

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจน (Aerobic treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการใช้ออกซิเจน เป็นการอาศัยกลุ่มจุลินทรีย์ทำหน้าที่ทำลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยเฉพาะกลุ่มแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียจะใช้สารอินทรีย์ประมาณ 70% เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิต และอีก 30% นำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่เพื่อการเจริญเติบโต (synthesis) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเมื่อพูดถึงแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสีย เรามักจะหมายถึงแบคทีเรียในกลุ่ม Heterotrophic bacteria (สันทนต์สิริอนันต์ไพบูลย์, 2549)

ปฏิกิริยาชีวเคมีของแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน เป็นดังสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 ดังนี้



2.2 สภาพแวดล้อมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

2.2.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความต้องการสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด-ด่างแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ บางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5-9 และที่เหมาะสมที่สุด คือ 6.8-7.2 เป็นสภาพที่เหมาะสมที่ใช้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนทั่วไป

2.2.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะแปรผันตามอุณหภูมิและความต้องการของแบคทีเรียชนิดนั้นๆ โดยปกติแล้วอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่งที่แบคทีเรียชนิดใดชนิดหนึ่งต้องการหรือเหมาะสมและในที่สุดถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจนแบคทีเรียทนไม่ได้ก็จะตาย ดังนั้น การแบ่งชนิดของแบคทีเรียตามอุณหภูมิอาจแบ่งได้ 3 ชนิดตามอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียแต่ละกลุ่ม

กลุ่มของแบคทีเรียแบ่งตามอุณหภูมิ	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	
	พิสัย(Range)	เหมาะสม(Optimum)
ไซโครฟิลิก (Psychrophilic)	10-30	12-18
มีโซฟิลิก (Mesophilic)	20-50	25-40
เทอร์โมฟิลิก (Thermophilic)	30-75	55-65

2.2.3 ออกซิเจน (Oxygen)

ความสำคัญของออกซิเจนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียแบ่งตามความต้องการแหล่งออกซิเจนออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระในการดำรงชีวิตจัดอยู่ในกลุ่ม Aerobic bacteria และแบคทีเรียชนิดที่ใช้ออกซิเจนในรูปสารประกอบไม่ว่าจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic oxygen compound) หรือสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic oxygen compound)

2.2.4 อาหาร (Food)

อาหารของแบคทีเรียแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ อาหารเพื่อใช้เป็นพลังงานและอาหารเพื่อใช้สร้างเซลล์ใหม่ อาหารส่วนใหญ่ได้แก่สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดหนึ่งเป็นอาหารเสริม (Nutrients) ซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ได้แก่ สารประกอบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อแบคทีเรียโดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำเสีย ในระบบเดิมอากาศความต้องการสารอาหาร (Substrate) และอาหารเสริม (Nutrients) อย่างน้อยของแบคทีเรียอัตราส่วน BOD: N: P = 100: 5: 1

2.3 อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

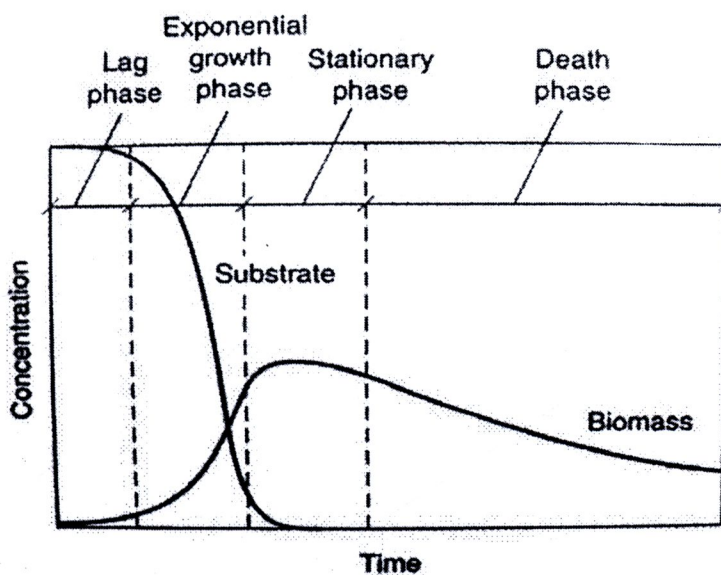
ถ้าสภาวะแวดล้อมทางกายภาพและทางเคมีไม่ขัดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล้ว อัตราเร่งในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหาร (Substrate) เท่านั้น ทั้งนี้อาหารเสริม (Nutrients) จะต้องเพียงพอด้วย กล่าวได้ว่าการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณอาหาร อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสัมพันธ์กับระยะเวลาดังแสดงได้ในภาพที่ 2.1 ดังนี้

