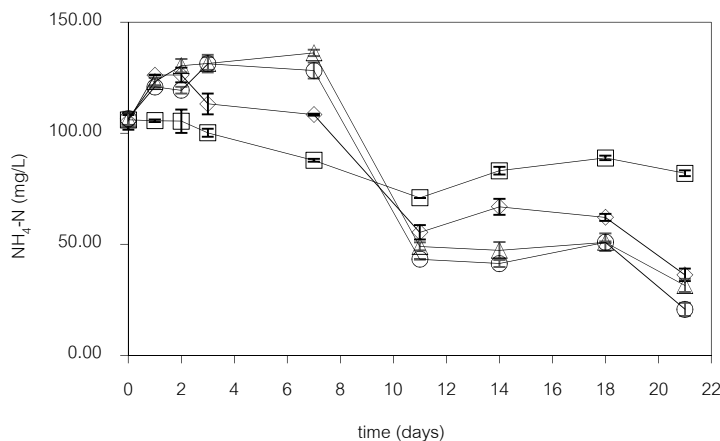


Figure 4 Variation of ammonia-nitrogen concentrations in the young synthetic leachate. Symbols indicate $\square$ as control; $\diamond$ as 0.5% bio-fermented extract; $\triangle$ as 1.0% bio-fermented extract and $\ominus$ as 2.0% bio-fermented extract.

สำหรับผลการทดลองความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่ทำน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 จะเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่ทำน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 และ 1.0 จะค่อยๆ เพิ่มและมีความเข้มข้นสูงสุดในวันที่ 7 ของการศึกษาเท่ากับ 4.85 ± 0.33 และ 1.80 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจน

จะลดลงจนมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 18 ของการศึกษาและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการศึกษา ส่วนความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่ทำน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 2 จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 11 ของการศึกษาเท่ากับ 3.30 ± 0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลง ซึ่งในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับชุดควบคุมจะมีความเข้มข้นของ

ไนเตรต-ไนโตรเจนค่อนข้างคงที่ตลอดการศึกษาและในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองดังแสดง (Figure 5)

สำหรับผลการทดลองความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่ได้เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 จะเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกันตลอดการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่ได้เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 0.5 เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 15.75 ± 0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 11 ของการศึกษา และต่ำสุดเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 21 ของการศึกษา ส่วนความเข้มข้นของไนเตรต-

ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ที่มีการเติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1 และ 2 ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนเพิ่มสูงสุดในวันที่ 2 ของการศึกษา เท่ากับ 29.10 ± 2.55 และ 27.70 ± 1.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีความเข้มข้นต่ำสุดในวันที่ 21 ของการศึกษา เท่ากับ 0.00 และ 0.90 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับชุดควบคุม ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและจะค่อนข้างคงที่ในวันที่ 1 ของการศึกษา จากนั้นความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนจะค่อยๆ ลดลงในวันที่ 18 ของการศึกษา และในวันที่ 21 ของการศึกษา ความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนที่ลดลงของแต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลการทดลองดังแสดงใน (Figure 6)

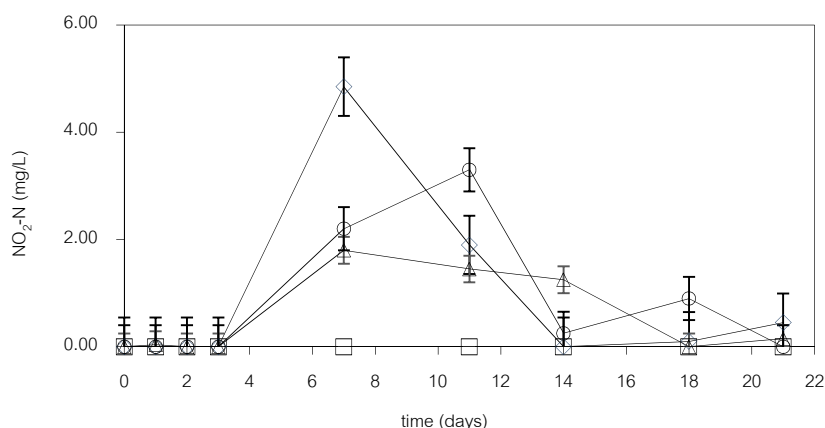


Figure 5 Variation of nitrite-nitrogen concentrations in the young synthetic leachate. Symbols indicate $\square$ as control; $\diamond$ as 0.5% bio-fermented extract; $\triangle$ as 1.0% bio-fermented extract and $\bigcirc$ as 2.0% bio-fermented extract.

