บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 น้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมัน คือสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ (organic solvent) มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรีน ไขมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันที่มีในน้ำมันและไขมัน อาจเป็นชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุลหรือคนละชนิดก็ได้ น้ำมันหรือไขมันจากสัตว์มีกรดไขมันที่อิ่มตัวอยู่มาก และมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ไขมันเนื้อสัตว์ ไขมันในไข่แดง ไขมันในนม และน้ำมันหมู ส่วนน้ำมันและไขมันจากพืชมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มาก (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว) ได้แก่ น้ำมันรำ น้ำมันถั่ว น้ำมันมะกอก เป็นต้น น้ำมันและไขมันสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1) น้ำมันและไขมันธรรมดา (simple lipid) ได้แก่ เอสเตอร์ของกรดไขมัน กับอัลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ถ้าอัลกอฮอล์นั้นเป็นกลีเซอรอล(glycerol)ไขมันนี้จะเรียกว่า เป็นเอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol) หรือกลีเซอไรด์ (glyceride) ถ้าอยู่ในสภาพของเหลว ก็เรียกว่าน้ำมัน (oil) ถ้าอยู่ในสภาพของแข็งจะเรียกว่าไขมัน (fat) ถ้าอัลกอฮอล์นั้นมีขนาดใหญ่กว่ากลีเซอรอล ไขมันนั้นก็จะเป็นของแข็งในสภาพปกติ และเรียกว่า ไข (wax)

2) น้ำมันและไขมันประกอบ (compound lipid) ได้แก่ น้ำมันและไขมันธรรมดาที่มีสารอื่นเพิ่มขึ้น มีอยู่สามชนิดด้วยกัน แล้วแต่ชนิดของส่วนที่เพิ่มขึ้นมา คือ

(ก) ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) หรือ ฟอสโฟกลีเซอไรด์ (phosphoglyceride)มีส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็น ฟอสเฟตและอัลกอฮอล์

(ข) ไกลโคลิปิด (glycolipid) ส่วนที่เพิ่มขึ้น เป็นคาร์โบไฮเดรต

(ค) ไลโปโปรตีน (lipoprotein) เป็นไขมันที่มีโปรตีนจับอยู่ด้วย ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งไขมันในโลหิต และเป็นส่วนประกอบของเยื่อเซลล์

3) อนุพันธ์น้ำมันและไขมัน (derived lipid) ได้แก่ อนุพันธ์ต่างๆที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของไขมันสองประเภทข้างต้น เช่น กรดไขมัน (fatty acid) อัลกอฮอล์ (alcohol) รวมทั้งสารอื่นๆที่มาจากไลโปโปรตีน

4) น้ำมันและไขมันเบ็ดเตล็ด (miscellaneous lipid) ได้แก่ สารอื่นๆที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมัน มักพบอยู่รวมกับไขมันในธรรมชาติ และจะละลายในสารละลายที่ใช้สกัดไขมัน สารเหล่านี้ได้แก่ สเตอรอยด์ (steroid) วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน และสารประเภทเทอร์ปีน (terpene)

2.1.1 กลไกการย่อยสลายน้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของไทรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และฟอสโฟกลีเซอไรด์ (phosphoglyceride) ซึ่งไทรกลีเซอไรด์จะถูกย่อยให้เป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมัน โดยการทำงานของเอนไซม์ ไลเปส (lipase) ส่วนฟอสโฟกลีเซอไรด์จะถูกย่อยในทำนองเดียวกัน โดยการทำงานของเอนไซม์ฟอสโฟไลเปส (phospholipase)

lipase

Triglyceride ——————> Glycerol + Fatty acid

phospholipase

Phosphoglyceride ——————> Glycerol + Fatty acid + Alcohol

กลีเซอรอลที่ได้จากการย่อยสลาย จะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานตามวิถีของไกลคอลิซิส

2.1.2 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมัน

น้ำมันไขมัน สารคอลลอยด์ ที่ปะปนมากับน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม ภัตตาคาร บ้านจัดสรร โรงแรม อาคารสูง นับเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาพมลภาวะการเน่าเสียของลำน้ำสาธารณะโดยทั่วไป สภาพน้ำมันไขมันที่ปะปนยอกมานั้นจะเคลือบที่ผิวหน้าของน้ำทิ้งทำให้เกิดความไม่น่าดู และจะเป็นการปิดกั้นผิวหน้าไม่ให้อากาศผ่านเข้าไปผสมกับน้ำได้ ปัญหาที่สำคัญคือโมเลกุลของน้ำมันไขมันนั้นค่อนข้างซับซ้อนกว่า สารอินทรีย์อื่นๆ

