

การบำบัดเฮกเซนในของเสียจากการวิเคราะห์ ยาฆ่าแมลงโดยตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัด น้ำเสีย*

ภูนาท คุ่มไข่น้ำ¹⁾ ภิญญ์ทิตา มุ่งการดี²⁾ และ วันเพ็ญ วิโรจน์ภู³⁾

¹⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³⁾ รองศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Email: pinthita@kku.ac.th

บทคัดย่อ

เฮกเซนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่มีการใช้กันมากในการวิเคราะห์กลุ่มยาฆ่าแมลง ซึ่งสารดังกล่าวจัดเป็นของเสียอันตรายที่มีพิษต่อระบบทางเดินหายใจและระบบประสาท การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการบำบัดของเสีย เฮกเซน ที่มาจากห้องปฏิบัติการที่มีการวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง โดยในการบำบัดได้ใช้ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และ จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลซึ่งเชื่อว่าเคยได้รับการปนเปื้อนจากสารดังกล่าว โดยในขั้นแรกเป็นการวิเคราะห์หาสารปนเปื้อนในของเสียเฮกเซนจากการทดลองพบว่ามีเฮกเซนปนเปื้อนร้อยละ 98 และ ไดคลอโรมีเทนร้อยละ 1.67 คิดเป็นปริมาณความเข้มข้นเท่ากับ 646,800 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 26,540 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นเป็นการศึกษาศักยภาพของตะกอนจุลินทรีย์ในการบำบัดของเสียเฮกเซนจากระบบบำบัดทั้งสองระบบ จากการทดลองพบว่า ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นมีศักยภาพในการบำบัดของเสียเฮกเซนดีกว่าตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยพบว่าในวันที่ 30 ของการทดลอง ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นสามารถบำบัดเฮกเซนได้ร้อยละ 96.77 และสามารถบำบัดไดคลอโรมีเทนได้ร้อยละ 18.44 ส่วนตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่นสามารถบำบัดเฮกเซนได้ร้อยละ 95.09 และสามารถบำบัดไดคลอโรมีเทนได้ร้อยละ 6.65 จากนั้นนำตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นซึ่งมีศักยภาพในการบำบัดที่สูงกว่ามาทดลอง บำบัดเฮกเซนที่ความเข้มข้น 400, 540, 810, 1079, 1618, 2158, 2427 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าที่ปริมาณความเข้มข้นของของเสียเฮกเซน 810 มิลลิกรัมต่อลิตร จุลินทรีย์สามารถบำบัดของเสียเฮกเซนได้ดีที่สุด คือสามารถบำบัดเฮกเซนได้ร้อยละ 74.69 และสามารถบำบัดไดคลอโรมีเทนได้ร้อยละ 70.37 โดยความเข้มข้นที่สูงกว่านี้ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งแสดงว่าเฮกเซนเป็นสารอาหารที่ก่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น

คำสำคัญ : ของเสียเฮกเซน, ตะกอนจุลินทรีย์, ระบบบำบัดน้ำเสีย

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2548 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2548

Removal of Hexane waste in Waste from Pesticide Analysis by Wastewater Treatment Plant Sludge*

Poowanat Kumkhinam¹⁾ Pinthita Mungkarndee²⁾ Wanpen Wirojanagud³⁾

¹⁾ Master Student Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kean University

²⁾ Assistant Professor Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kean University

³⁾ Associate Professor, Research Center for Environmental and Hazardous Substance Management, Khon Kean University

Email: pinthita@kku.ac.th

ABSTRACT

This research was the study of treatment of hexane waste from pesticide analysis by using acclimated sludge. The contaminants in hexane waste were analyzed. It was found that the waste contained 98% hexane (equivalent to 646,800 mg/L hexane) and another 1.67% Dichloromethane (DCM) (equivalent to 26,540 mg/L DCM). The potential of sludge taken from KCU treatment facility and from activated sludge plant of Khon Kaen hospital in treating hexane waste were studied. The results showed that microorganisms from Khon Kaen hospital could achieve 96.77% of hexane and 18.44% of Dichloromethane removal, while microorganisms from KCU treatment unit could do 95.09 % of hexane and 6.65 % of Dichloromethane removal, respectively. Therefore, sludge from Khon Kaen hospital were used for the hexane treatment efficiency study. Seven sets of hexane waste with concentrations of 400, 540, 810, 1079, 1618, 2158 and 2427 mg/L were used in the study. It was found that at the hexane concentration of 810 mg/l, organisms could remove 74.69% of hexane and 70.37% of dichloromethane while at higher concentrations the efficiency decreased. These results revealed that the hexane waste at higher concentration (over 810 mg/l) could inhibit the growth of organisms in the system.