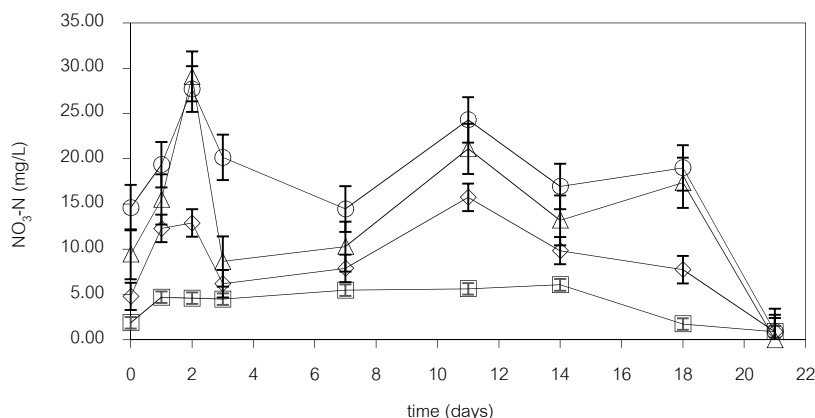


Figure 6 Variation of nitrate-nitrogen concentrations in the young synthetic leachate. Symbols indicate □ as control; ◊ as 0.5% bio-fermented extract; △ as 1.0% bio-fermented extract and ⊖ as 2.0% bio-fermented extract.

อภิปรายผล

คุณลักษณะทางกายภาพ เคมีบางประการและคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีลักษณะดังนี้ คือ สีของน้ำหมักชีวภาพเป็นสีน้ำตาลอมเหลือง (brownish yellow) ตะกอนสีน้ำตาล มีกลิ่นหวานอมเปรี้ยวและกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 4.66 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.67 ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้พืชอวบน้ำเป็นวัสดุหมัก (Pruksa, 2009) สำหรับคุณลักษณะทางจุลชีววิทยาพบแบคทีเรีย รา ยีสต์และแอคติโนมัยซิสเท่ากับ 2.11×10^5 , 2.88×10^4 , 1.47×10^3 และ 2.12×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จำนวนจุลินทรีย์ที่ปรากฏในน้ำหมักชีวภาพที่หมักขึ้นเองในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการรายงานของ Pooksungnum (2005) ซึ่งพบจำนวนแบคทีเรียประมาณ 3.66×10^6 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ในน้ำหมักชีวภาพ

สมุนไพรใกล้เคียงกับการรายงานของ Kusuwanwichid, Tripetchkul, & Akeprathumchai (2014) ซึ่งพบจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total bacteria) 8.6×10^5 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ในน้ำหมักชีวภาพที่หมักจากเศษปลาน้ำมะพร้าวและน้ำตาลทรายแดง (อัตราส่วน 3 : 1 : 1) อายุหมัก 30 วัน และใกล้เคียงกับการรายงานของ Kantachote, Charemjiratrakul, & Asavaroungpipob (2004) ซึ่งพบจำนวนแบคทีเรียและยีสต์ 1.43×10^3 และ 4.7×10^2 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ในน้ำหมักชีวภาพจากเสาวรส และจำนวนรา 4.0×10^2 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร ในน้ำหมักชีวภาพจากตระไคร้ โดยชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะขึ้นกับวัสดุที่นำมาหมัก จุลินทรีย์ที่ตรวจพบน่าจะเกิดขึ้นในช่วงที่เกิดการย่อยสลายของวัสดุหมัก ซึ่งอาจเป็นกลุ่มของเชื้อราที่มีเส้นใยอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพกลุ่มจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสง กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักกลุ่มจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนและกลุ่มจุลินทรีย์ที่สร้าง