การกำจัดน้ำมันและไขมันทำได้โดยการแยกน้ำมันไขมันออกจากน้ำเสียนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีการทางด้านกายภาพ วิธีการด้านเคมี และวิธีการทางด้านชีววิทยา การจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ปริมาณ สภาพ ชนิด ของน้ำมันและไขมัน

(ก.) วิธีการทางด้านกายภาพ (physical method) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมใช้กันมากและแพร่หลาย เนื่องจากทำได้รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายการดำเนินการต่ำ กระบวนการไม่ซับซ้อน ทั้งนี้ยังขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำมันไขมันทางด้านกายภาพแตกต่างกัน ไปตามแหล่งกำเนิด โมเลกุลใหญ่ เล็กแตกต่างกัน ความยากง่ายในการแยกจะต่างกันด้วย ชนิดที่โมเลกุลใหญ่ให้มีระยะเวลาเก็บกักเล็กน้อย ก็สามารถแยกชั้นกันได้อย่างรวดเร็ว เช่นการใช้ถังดักไขมันน้ำมัน (oil & grease trap) แต่ถ้าหากมีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่นในรูปของคอลลอยด์ หรือ อีมัลชั่น (colloid & emulsion) ซึ่งโมเลกุลมีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลของน้ำหรือเล็กกว่า ทำให้ยากที่จะทำการแยกออกมา ต้องใช้ กรรมวิธีอื่น อาทิเช่น วิธีการใช้อากาศเป่าลงไปในน้ำทิ้ง (air floatation) เป็นวิธีทางกายภาพอีกวิธีหนึ่งที่ใช้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้กับน้ำมันไขมันเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ความหนาแน่นน้อย การเป่าอากาศลงไปในน้ำทิ้ง จะเป็นการแยกน้ำมันไขมันออกจากน้ำ โดยการอัดอากาศให้เป็นฟองขนาดเล็กๆ ฟองเหล่านี้จะเป็นตัวช่วย ยก-พา- แยก โมเลกุลน้ำมันไขมันออกจากน้ำทิ้ง (วิทยา อยู่สุข, 2537 : 51-53)

(ข.) วิธีการทางเคมี (Chemical Method) สามารถทำได้ด้วยการเติมสารเคมี เช่น คลอรีน แต่วิธีการนี้มักไม่ค่อยได้รับความนิยม เพราะจะก่อให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในระบบ และยังไม่เหมาะกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอน เพราะ สารเคมีจะไปทำลายจุลินทรีย์ในระบบ

(ค.) วิธีการทางชีววิทยาหรือชีวภาพ (Biological method) วิธีการนี้สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

(1.) การสลายโดยธรรมชาติ (biodegradation) เป็นกระบวนการที่ใช้จุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เช่น ยีสต์ รา แอคทิโนมัยซิส และแบคทีเรีย ช่วยในการย่อยสลายน้ำมันและไขมัน และนำเอาไปใช้ในกระบวนการเมตาโบลิซึม ของตัวมันเอง ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นไปอย่างช้าๆและใช้เวลานานกว่าจะกำจัดได้หมด แต่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย หรือแทบไม่เกิดเลย (สมรัตน์ ยินดีพิธ , 2533 : 13-20 ; อรรถวุฒิ อิ่มพูลทรัพย์และคณะ, 2536)

(2.) การเร่งธรรมชาติ (bioremediation) ซึ่งทำได้ 2 วิธี ดังนี้

(2.1) การเติมธาตุอาหาร (nutrient enrichment or fertilization) เช่น การเติมไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัส ลงในน้ำที่มีน้ำมันไขมัน เพื่อกระตุ้นหรือเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ ให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นรวดเร็ว

(2.2) การเติมเชื้อจุลินทรีย์ (seeding) เป็นการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายน้ำมันไขมันให้มากขึ้น เชื้อที่เติมยังแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือเชื้อที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ และแยกออกมา กับเชื้อที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์โดยทางพันธุวิศวกรรม (จิราภรณ์ สุขุมาวาลี และคณะ ,2536 :350- 356)

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge)

ระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา ซึ่งอาศัยสิ่งมีชีวิตอันได้แก่ พวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการกิน ทำลาย ย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง ในการควบคุมการทำงานจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน และละเอียดอ่อน ที่ต้องเข้าใจความต้องการของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ รวมทั้งสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต เพื่อให้ระบบสมารถทำงานได้ดีที่สุด