Keywords : Hexane Waste, Sludge, Wastewater Treatment

*

Original manuscript submitted: June 28, 2005 and Final manuscript received: November 25, 2005

บทนำ

ในปัจจุบันเฮกเซนถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ในห้องปฏิบัติการมีการใช้เฮกเซนเป็นตัวสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช ปฏิบัติการเกี่ยวกับการหาค่าไขและน้ำมันในน้ำเสีย (Grease & Oil Analysis) ใช้ในการเตรียมและสกัดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ที่ใช้เครื่อง GC (Gas Chromatograph) เพื่อหาความเข้มข้นของ เพสทิไซด์ ในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปฏิบัติการเคมีอื่นๆ อีกมากมาย

เฮกเซนเป็นสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนที่เป็นโซ่ตรง (aliphatic hydrocarbon) เป็นสารที่ระเหยง่ายที่อุณหภูมิห้อง (Volatile Organic Compound) ไอระเหยที่เกิดขึ้นสามารถฟุ้งกระจายได้ในบรรยากาศ บางส่วนอาจปนเปื้อนไปกับน้ำทิ้ง ส่งผลถึงความปลอดภัยของประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของเสียที่เกิดขึ้นในปฏิบัติการที่มีการใช้เฮกเซนปัจจุบันยังไม่มีจัดการที่ถูกต้องวิธี เช่น การเผาให้ระเหยไปในอากาศ การกลั่นนำไปทิ้งตามที่ทิ้งขยะสาธารณะ หรือที่รกร้างว่างเปล่า นอกจากนี้ในห้องปฏิบัติการยังมีการเก็บของเสียที่ปนเปื้อนเฮกเซน ไว้เพื่อรอการบำบัดทั้งอีกเป็นจำนวนมาก ของเสียเฮกเซน (hexane waste) ดังกล่าวจากห้องปฏิบัติการเคมีของน้ำและน้ำเสีย พบว่ามีการปนเปื้อนของสาร dichloromethane (DCM) อยู่ด้วยในปริมาณ 10-15% (ข้อมูลปริมาณของเสียห้องปฏิบัติการ, 2546) ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารอันตรายและหากบำบัดโดยการเผาไหม้ก็อาจก่อให้เกิดสารที่อันตราย เช่น สารไดออกซิน (dioxin) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งเป็นต้น

สำหรับเฮกเซน ซึ่งเป็นสารระเหยง่ายที่มีอันตรายต่อระบบการหายใจและระบบประสาทอย่างเรื้อรัง เป็นสารที่เป็นพิษและมีการใช้กันมาก ดังนั้นการศึกษาวិธีการบำบัดเฮกเซน โดยไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสถานที่ทำงาน โดยเฉพาะการบำบัดโดยวิธีทางชีววิทยา ซึ่งสามารถบำบัดเฮกเซน ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) เป็นผลผลิตที่ไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้สารเคมี หรือการใช้แผ่นกรองที่อาจมีสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

จากการค้นคว้าเอกสารพบว่ากลุ่มอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับสารเฮกเซน และ ไคคลอโรมีเทน มีผู้ทำการศึกษาและพบว่าสามารถบำบัดสารดังกล่าวได้ด้วยขบวนการทางชีววิทยา ดังเช่น

ยูเรสเน่ เอ็มแย้ม (2537) ได้ศึกษาการย่อยสลายนอร์มัล-อัลเคนในน้ำจืด โดย *Pseudomonas fluorescens* และ *Alcaligenes faecalis* โดยการเติมน้ำมันผสมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยในน้ำตัวอย่าง วิเคราะห์หาปริมาณนอร์มัล-อัลเคนในน้ำตัวอย่างด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่าการย่อยสลายนอร์มัล-อัลเคนที่ละลายในน้ำตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อแล้วสามารถลดได้ประมาณร้อยละ 37-54 ส่วนการย่อยสลาย นอร์มัล-อัลเคนที่ละลายในน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อลดได้ประมาณ ร้อยละ 46-75 ซึ่งงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า มีกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารพวกอัลเคนได้ และเฮกเซนก็มีคุณสมบัติคล้ายกลุ่มพวกแอลเคน

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายสารพวกอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนได้ เช่น *Mycobacterium* แม้กระทั่งยางแอสฟัลท์ (asphalt) ที่ใช้ทำถนน ก็ถูกทำลายโดยจุลินทรีย์พวกนี้ได้ด้วย งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า มีกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารพวกอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอน และเอเคนก็เป็นสารพวกพวกอะลิแฟติกไฮโดรคาร์บอน (สมศักดิ์ หวังโน, 2528)

Bruner et al. (1980) ได้ทดลองย่อยสลายย่อยสลาย DCM ด้วยแบคทีเรีย กลุ่ม *methylotroph* *bacterium* มีการเติมอากาศและวิเคราะห์การย่อยสลาย พบว่าการย่อยสลายจะเกิดได้สูงสุดที่ pH เป็น 9 โดยส่วนผสมของสารอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์มีส่วนประกอบคล้ายกับส่วนผสมของสารอาหารที่ใช้เลี้ยง จุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถย่อยสลายเอเคนได้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาการบำบัดสารปนเปื้อนที่อยู่ในของเสียเอเคน โดยการใช้อุณหภูมิจากระบบบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียเอเคนดังกล่าว