2.3.1 The lag phase คือ ช่วงระยะเวลาแรกที่แบคทีเรียได้รับสารอาหาร และแบคทีเรียจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและสารอาหารใหม่ๆ เพื่อที่จะได้นำมาสร้างเป็นส่วนประกอบต่างๆของเซลล์ต่อไป โดยในช่วงเวลานี้แบคทีเรียจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ

2.3.2 The exponential-growth phase คือ ช่วงระยะเวลาที่แบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด หลังจากที่ได้รับปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและสารอาหารใหม่ได้แล้ว โดยการอัตราการเจริญเติบโตในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับสารอาหารและอาหารเสริมทำให้สารอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว

2.3.3 The stationary phase คือ ช่วงระยะเวลาที่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียเริ่มคงที่ สารอาหารเริ่มลดน้อยลงมากจนเกือบหมด ทำให้แบคทีเรียจำนวนหนึ่งเริ่มตาย

2.3.4 The death phase คือ ช่วงระยะเวลาที่สารอาหารหมด การเจริญเติบโตของแบคทีเรียลดลง การตายของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น

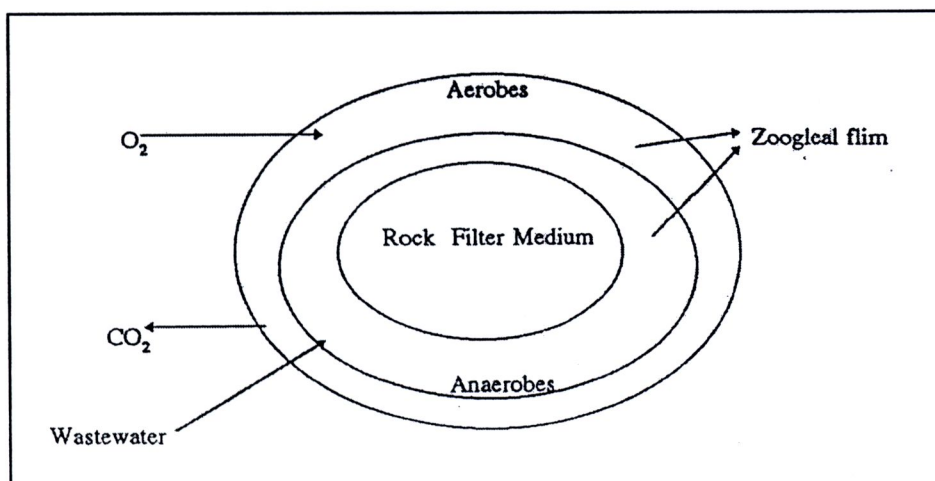


ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกับเวลา (Metcalf & Eddy, 2003)

2.4 ทฤษฎีฟิล์มชีวะ

2.4.1 การเกิดฟิล์มชีวะ

ฟิล์มชีวะเกิดจากการยึดเกาะบนตัวกลางของจุลชีพ แล้วเจริญเติบโตเป็นฟิล์มชีวะขึ้น ซึ่งประกอบด้วยจุลชีพ หลายกลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย โปรโตซัว เป็นต้น ดังภาพที่ 2.2