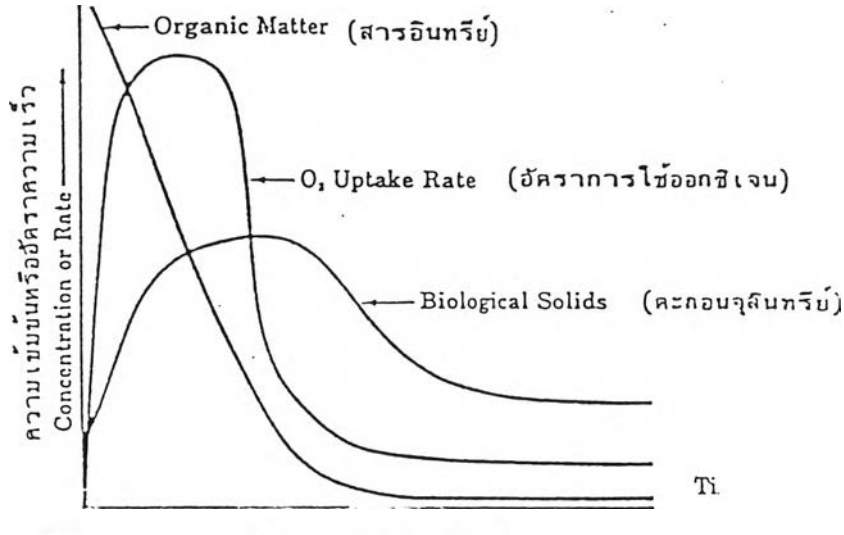
2.2.1 กลไกในการทำงานของระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์

กระบวนการแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมายหลายชนิด ที่ถูกควบคุมให้เจริญเติบโตอยู่ในน้ำ ซึ่งมีออกซิเจนอิสระละลายอยู่ และจะต้องมีสารอินทรีย์ที่สามารถใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้อีกด้วย ปฏิกิริยาทางชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\text{มลสารอินทรีย์} + \text{จุลินทรีย์} \xrightarrow{\text{ออกซิเจน}} \text{จุลินทรีย์ตัวใหม่} + \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{พลังงาน}$$

มลสาร (Pollutant) ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่บำบัดแล้ว พลังงานก็จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำเนินชีวิต สรุปแล้วมลสารซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำ สามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน น้ำเสียที่ถูกจุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่างๆ มาใช้จนหมดแล้วก็จะเป็นน้ำสะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งโดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

ในการใช้สารอาหารหรือในการย่อยสลาย (Break down) สารอินทรีย์อาจมีการทำงานร่วมกันหลายชนิดก็ได้ โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex Organics) ก่อน จากนั้นก็จะมีชนิดอื่นๆ ย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมิฉะนั้นก็อาจจะเป็นการนำเอาผล หรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายต่อไปได้อีก (End product) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในการทำงานของกระบวนการแบบทำงานเป็นครั้งคราว (Batch Process) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ต่อเนื่อง (สุรพล สายพานิช , 2538: 151-153)

เมื่อเริ่มการทำงาน ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนจุลินทรีย์จะมีค่าความเข้มข้นต่ำ และมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ก็จะเริ่มใช้ออกซิเจนมากขึ้น และเจริญเติบโต เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ครั้นเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์ และอัตราความต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ แต่สำหรับในระบบบำบัดน้ำเสียจริง ซึ่งมีน้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง จุลินทรีย์ก็จะย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลาและมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงตลอดเวลาเช่นเดียวกัน

จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

(1.) ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ตามสมการ

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{เอนไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{พลังงาน}$$

(2.) ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ฟอสฟอรัส} + \text{ไนโตรเจน} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{พลังงาน}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{เซลล์ใหม่} + \text{น้ำ} + \text{คาร์บอนไดออกไซด์}$$