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

1) การศึกษาสารปนเปื้อนที่อยู่ในของเสียเอเคน ซึ่งของเสียเอเคนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นของเสียจากกระบวนการการวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง ในห้องปฏิบัติการโซควินา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการเตรียมสารที่จะใช้สำหรับสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณยาฆ่าแมลงจะใช้ เอเคนและ DCM ผสมกันโดยใช้ปริมาณเอเคนมากกว่า (มี DCM ผสมประมาณ 15%) เป็นตัวสกัด การทดลองครั้งนี้ใช้เครื่อง GC-FID (Gas Chromatograph – Flame Ionization Detectors) สำหรับการตรวจวิเคราะห์เอเคน และ GC-ECD (Gas Chromatograph – Electron Capture Detectors) สำหรับการตรวจวิเคราะห์ DCM

2) การศึกษาเพื่อเตรียมจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพและการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จากตะกอน ซึ่งได้นำตะกอนมาจาก 2 แหล่งคือ ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น และตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น อาหารสังเคราะห์มีส่วนประกอบคือ สารอาหารที่เป็นพวกแร่ธาตุต่างๆ (trace elements) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ EDTA 50 กรัม, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1 กรัม, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 7.34 กรัม, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2.50 กรัม, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 5 กรัม, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารอาหารตั้งต้นที่เป็นแหล่งของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ได้แก่ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 7.9 กรัม, KH_2PO_4 1.5 กรัม, NH_4Cl 0.8 กรัม, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1 กรัม และ NaOH (ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร) ประมาณ 24 มิลลิลิตร ใช้ในการปรับพีเอช การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จากตะกอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (DSMZ, 2003)

เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในขวดแก้วที่ปิดปากสนิทขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 4 ขวด โดยคัดเชื้อจุลินทรีย์จากตะกอนแหล่งละ 2 ขวด ใส่ตะกอน 10 กรัม (โดยประมาณ) และอาหารเลี้ยงเชื้อโดยมี

ของเสียเฮกเซนผสมอยู่ด้วย ผสมให้เข้ากันปิดฝาอย่างมิดชิด นำไปเขย่าในเครื่องเขย่า (shaker) เพื่อเติมอากาศตลอดเวลาที่ทดลอง ที่อัตราความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ในการทดลองนี้จะใช้ขวดควบคุมโดยไม่มีการใส่ตะกอน ทดลองพร้อมกันไปด้วย) เก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าเฮกเซนและ DCM และเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อทุกวัน จนเห็นว่าการลดปริมาณเฮกเซนเริ่มจะคงที่ เปลี่ยนความเข้มข้นของส่วนผสมคาร์บอน จากการที่เดิมของเสียเฮกเซนในสัดส่วนน้อยประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จนปริมาณความเข้มข้นของของเสียเฮกเซนเป็นร้อยละ 100 (ประมาณ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อจุลินทรีย์สามารถปรับตัวจนสามารถบำบัดของเสียเฮกเซนได้สูงสุดหรือจนปริมาณการบำบัดของเสียเฮกเซนเริ่มคงที่แล้ว จึงนำจุลินทรีย์ที่เลี้ยงได้ ไปหาประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียเฮกเซนสูงสุดต่อไป

3) การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียเฮกเซนของจุลินทรีย์ มีรายละเอียดคือ แบ่งการทดลองออกเป็น 7 ชุด เป็น 7 ชุดการทดลอง (โดยแต่ละชุดมีการปิดฝาเพื่อป้องกันการระเหยของของเสียเฮกเซน) แล้วเติม จุลินทรีย์ลงไปปริมาณ 250 มิลลิลิตร (โดยมีค่า MLSS ประมาณ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปลอ่ยให้เชื้อจุลินทรีย์ในขวดทั้ง 7 ชุด ตกตะกอน จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 2,500 รอบต่อนาที เพื่อเอาเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ นำเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้ ใส่ขวดที่มีอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ปริมาณ 250 มิลลิลิตร จนครบ 7 ชุด เป็น 7 ชุดการทดลอง ศึกษาแบบแบตช์ โดยมีการเปลี่ยนความเข้มข้น ของของเสียเฮกเซน 7 ความเข้มข้นคือ 400, 540, 810, 1079, 1618, 2158 และ 2427 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเติมของเสียเฮกเซน 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8 และ 0.9 มิลลิลิตร ในขวดที่มีอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำขวดควบคุมด้วย โดยทดลอง 7 ชุดการทดลองแต่ไม่มีการเติมจุลินทรีย์ ซึ่งข้อจำกัดของการทดลองนี้คือ จะใช้ขวดทดลองทุกช่วงเวลา เมื่อเก็บตัวอย่างวิเคราะห์แล้วก็จะทิ้งตัวอย่างนั้นไป เพื่อเลี่ยงการระเหยในขณะปิดเปิดขวดเก็บตัวอย่าง เติมอากาศโดยเขย่าในเครื่องเขย่า โดยเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าปริมาณเฮกเซน, DCM, MLSS และ COD ทุก 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หาประสิทธิภาพในการบำบัดเฮกเซนและ DCM โดยการวัดปริมาณความเข้มข้นที่ลดลง