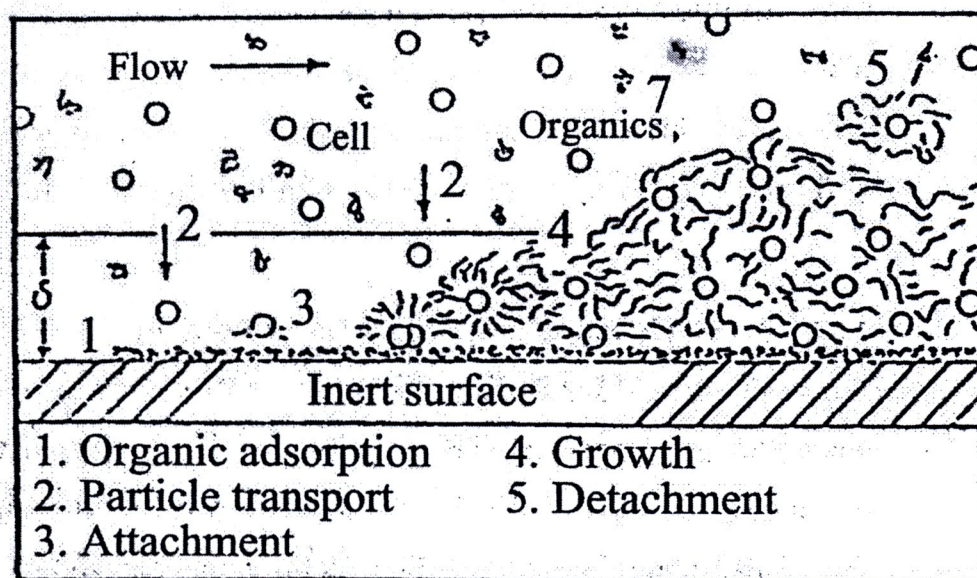


ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของฟิล์มชีวะบนแผ่นตัวกลาง

การเจริญเติบโตของฟิล์มชีวะบนผิวตัวกลางดังภาพที่ 2.3 แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การดูดซับโมเลกุลของสารอินทรีย์บนผิวตัวกลาง
2. การเคลื่อนไหวของจุลชีพ ไปยังผิวตัวกลาง

3. การยึดเกาะของจุลชีพ บนผิวตัวกลาง
4. การแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของจุลชีพ ที่ยึดเกาะบนผิวตัวกลาง
5. การหลุดลอกจากแผ่นตัวกลางของแผ่นฟิล์มชีวะและเกิดการสร้างแผ่นฟิล์มชีวะขึ้นมาใหม่



ภาพที่ 2.3 แสดงการเจริญเติบโตของฟิล์มชีวะบนผิวตัวกลาง (สันทนต์ สิริอนันต์ไพบุลย์, 2006)

2.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของฟิล์มชีวะ

ฟิล์มชีวะประกอบด้วยน้ำสูงถึง 87-96 % โดยน้ำหนัก และมี Volatile Solids ต่ำประมาณ 1.9-3.2 % ส่วนประกอบทางเคมีสามารถเขียนเป็นสูตรทางเคมีได้เป็น $C_5 H_7 O_2 N$ นอกจากนี้ยังประกอบด้วย สารอนินทรีย์ในปริมาณน้อยได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก เป็นต้น โดยปริมาณสารอนินทรีย์เหล่านี้ในฟิล์มชีวะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย

2.4.3 การเกาะและการหลุดของฟิล์มชีวะ

ฟิล์มชีวะประกอบด้วยจุลชีพ หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่มีความสำคัญมากที่สุดในการบำบัดน้ำเสียซึ่งแบคทีเรียที่อยู่ในฟิล์มชีวะมี 2 ประเภท ตามความลึกของแผ่นฟิล์ม คือ ที่บริเวณผิวหน้าของแผ่นฟิล์มเป็นกลุ่ม gram-negative bacteria และถัดเข้าไปเป็นกลุ่ม filamentous bacteria การยึดเกาะบนผิวตัวกลางแบคทีเรียจะใช้เส้นใยขนาดเล็กจำนวนมากที่เรียกว่า Glycocalyx ซึ่งเป็นสารพวก Polysaccharides ขึ้นมารอบตัวเซลล์ เส้นใยเหล่านี้จะเกาะจับกับเส้นใยของเซลล์อื่น ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้สามารถเกาะยึดติดหนาเป็นแผ่นฟิล์มชีวะได้ การหลุดของฟิล์มชีวะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน และปริมาณของออกซิเจนละลายน้ำ ในปี ค.ศ. 1982 Rittman ได้ทำการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการหลุดออกของฟิล์มชีวะแปรเปลี่ยนโดยตรงกับความเร็วรอบของจานชีวภาพส่วนความหนาของฟิล์มชีวะจะแปรผกผันกับความเร็วรอบ การหลุดลอกของฟิล์มชีวะในระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) เกิดจากเมื่อจุลชีพที่ยึดเกาะกับผิวตัวกลาง