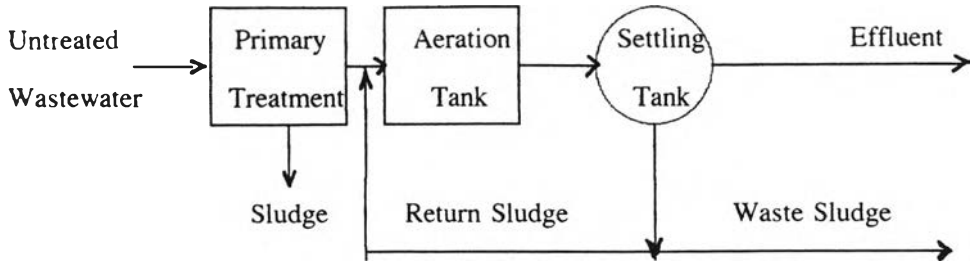
(3.) ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว

$$\text{จุลินทรีย์ที่ตาย} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{เอนไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{พลังงาน} + (\text{แอมโมเนียหรือไนเตรต})$$

โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว จะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่นๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่

2.2.2 ส่วนประกอบและการทำงานของระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์

ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ ประกอบด้วยกระบวนการย่อยที่สำคัญหลายกระบวนการมารวมกัน แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์

น้ำเสียเมื่อผ่านระบบบำบัดเบื้องต้น (primary treatment) ซึ่งเป็นการบำบัดทางกายภาพเพื่อขจัดของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า กระดาษ กรวด ทราย เป็นต้น แล้วก็จะไหลเข้าถังเติมอากาศ (aeration tank) ซึ่งถังเติมอากาศถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบนี้ โดยในถังเติมอากาศ จะมีเครื่องเติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และผสมน้ำเสียกับจุลินทรีย์ให้ทำปฏิกิริยาด้านชีวเคมีในการกำจัดสิ่งสกปรกในน้ำเสีย ทำให้ระบบสามารถกำจัดสิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำเสียได้ประมาณ 90% ซึ่งส่วนที่ถูกกำจัดไปส่วนใหญ่ได้แก่ พวกสารอินทรีย์

น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำใส หน้าที่สำคัญของถังตกตะกอน คือ การขจัดของแข็งตกตะกอนได้หรือแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสีย ทั้งนี้เพื่อให้น้ำที่ผ่านถังตกตะกอนออกไปแล้วมีคุณภาพที่ดี เช่น มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ำ มีค่าบีโอดีต่ำ เป็นต้น และหลังจากแยกตะกอนจุลินทรีย์ โดยการตกตะกอนออกจากน้ำทิ้งแล้ว ตะกอนที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอน ส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับ (return sludge) ไปเข้ายังถังเติมอากาศเพื่อลดมลสารที่เข้ามาใหม่ และเพื่อรักษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ซึ่งจะมีผลทำให้การทำงานของระบบขึ้นอยู่กับการหมุนเวียนจุลินทรีย์กลับสู่ระบบอย่างเพียงพอ ตะกอนอีกส่วนหนึ่งจะเป็นตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่เป็นผลจากการเจริญเติบโต ซึ่งจะต้องนำไปทิ้ง สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทิ้งออกจากระบบได้

ส่วนการนำตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกิน (excess sludge) ที่เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไปทิ้งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าพอเหมาะ ซึ่งเป็นหลักสำคัญในการควบคุมการทำงานของกระบวนการตะกอนเร่ง ให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) ที่สมดุลย์ อันจะยังผลให้อาหารหรือมลสารที่มีอยู่ในน้ำเสีย สามารถถูกกำจัดให้หมดไปหรือมีค่าเหลืออยู่น้อย เพื่อให้อาหารเป็นตัวจำกัดในการเจริญเติบโต (Food Limiting Factor)

2.2.3 จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อยู่ในระบบแอ็คติเว็ตเต็คสลัดจ์

ในการออกแบบและควบคุมระบบแอ็คติเว็ตเต็คสลัดจ์ นั้นต้องมีความเข้าใจถึงจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อยู่ในระบบแอ็คติเว็ตเต็คสลัดจ์ ซึ่งจุลินทรีย์ในระบบนี้แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

(1.) จุลินทรีย์ผู้สร้างฟลอค (floc former) ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่สามาถจับตัวกันเป็นกลุ่มฟลอค และตกตะกอนได้ดี

(2.) จุลินทรีย์ผู้สลาย (saprophyte) ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ บางชนิดสร้างฟลอคได้ด้วย

(3.) จุลินทรีย์ผู้กิน (predator) คือ พวกที่กินจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่า เป็นอาหาร กลุ่มนี้ประกอบด้วยโปรโตซัว (Protozoa) อมีบา (Amoeba) และโรติเฟอร์ (Rotifer) เป็นต้น