ผลการศึกษา

ของเสียเฮกเซนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นของเสียที่ได้มาจากการวิเคราะห์ยาฆ่าแมลง ณ ห้องปฏิบัติการโซควัฒนา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากการทดลองพบว่าในของเสียเฮกเซนมีเฮกเซนเป็นส่วนประกอบอยู่ร้อยละ 98 และมี DCM เป็นส่วนผสมร้อยละ 1.67 โดยคิดเป็นเฮกเซน 646,800 มิลลิกรัมต่อลิตร และ DCM 26,540 มิลลิกรัมต่อลิตร (ของเสียเฮกเซนจะมีส่วนผสมระหว่างเฮกเซนและ DCM เท่านั้น จึงทำให้ค่าที่วัดได้ มีความเข้มข้นค่อนข้างสูง) ดังตารางที่ 1

ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้น 1 ใน 1000 ส่วน (ppt)		ปริมาณความเข้มข้น เปอร์เซ็นต์		ปริมาณความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	Hexane	DCM	Hexane	DCM	Hexane	DCM
ของเสียเฮกเซน	0.98	0.0167	98%	1.67% ประมาณค่าเป็น 2%	646,800	26,540

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในของเสียเฮกเซน

การศึกษาเพื่อเตรียมจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพและการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จากตะกอนนั้น ได้จุลินทรีย์มาจากตะกอน 2 แหล่งคือ จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น และตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเริ่มจากการให้จุลินทรีย์ในตะกอนทั้ง 2 แหล่งให้ได้รับอาหารสังเคราะห์ที่มีของเสียเฮกเซนเป็นแหล่งของคาร์บอน โดยเริ่มปริมาณความเข้มข้นของของเสียเฮกเซนจาก 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จนคุ้นเคยที่ของเสียเฮกเซนเป็น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองเมื่อเทียบกับระบบที่มีการควบคุม (ขวดที่ไม่มีตะกอน) พบว่า จุลินทรีย์จากตะกอนที่นำมาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น มีศักยภาพในการบำบัดของเสียเฮกเซน สูงกว่าจุลินทรีย์จากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น

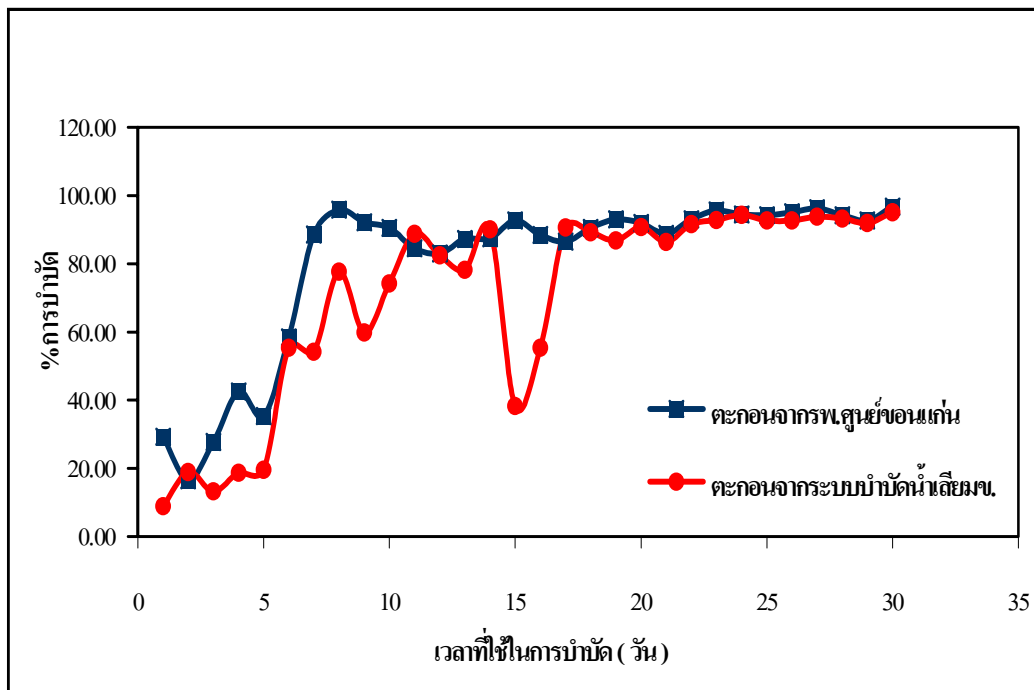
จากการทดลองเลี้ยงจุลินทรีย์ 30 วัน โดยเปลี่ยนอาหารจุลินทรีย์ทุกวัน พบว่า จุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น มีความคุ้นเคยกับอาหารที่มีของเสียเฮกเซนในวันที่ 7 ของการทดลอง หลังจากวันที่ 7 แล้วจุลินทรีย์มีการบำบัดเกือบจะคงที่ คือประมาณร้อยละ 90 ภายในวันที่ 30 ของการทดลอง ส่วนจุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่ามีความคุ้นเคยกับอาหารที่มีของเสียเฮกเซนและการบำบัดคงที่ในระยะเวลา 16 วัน โดยพบว่า การบำบัดเป็นร้อยละ 90 ใน 30 วันของการทดลอง