กรดแลกติก (Sukkulrat, Suksaroj, & Umsakul, 2010) จากผลการศึกษาความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงไปใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่ มีผลต่อการลดปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1 สามารถลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้มากที่สุดเมื่อเติมลงไปใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่า ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 2 สามารถลดปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้มากที่สุดเมื่อเติมลงไปใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเป็นกรด-ด่างที่ต่างกันของน้ำชะขยะมูลฝอยทั้งสองชนิดซึ่งน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 ส่วนน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ไม่ได้ส่งเสริมกิจกรรมหรือการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน และเมื่อสิ้นสุดการศึกษา (วันที่ 21 ของการศึกษา) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ตรวจวัดได้มีค่าน้อยกว่า 6 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งถ้ามีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7.50 สามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ส่งผลให้กระบวนการไนตริฟิเคชันจะถูกยับยั้งไปด้วย (Lang, 2011) ดังนั้น น้ำหมักชีวภาพร้อยละ 2 ที่เติมลงไปเพื่อลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ที่มีอายุน้อย น่าจะมีปริมาณจุลินทรีย์มากพอและเหมาะสมต่อการรอดชีวิตและปรับตัวเพื่อทำงานในกระบวนการไนตริฟิเคชันได้ และจากผลการศึกษา น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่ที่เติมด้วยน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1 และ 2 สามารถลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้มาก

ที่สุด โดยในช่วงแรกของการศึกษา ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะเพิ่มสูงขึ้นและค่อนข้างคงที่เนื่องมาจากน้ำหมักชีวภาพที่เติมลงไปใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์มีลักษณะสดและอาจมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนหลงเหลืออยู่จากปฏิกิริยาแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ซึ่งจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Lang, 2011) ทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนใต้น้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่าและใหม่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาในการศึกษาเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะค่อยๆ ลดลง อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจำเป็นต้องใช้แอมโมเนีย-ไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อการเจริญและทำให้ถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต ตามลำดับ จากนั้นความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจนหรือไนเตรต-ไนโตรเจนจะมีค่าสูงขึ้นในช่วงกลางของการศึกษา (วันที่ 7, 11 และ 14 ของการศึกษา) และจะค่อยๆ ลดลงหรือหมดไปในช่วงท้ายของการศึกษา (วันที่ 18 และ 21 ของการศึกษา) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรต์-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจนอาจเกิดขึ้นจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) (Lang, 2011) โดยแบคทีเรียกลุ่มแอมโมเนียออกซิไดส์ซึ่ง (ammonia oxidizing bacteria; AOB) เช่น *Nitrosomonas* (Yao, & Peng, 2017) ทำหน้าที่ออกซิไดส์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนเป็นไนไตรต์-ไนโตรเจน เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ว่า แอมโมเนียออกซิเดชัน (ammonium oxidation) และแบคทีเรียกลุ่มไนไตรต์ออกซิไดส์ซึ่ง (nitrite oxidizing bacteria; NOB) เช่น *Nitrospira* (Yao, & Peng, 2017) จะทำหน้าที่ออกซิไดส์ไนไตรต์-

ไนโตรเจนเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนอย่างรวดเร็วด้วย
 เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ว่า ไนไตรต์ออกซิเดชัน
 (nitrite oxidation) (Lei, Gangqing, Tao, & Yongzhen,
 2019) ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนไตรต์-ไนโตรเจน
 หรือไนเตรต-ไนโตรเจนที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นและ
 ลดลงตลอดการศึกษา สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้
 เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน คือ มีปริมาณออกซิเจน
 เพียงพอ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.5-8 และ
 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส (Lang, 2011)
 สำหรับความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน พบว่าวันแรก
 ของการศึกษา (วันที่ 0 ของการศึกษา) ความเข้มข้นของ
 ไนเตรต-ไนโตรเจนของน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์
 เก่าและใหม่แต่ละความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพมี
 ปริมาณไม่เท่ากัน ซึ่งอาจเกิดจากน้ำหมักชีวภาพมี
 ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนสะสมอยู่และเมื่อเติมน้ำ
 หมักชีวภาพที่ปริมาณแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ
 2.0 โดยปริมาตร) ลงไปในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์
 เก่าและใหม่จึงส่งผลให้ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน
 แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งการลดลงของความเข้มข้นของ
 ไนเตรต-ไนโตรเจนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน
 ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดขึ้นได้จากสภาวะที่ทำการศึกษามี
 ปริมาณออกซิเจนต่ำหรืออาจอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน
 จุลินทรีย์จะใช้ไนเตรต-ไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
 ตัวสุดท้ายและถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนไตรต์-
 ไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย-ไนโตรเจนด้วยกระบวนการ
 รีดิวซ์ไนเตรต (assimilatory nitrate reduction) หรือ
 อาจเกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification)
 ที่หลังจากไนเตรต-ไนโตรเจนถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูป
 ของไนไตรต์-ไนโตรเจนแล้วจะถูกจุลินทรีย์รีดิวซ์
 ไนไตรต์ให้เปลี่ยนไปเป็นแก๊สไนตรัสออกไซด์และ

รีดิวซ์ต่อกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนหมุนเวียนสู่ชั้น
 บรรยากาศตามวัฏจักรของไนโตรเจน (Lang, 2011)
 ซึ่งการลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนใน
 น้ำชะขยะมูลฝอยสามารถทำได้หลายกระบวนการทั้ง
 กระบวนการบำบัดทางกายภาพ เช่น การเพิ่มอากาศ
 ให้กับน้ำชะขยะมูลฝอย (air stripping method) (Beatriz
 et al., 2017) หรือกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เช่น
 การใช้พืชชนิดอ้อเล็ก (*Phragmites australis*) ลดความ
 เข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอย
 สังเคราะห์ ซึ่งสามารถลดได้มากกว่าร้อยละ 96
 (Dan, Daiki, Satoshi, Takashi, & Michihiko, 2017)
 จากผลการศึกษา ทำให้ทราบว่าน้ำหมักชีวภาพที่หมัก
 ขึ้นเองสามารถลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะ
 มูลฝอยสังเคราะห์ได้ แต่การที่จะนำน้ำหมักชีวภาพไป
 ใช้เพื่อบำบัดหรือลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะ
 มูลฝอยจริง ยังคงต้องทำการศึกษาและทดลองเพิ่มเติม
 ต่อไป เช่น การนำน้ำชะขยะมูลฝอยจริงมาทำการ
 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถนำน้ำหมัก
 ชีวภาพไปใช้ในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยจริงได้
 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำน้ำหมัก
 ชีวภาพไปใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำชะขยะมูล
 ฝอยที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงได้

สรุป

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำหมัก
 ชีวภาพที่เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน
 ในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์เก่า พบว่าในน้ำชะขยะ
 มูลฝอยสังเคราะห์เก่าที่เติมน้ำหมักชีวภาพร้อยละ 1.0
 สามารถลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้สูงสุดคิดเป็น
 ร้อยละ 92.92 ส่วนความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่