ย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานและสร้างเซลล์ใหม่ เป็นผลให้ฟิล์มชีวะมีความหนามากขึ้น จนทำให้ชั้นในสุดใกล้กับผิวดักกลาง เกิดภาวะขาดแคลนออกซิเจน (limited oxygen diffusion) ทำให้เกิดภาวะแอนแอโรบิคขึ้น รวมทั้งเกิดภาวะขาดแคลนสารอินทรีย์ (Organic substrates) ทำให้จุลชีพเกิดการย่อยสลายตัว (Endogenous phase) ทำให้สูญเสียสภาพการมีชีวิตเกาะ เมื่อน้ำไหลผ่านผิวดักกลางก็จะพัดพาเอาแผ่นฟิล์มชีวะให้หลุดจากผิวดักกลาง เรียกขบวนการดังกล่าวว่า “sloughing” (Metcalf & Eddy, 2003)

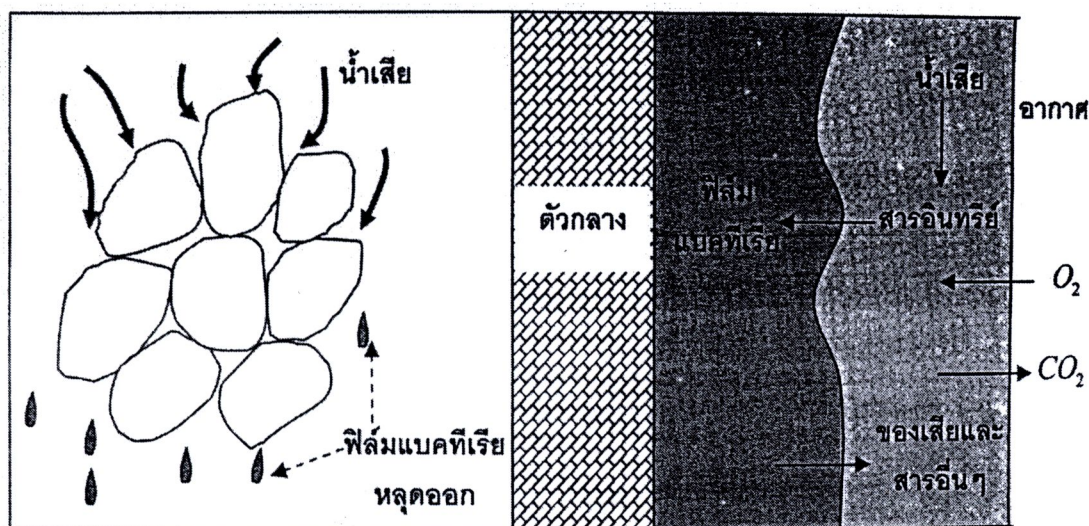
2.4.4 ความหนาแน่นของจุลชีพ

เนื่องจากฟิล์มชีวะประกอบด้วยน้ำสูงถึง 87 – 90% และเซลล์จุลชีพ ยังประกอบด้วยน้ำสูงถึง 90% ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของฟิล์มชีวะ จึงใกล้เคียงกับค่าของน้ำ ความหนาแน่นของจุลชีพสามารถวัดเป็นจำนวนหรือน้ำหนักแห้งและขึ้นอยู่กับ สภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่าน อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic loading rate) อุณหภูมิ และความหนาของฟิล์มชีวะ