ส่วน DCM พบว่า จุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น มีค่าการบำบัดไม่คงที่ การบำบัดสูงที่สุดในวันที่ 21 ของการทดลอง คือร้อยละ 36.74 ส่วนจุลินทรีย์จากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น มีการบำบัดสูงสุดคือ ร้อยละ 36.70 ในวันที่ 22 ของการทดลอง และจุลินทรีย์จากตะกอนทั้ง 2 แหล่งมีแนวโน้มในการบำบัด DCM ลดลงในวันที่ 25 ของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์มีการเพิ่มปริมาณของของเสียเฮกเซนขึ้นเรื่อย ๆ และ DCM มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโต จึงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด DCM ลดลงในวันที่ 25 ของการทดลอง

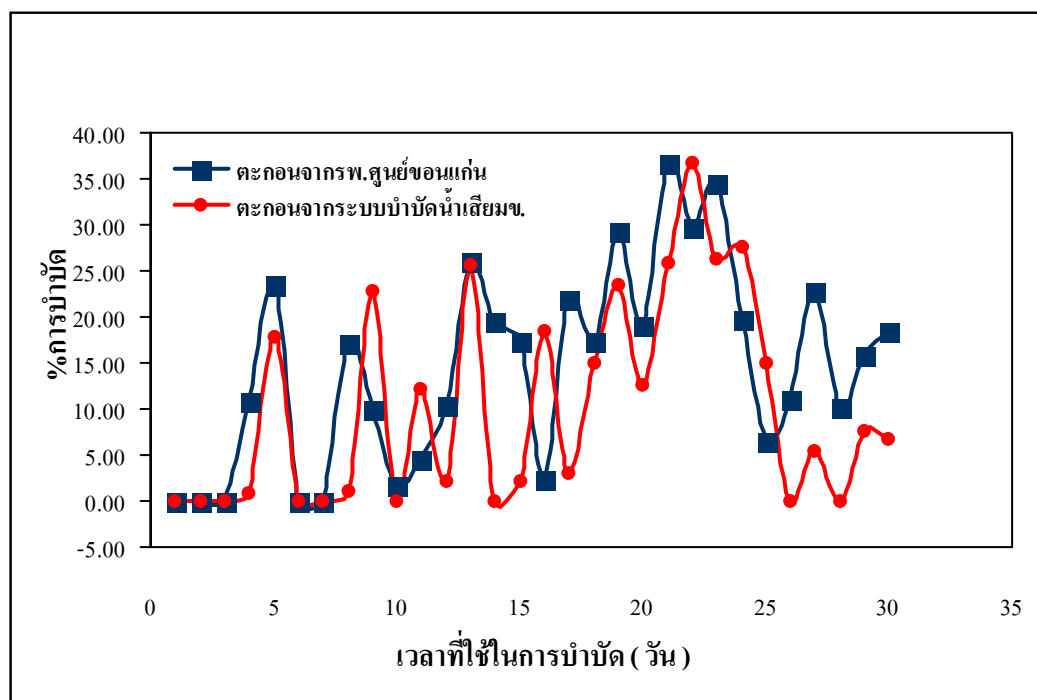
	ตะกอนจากรพ.ศูนย์		ตะกอนจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น	
	Hexane	DCM	Hexane	DCM
การบำบัดในวันที่ 30 ของการเลี้ยงเชื้อ	96.77%	18.44%	95.09%	6.65%

ตารางที่ 2 ผลการบำบัดเฮกเซนและ DCM ของจุลินทรีย์จากตะกอนทั้ง 2 แหล่งใน 30 วันของการเลี้ยงเชื้อ

จากการทดลองในการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้ของเสียเฮกเซน เป็นแหล่งของคาร์บอน เปลี่ยนอาหารและวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนและ DCM ทุกวันเป็นเวลา 30 วัน พบว่า จุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นมีแนวโน้มที่สามารถบำบัด เฮกเซนและ DCM ได้ดีกว่า ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่นดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 โดยตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นสามารถบำบัดเฮกเซนได้ร้อยละ 96.77 และสามารถบำบัด DCM ได้ร้อยละ 18.44 ในขณะที่ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย มหาวิทยาลัยขอนแก่นสามารถบำบัดเฮกเซนได้ร้อยละ 95.09 และสามารถบำบัด DCM ได้ร้อยละ 6.65 ดังตารางที่ 2 ดังนั้น จึงได้นำจุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 1 การบำบัดเฮกเซนโดยจุลินทรีย์จากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นและตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่นในเวลาเพาะเลี้ยงเชื้อ 30 วัน