เหมาะสมต่อการลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ คือ น้ำหมักชีวภาพเข้มข้นร้อยละ 2.0 สามารถลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยสังเคราะห์ใหม่ได้สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 80.59 ผลที่ได้จากการศึกษา สามารถนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ลดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำชะขยะมูลฝอยและใช้เป็นแนวทางในการบำบัดน้ำชะขยะมูลฝอยต่อไปได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- APHA. (1989). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (15th ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Beatriz, G. R., Amanda, L. S., Luiza, P. T. T., Adriana, A. O., Liséte, C. L., & Miriam, C. S. A. (2017). Organic compounds removal and toxicity reduction of landfill leachate by commercial bakers' yeast and conventional bacteria based membrane bioreactor integrated with nanofiltration. *Waste Management*, 70, 170-180.
- Boyd, C. E. (1979). *Water quality in warm water fish ponds*. Alabama: Craftmaster Printers.
- Dan, A., Daiki, F., Satoshi, S., Takashi, M., & Michihiko, I. (2017). Removal of phenol, bisphenol A, and 4-tert-butylphenol from synthetic landfill leachate by vertical flow constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 578, 556-576.
- Kantachote, D., Charemjittrakul, C., & Asavaroungpipob, N. (2004). Characteristics of fermented plant beverage in southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(3), 601-605. (in Thai)
- Kusuwanwichid, S., Tripetchkul, S., & Akeprathumchai, S. (2014). Production of bio-extract from wastewater originated from virgin coconut oil manufacturing process: Influence of sugar types. *KMUTT Research and Development Journal*, 37(4), 447-466. (in Thai)
- Lang, W. (2011). *Environmental microbiology* (2nd ed.). Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)
- Lei, M., Gangqing, Y., Tao, T., & Yongzhen, P. (2019). Recent advances in nitrogen removal from landfill leachate using biological treatments – A review. *Journal of Environmental Management*, 235, 178-185.
- Pruksa, P. (2009). *Fertilizers and bio-extracts* (4th ed.). Bangkok: Neon book media. (in Thai)
- Pengon, D., Pintarak, A., Kasikamyeyong, P., & Arunrunroj, S. (2009). *The production of effective microorganisms in compost and sewage biodegradation* (research report). Chiang Mai: Mae Jo University. (in Thai)
- Phattakarnkha, P. (2015). *Treatment of mature landfill leachate by using TiO_2 photocatalyst* (Master's thesis). Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani. (in Thai)
- Pollution Control Department. (2001). *Standards and guidelines for municipal solid waste management* (5th ed.). Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. (in Thai)

- Pooksungnurn, J. (2005). *Bacterial identification obtained from herbal biological extract by using biolog system* (Bachelor's thesis). Kasetsart University, Nakhon Pathom.
- Reis, B. G., Silveira, A. L., Teixeira, L. P. T., Okuma, A. A., Lange, L. C., & Amaral, M. C. S. (2017). Organic compounds removal and toxicity reduction of landfill leachate by commercial bakers, yeast and conventional bacteria based membrane bioreactor integrated with nanofiltration. *Waste Management*, 70, 170-180.
- Siripanpong, P. (2009). *Using effective microorganisms and fenton-oxidation for landfill leachate treatment* (Master's thesis). Prince of Songkhla University, Songkhla. (in Thai)
- Sriwongchai, S., Aksornsamai, C., & Kitleartpornpairat, R. (2019). Screening of xylose-utilizing oleaginous yeasts from fermented bio-extracts for microbial oil production. *Burapha Science Journal*, 24(1), 311-325. (in Thai)
- Song, J., Zhang, W., Gao, J., Hu, X., Zhang, C., He, Q., Yang, F., Wang, H., Wang, X., & Zhan, X. (2020). A pilot-scale study in the treatment of landfill leachate by composite biological system under low dissolved oxygen conditions: Performance and microbial community. *Bioresource Technology*, 296, 122344.
- Sukkulrat, J., Suksaroj, C., & Umsakul, K. (2010). *Effects of effective microorganisms on leachate treatment* (research report). Songkhla: Prince of Songkhla University. (in Thai)
- Yao, Q., & Peng, D-C. (2017). Nitrite oxidizing bacteria (NOB) dominating in nitrifying community in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants. *ABM Express*, 7(25), 1-11.
- Zegzouti, Y., Boutafda, A., Ezzariai, A., Fels, L. E., Hadek, M. E., Hassani, L. A. I., & Hafidi, M. (2020). Bioremediation of landfill leachate by *Aspergillus flavus* in submerged culture: Evaluation of process efficiency by physicochemical methods and 3D fluorescence spectroscopy. *Journal of Environmental Management*, 255(1), 109821.