2.4.5 กระบวนการขจัดสารอินทรีย์

กระบวนการขจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ไหลผ่านฟิล์มชีวะภาพเป็นการถ่ายเทมวลสารและปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งแบ่งขบวนการเป็น 5 ขั้นตอน ด้วยกันดังนี้

1. สารละลายสารอาหาร (soluble substrate) และออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ในน้ำเสียแพร่เข้าสู่เขตแนวร่วมระหว่างชั้นของเหลว (Liquid-bioslime interface)
2. ออกซิเจนและสารอาหารจะแพร่เข้าสู่ฟิล์มชีวะภาพ
3. เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีโดยจุลชีพพวกที่ใช้ออกซิเจน
4. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมี (CO_2 , H_2O) แพร่ออกสู่ผิวน้ำของฟิล์มชีวะภาพ
5. หลังจากนั้นผลผลิตดังกล่าวจะแพร่เข้าสู่ชั้นของน้ำต่อไปซึ่งลักษณะการแพร่ของสารอาหารและออกซิเจนดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะการแพร่ของสารอาหารและออกซิเจน (สมพงษ์ หิรัญมาศสุวรรณ, 2009)

2.5 ระบบดีเอชเอส (Downflow Hanging Sponge)

ระบบ ดีเอชเอส กิคค้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1995 โดยศาสตราจารย์ ฮาราคะ ฮิเดกิ (Harada Hideki: Nagaoka University of Technology) ในยุคแรกของการวิจัยระบบ ดีเอชเอส ได้ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียชุมชน ลักษณะการทำงานของระบบ ดีเอชเอส จะคล้ายกับระบบ ไพรกรอง (Trickling filter) แต่จะแตกต่างกันที่ตัวกลาง (Media) และลักษณะของถังปฏิกรณ์ (Reactor) ระบบนี้ใช้ฟองน้ำโพลียูรีเทน (PU) เป็นตัวกลาง อากาศจะเข้าสู่ น้ำเสียได้โดยธรรมชาติ ไม่ต้องใช้เครื่องเติมอากาศ โดยอากาศจะไหลแทรกเข้าทางด้านข้างของถังปฏิกรณ์ และ ด้วยคุณสมบัติการเก็บตะกอนจุลินทรีย์ความเข้มข้นสูงของฟองน้ำโพลียูรีเทน ทำให้เกิดสลัดจ์ส่วนเกิน (excess sludge) น้อย โดยปกติแล้ว ระบบ ดีเอชเอส จะใช้เป็นระบบบำบัดขั้นหลัง (Post treatment) ต่อจากระบบ ยูเอสบี การกระจายของอากาศเข้าสู่ น้ำเสียโดยธรรมชาติของระบบ ดีเอชเอส นั้นทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องของ เครื่องจักรเติมอากาศและพลังงานในการเติมอากาศ นอกจากนี้ระบบก็ประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องการกำจัด excess sludge ด้วย รูปแบบต่างๆของ ดีเอชเอส ถูกกิคค้นและพัฒนามาตั้งแต่ปี 1995 จนถึงปัจจุบันมาแล้ว 6 รูปแบบ

ระบบ ดีเอชเอส จัดสร้างระบบระดับนาร่องและทดลองใช้จริงครั้งแรกเมื่อเดือน เมษายน 2002 ณ เมือง คาร์นาล (Karnal) ประเทศ อินเดีย การทดลองใช้ครั้งแรกนี้ ได้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อดีข้อเสียของ ระบบ ดีเอชเอส กับระบบเดิมที่ใช้อยู่ คือ ระบบ บ่อผึ่ง (FPU: Final polishing unit pond) ขนาดใหญ่ ซึ่งระบบเดิม ที่ใช้อยู่นี้กำลังประสบกับปัญหาพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ใช้ในการก่อสร้างระบบ