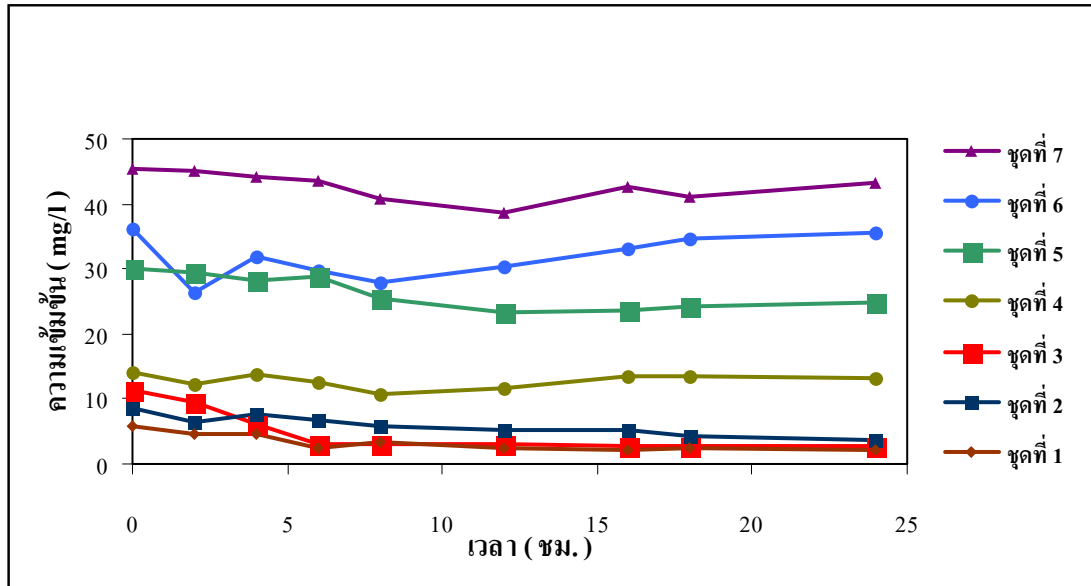


ภาพที่ 2 การบำบัด DCM โดยจุลินทรีย์จากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นและตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเวลาเพาะเลี้ยงเชื้อ 30 วัน

สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียเฮกเซน ของจุลินทรีย์จากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น จากการทดลองที่ใช้ของเสียเฮกเซนเป็นแหล่งคาร์บอนในปริมาณความเข้มข้นต่างๆ กัน 7 ความเข้มข้น คือ 400, 540, 810, 1079, 1618, 2158 และ 2427 มิลลิกรัมต่อลิตร (ได้มีการทดลองก่อนที่จะเลือกช่วงของความเข้มข้นนี้ ว่าจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายเฮกเซนและมีชีวิตอยู่ได้) ได้แสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 3

เวลาในการเขย่า (ชม.)	ปริมาณความเข้มข้นของเฮกเซน (มิลลิกรัมต่อลิตร)						
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7
0	5.84	8.48	11.38	14.12	30.01	36.13	45.46
2	4.67	6.59	9.57	12.4	29.53	26.23	45.21
4	4.69	7.73	6.21	13.91	28.19	31.84	44.29
6	2.44	6.73	3.09	12.69	28.76	29.68	43.66
8	3.44	5.68	3.01	10.63	25.46	27.97	40.81
12	2.45	5.34	2.96	11.59	23.34	30.29	38.65
16	2.25	5.07	2.79	13.61	23.51	33.1	42.55
18	2.42	4.19	2.88	13.5	24.31	34.79	41.19
24	2.14	3.57	2.88	13.1	24.8	35.51	43.39

ตารางที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นของเฮกเซนในการบำบัด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดเฮกเซนในเวลา 24 ชั่วโมง ของจุลินทรีย์ ที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ความเข้มข้น

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของเสียเฮกเซน (mg/L)	ประสิทธิภาพในการบำบัดเฮกเซนใน 24 ชั่วโมง
1	400	63.35%
2	540	57.90%
3	810	74.69%
4	1,079	7.22%
5	1,618	17.36%
6	2,158	1.72%
7	2,427	4.55%