ระบบ ดีเอชเอส ชนิดที่ใช้ทดลอง ณ เมืองคาร์นาล (Karnal) ประเทศอินเดียนี้เป็นรูปแบบม่าน (curtain type) ซึ่งเป็นการพัฒนารุ่นที่ 2 (second generation) โดยจะมีส่วนประกอบ คือ ชั้นตัวกลางฟองน้ำโพลียูรีเทน 2 ชั้น ความสูงชั้นตัวกลางชั้นละ 2 เมตร ปริมาตรฟองน้ำโพลียูรีเทน 31.1 m³

การทดลองครั้งนี้ แบ่งระบบออกเป็น 2 ระบบ เปรียบเทียบระหว่างระบบ ยูเอสบี-เอฟฟียู (UASB-FPU) กับระบบ ยูเอสบี-ดีเอชเอส (UASB-DHS)ในขั้นตอนทดลองระบบ ยูเอสบี ใช้ระยะกักเก็บน้ำ (HRT) 8.6 ชั่วโมง แล้วต่อด้วยระบบ เอฟฟียู ใช้ระยะกักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง ในขณะที่ ระบบ ดีเอชเอส ใช้ระยะกักเก็บน้ำ เพียง 1.5 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิปกติ ซึ่งมีการแปรเปลี่ยนตามฤดูกาลตั้งแต่ 6 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาว จนถึง 40 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อน การเริ่มเดินระบบ ระบบดีเอชเอส จะเริ่มใช้ฟองน้ำสะอาดไม่มีการเติมตะกอน และใช้ระยะเวลาสั้นในการเริ่มเดินระบบ จากผลการติดตามตรวจสอบเป็นเวลา 5 ปี พบว่าระบบ ดีเอชเอส นี้มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดสารอินทรีย์ ไนโตรเจนและเชื้อโรค โดยอุณหภูมิไม่มีผลต่อการทำงานของระบบดังแสดงผลการทำงานของระบบร่วม ยูเอสบี-ดีเอชเอส เทียบกับระบบร่วม ยูเอสบี-เอฟฟียู ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระบบ ยูเอสบี-เอฟฟียู กับ ยูเอสบี-ดีเอชเอส

ระบบร่วม พารามิเตอร์	ยูเอสบี-เอฟฟียู	ยูเอสบี-ดีเอชเอส
บีโอดี (%)	73	96
สารแขวนลอย (%)	80	94
ระยะเวลากักเก็บน้ำ (ชั่วโมง)	32.6	10.1

จากการทดลองปฏิบัติงานจริงของระบบ คีเอชเอส ขนาดสาธิตที่เมือง คาร์นาล ประเทศอินเดีย สรุปได้ว่าระบบ คีเอชเอส สามารถใช้ร่วมกับระบบ ยูเอเอสบี ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งข้อดีต่างๆของระบบ คีเอชเอส เช่น ไม่ต้องใช้เครื่องเติมอากาศ เกิดสัณฐานส่วนเกินน้อย ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เสียค่าใช้จ่ายในการเดินระบบและดูแลรักษาค่า มีส่วนประกอบโครงสร้างไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการควบคุมดูแล โดยรวมแล้วดูเหมาะสมในการใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน ซึ่งกำลังประสบกับปัญหาเรื่องพื้นที่และค่าใช้จ่ายสูงในการบำบัดน้ำเสีย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

I. Machdar et al. (2000) ได้ทำการวิจัยโดยทดลองใช้ระบบยูเอเอสบี (UASB) เป็นการบำบัดขั้นต้น (pre-treatment) และระบบคีเอชเอส (DHS) ชนิดม่าน (curtain type) เป็นการบำบัดขั้นหลัง (post-treatment) โดยใช้น้ำเสียชุมชนในการทดลองอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 550 วัน พบว่าระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส สามารถกำจัดค่าความสกปรกทางอินทรีย์ในรูปของบีโอดีได้ร้อยละ 94-97, ซีโอดีกำจัดได้ร้อยละ 81-84 และกำจัดสารแขวนลอยได้ร้อยละ 63-79% โดยใช้ระยะเวลาพักเก็บน้ำ (Hydraulic Retention Time) 8 ชั่วโมง งานวิจัยนี้ พบว่าระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส มีประสิทธิภาพที่ดีในการลดค่าความสกปรกทางอินทรีย์ และข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ต้องมีการเติมอากาศจากภายนอกและไม่ต้องมีการเวียนตะกอน

A. Tawfik et al. (2005) วิจัยการใช้ระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียประมาณ 15 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทดลอง 6 เดือน ใช้เวลาระยะเวลาพักเก็บน้ำ 10.7 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงว่า ระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส สามารถกำจัดบีโอดีได้ 98% และซีโอดีได้ 90% นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้คำนวณปริมาณการเกิดตะกอนในการการทำงานของยูเอเอสบี ที่ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 8 ชั่วโมง ได้ 30 กรัมที่เอสเอส/วัน ซึ่งสอดคล้องกับ สัมประสิทธิ์สูงสุดของการเกิดตะกอน คือ 0.2 กรัมที่เอสเอส/กรัมของซีโอดีที่ถูกกำจัด ขณะที่ในขั้นตอนการทำงานของ คีเอชเอส นั้นเกิดตะกอนต่ำมาก เพียง 6.0 กรัม ที่เอสเอส/วัน คิดเป็นสัมประสิทธิ์สูงสุดของการเกิดตะกอน คือ 0.09 กรัมที่เอสเอส/กรัมของซีโอดีที่ถูกกำจัด

M. Tandukar et al. (2006) วิจัยถึงความเหมาะสมในการใช้ระบบ ยูเอเอสบีร่วมกับ ระบบ คีเอชเอส ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนระยะยาว ใช้เวลาในการทดลอง 3 ปี (1,095 วัน) พบว่าระบบร่วม ยูเอเอสบี-คีเอชเอส นี้มีประสิทธิภาพดี สามารถกำจัดค่าความสกปรกทางอินทรีย์ในรูปของบีโอดีได้ถึงร้อยละ 95 วัดค่าบีโอดีหลังน้ำเสียผ่านระบบบำบัดได้ประมาณ 4-9 มิลลิกรัม/ลิตร กำจัด ซีโอดี และสารแขวนลอยได้ร้อยละ 80 และ 70 ตามลำดับ และงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ระบบร่วม ยูเอเอสบี-คีเอชเอส มีความสามารถรับสภาวะปริมาณน้ำเสียเข้าระบบสูงเกินปกติ (hydraulic shock load) ได้ 2 เท่า และสภาวะปริมาณความสกปรกในน้ำน้ำเสียเข้าระบบสูงเกินปกติ (organic shock load) ได้ 4 เท่า

Madan Tandukar et al. (2007) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบความสามารถระหว่างระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส กับระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) โดยใช้เวลาในการทดลอง 300 วัน ได้ผลว่าทั้ง 2 ระบบ มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียมากกว่าร้อยละ 90 แต่ระบบ ยูเอเอสบี-คีเอชเอส เกิดตะกอนส่วนเกิน (excess sludge) น้อยกว่า ระบบตะกอนเร่ง 15 เท่า

ตารางที่ 2.3 ประสิทธิภาพระบบคีโอเอสในงานวิจัยที่ผ่านมา

ทีมงานวิจัย	น้ำเสีย	ระยะเวลา (วัน)	ระยะ กักเก็บ น้ำ (ชม.)	บีโอดี (%)	ซีโอดี (%)	สาร แขวนลอย (%)	อื่นๆ
I.Machdar et al. (2000)	ชุมชน	550	8	94-97	81-84	63-79	-
A.Tawfik et al. (2005)	ชุมชน	300	10.7	98	90	-	คีโอเอสเกิด ตะกอน 6.0 กรัมที่ เอสเอส/วัน
M.Tandukar et al. (2006)	ชุมชน	1,095	-	95	80	70	รับ Hydraulic shock load ได้ 2 เท่า รับ Organic shock load ได้ 4 เท่า
M.Tandukar et al. (2007)	ชุมชน	300	-	> 90	>90	-	เปรียบเทียบกับ ระบบเอสพบว่า ระบบ ยูเอสบี-คีโอ เอส เกิดตะกอน ส่วนเกินน้อยกว่า ระบบเอส 15 เท่า