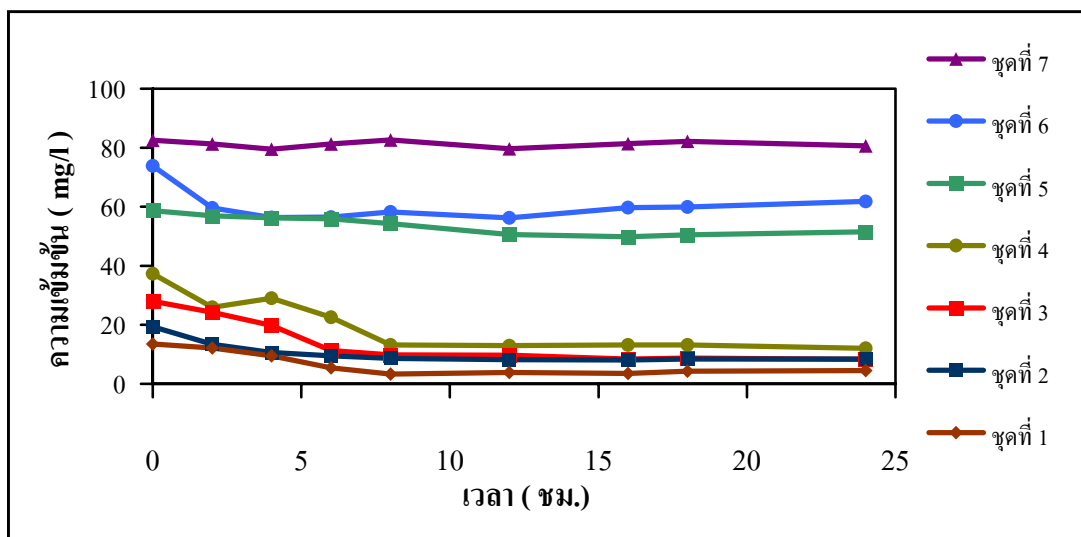
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการบำบัดเฮกเซนในเวลา 24 ชั่วโมง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 ที่มีความเข้มข้นของของเสียเฮกเซน 810 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด คือ 74.69% และเมื่อความเข้มข้นของของเสียเฮกเซนเกิน 810 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง (จากผลการบันทึกข้อมูลความเข้มข้นเริ่มต้นที่เวลาเขย่า 0 ชั่วโมงจะไม่เท่ากับปริมาณความเข้มข้นของของเสียเฮกเซนที่เติมลงไป เนื่องจากมีการระเหยไปในอากาศระหว่างการทดลอง นอกจากนี้ของเสียเฮกเซนที่เติมลงไปก็ไม่สามารถละลายเข้าไปในน้ำได้หมด เมื่อเก็บตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมงไปวิเคราะห์หาปริมาณเฮกเซนแล้ว จึงมีค่าปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกัน)

สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัด DCM จากการทดลองเก็บตัวอย่างเพื่อหาค่า DCM ไปพร้อมกันโดยแบ่งชุดการทดลองและเวลาที่เก็บตัวอย่างเหมือนกันดังตารางที่ 5 นำผลการทดลองที่ได้ไปวาดกราฟแสดงประสิทธิภาพในการบำบัด DCM ในเวลา 24 ชั่วโมง ของจุลินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน 7 ความเข้มข้นดังภาพที่ 4

เวลาในการบำบัด (ชม.)	ปริมาณความเข้มข้นของ DCM (มิลลิกรัมต่อลิตร)						
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6	ชุดที่ 7
0	13.46	19.37	28.05	37.35	58.71	73.91	82.52
2	12.19	13.37	24.23	25.92	56.87	59.62	81.24
4	9.51	10.68	19.86	28.98	56.31	56.41	79.51
6	5.47	9.56	11.29	22.57	55.97	56.45	81.3
8	3.34	8.63	9.89	13.14	54.29	58.25	82.63
12	3.91	8.15	9.73	12.98	50.66	56.23	79.58
16	3.56	8.06	8.46	13.17	49.87	59.68	81.45
18	4.34	8.37	8.74	13.21	50.52	59.89	82.16
24	4.49	8.44	8.31	12.02	51.51	61.74	80.59

ตารางที่ 5 ปริมาณความเข้มข้นของ DCM ในเวลาบำบัด 24 ชั่วโมง

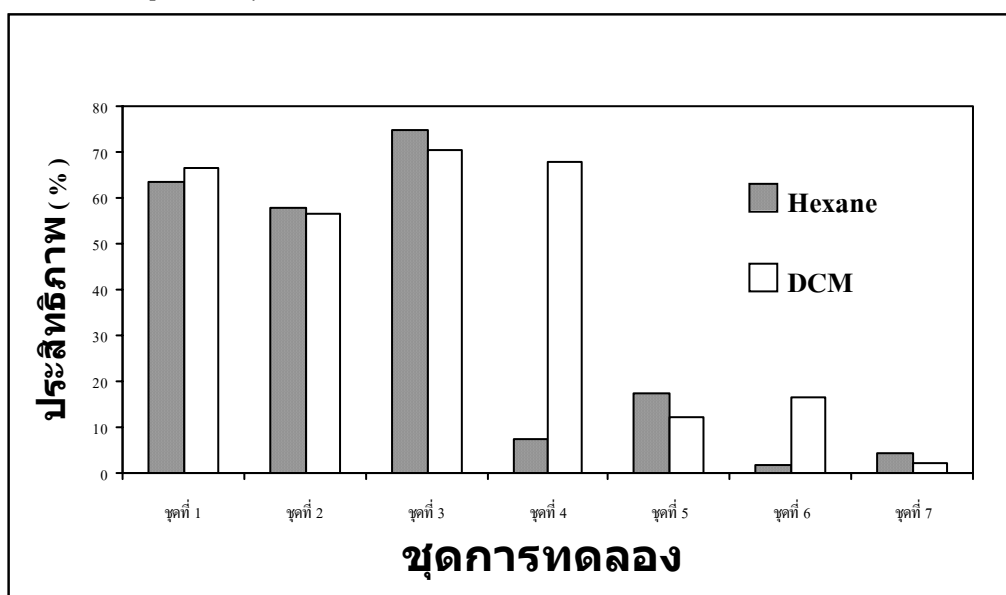


ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัด DCM ในเวลา 24 ชั่วโมง ของจุลินทรีย์ ที่ความเข้มข้นต่างกัน 7 ความเข้มข้น

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของเสียไฮเซน (mg/L)	ประสิทธิภาพในการบำบัด DCM ใน 24 ชั่วโมง
1	400	66.64%
2	540	56.43%
3	810	70.37%
4	1,079	67.82%
5	1,618	12.26%
6	2,158	16.47%
7	2,427	2.34%

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการบำบัด DCM ในเวลา 24 ชั่วโมง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 6 พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 ที่มีความเข้มข้นของของเสียเหksen 810 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด คือ 70.37% สำหรับการทดลองในชุดที่ 4 พบว่า มีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกับชุดที่ 3 แสดงว่าจุลินทรีย์บางกลุ่มยังสามารถบำบัด DCM ได้ จนความเข้มข้นอยู่ในระดับชุดการทดลองที่ 5 ประสิทธิภาพในการบำบัดถึงจะลดลงอย่างมาก



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการบำบัดเหksenและ DCM ในเวลา 24 ชั่วโมงของจุลินทรีย์ ที่ความเข้มข้นของของเสียเหksenต่างกัน 7 ชุดการทดลอง

จากภาพที่ 5 พบว่าชุดการทดลองที่ 3 ที่มีความเข้มข้นของของเสียเหksen 810 มิลลิกรัมต่อลิตร จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ สามารถบำบัดเหksenได้ 76.69% และสามารถบำบัด DCM ได้ 70.37% สำหรับการทดลองในชุดที่ 4 พบว่า ยังมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับชุดที่ 3 แสดงว่าจุลินทรีย์บางกลุ่มสามารถบำบัด DCM ได้ จนความเข้มข้นอยู่ในระดับชุดการทดลองที่ 5 ประสิทธิภาพในการบำบัดถึงจะลดลงอย่างมาก ซึ่งแสดงว่าของเสียเหksenเป็นสารอาหารที่ก่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น

สรุป

1. การศึกษาสารปนเปื้อนที่อยู่ในของเสียเหksen พบว่าของเสียเหksenมีส่วนผสมที่เป็นเหksenร้อยละ 98 และ DCM ร้อยละ 1.67 ซึ่งสารปนเปื้อน DCM ดังกล่าวจัดเป็นสารอันตรายที่ทำให้ไม่สามารถบำบัดของเสียเหksenได้ด้วยการ เฝ้า

2. จุลินทรีย์จากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่นมีแนวโน้มที่สามารถบำบัด เหksenและ DCM ได้ดีกว่า ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยพบว่าตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น สามารถบำบัดเหksenได้ร้อยละ 96.77

และสามารถบำบัด DCM ได้ ร้อยละ 18.44 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนด้วยสารดังกล่าวจากห้องปฏิบัติการและจากน้ำยาฆ่าเชื้อ จึงทำให้กลุ่มแบคทีเรียในตะกอนสามารถปรับตัวในของเสียเฮกเซนได้เร็วกว่ากลุ่มแบคทีเรียจากน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัย

3.ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดเฮกเซนของจุลินทรีย์จากตะกอนระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น พบว่า ที่ความเข้มข้นของของเสียเฮกเซน 810 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด คือร้อยละ 74.69 และเมื่อความเข้มข้นของของเสียเฮกเซนเกิน 810 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง แสดงว่าของเสียเฮกเซนเป็นสารอาหารที่ก่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่นเดียวกับ DCM ที่ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ที่ร้อยละ 70.37 และลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารในของเสียมีความเข้มข้นสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเฉพาะทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและวัตถุอันตราย มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2543.

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของสารเคมีเฉพาะเรื่อง ทีพีเอช TPH. กรุงเทพฯ: วีรณาเพรส. ข้อมูลปริมาณของเสียจากห้องปฏิบัติการ. 2546. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ยูเรสเน่ เอ็มแยม. 2537. การย่อยสลายนอร์มัล – อัลเคน ในน้ำจืดโดย *Pseudomonas*

Fluorescens และ *Alcaligense Faecallis*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

(สาขารณสุขศาสตร์) สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

สมศักดิ์ หวังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช

Brunner W, Staub D, Leisinger T. Bacterial degradation of dichloromethane. 1980. **Appl. Environ. Microbiol.** 40(5): 950-958.

DSMZ. **List of media: Myxobacterial growth medium and Hyphomicrobium medium** [online] 2003 [cited 2003 May 22]. Available from: <http://www.dsmz.de/media/med939.htm> & <http://www.dsmz.de/strains/deggradn.htm>.