(4.) จุลินทรีย์ผู้ก่อกวน (nuisance microorganism) เป็นพวกที่ก่อกวนการทำงานของระบบเช่น แบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (filamentous bacteria) ซึ่งทำให้เกิดอาการตะกอนไม่จมตัว เป็นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำงานได้ดี เมื่อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ประเภท อาศัยอยู่รวมกันในปริมาณที่เหมาะสม พึ่งพาอาศัยกัน

2.2.4 การเกิดตะกอนแอ็คติเว็ตเต็คสลัดจ์

ตะกอนแบคทีเรีย แอ็คติเว็ตเต็คสลัดจ์ เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอนในถังเติมอากาศ คือ

(1.) ขั้นส่งถ่าย (transfer step)

(2.) ขั้นเปลี่ยนรูป (conversion step)

(3.) ขั้นรวมตะกอน (floculation step)

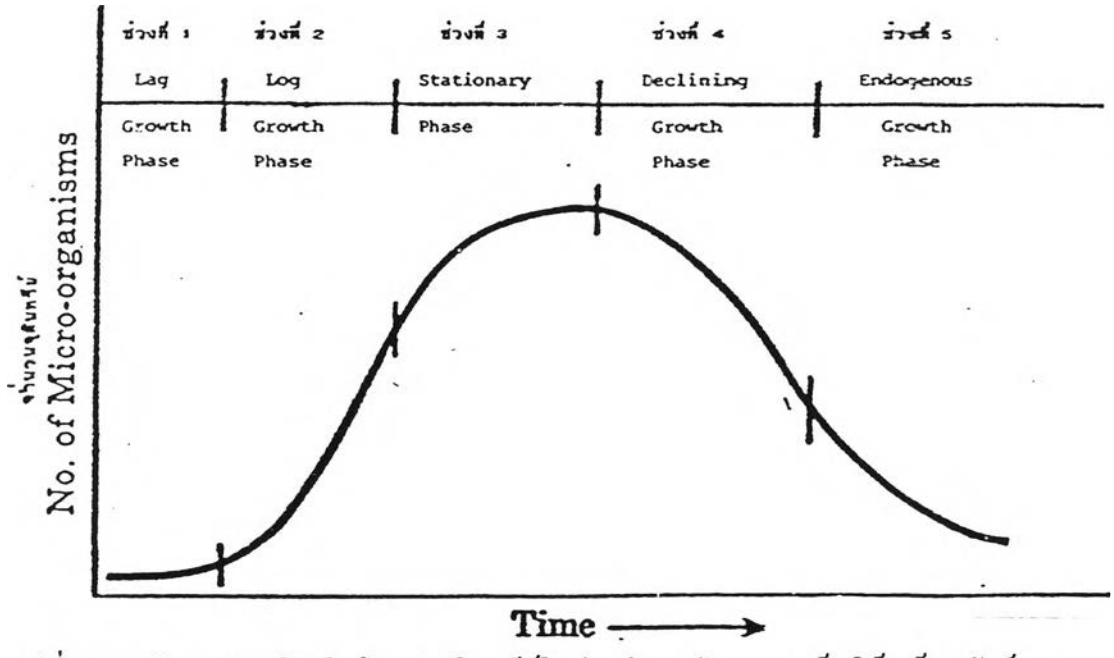
ขั้นส่งถ่าย สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกแบคทีเรียดูดมาติดที่ผนังเซลล์และส่งน้ำย่อยออกมาย่อยสลายจนสารอินทรีย์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปโมเลกุลที่เล็กพอที่ซึมผ่านเข้าในเซลล์ เพื่อใช้เป็นอาหารได้ ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 นาที จุลินทรีย์จะผลิตน้ำย่อยหลั่งเอนไซม์ขึ้นมาไว้ภายในเซลล์และในน้ำที่อยู่รอบตัวของมัน

ขั้นเปลี่ยนรูป เมื่อสารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กและสามารถละลายน้ำผ่านเข้าไปในเซลล์ได้แล้ว ก็จะถูกจุลินทรีย์ทำการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการสังเคราะห์ (synthesis) และกระบวนการ ออกซิเดชั่น (oxidation)

ขั้นรวมตะกอน เป็นการรวมตัวของตะกอนแบคทีเรียโดยจุลินทรีย์จะถูกกวนผสมกันอยู่ในถังเติมอากาศ จับตัวเป็นตะกอนที่ใหญ่ เรียกว่า ฟลอค (floc)

2.2.5 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์

จุลินทรีย์ที่อยู่ในถังปฏิกิริยา สามารถแบ่งการเจริญเติบโตออกได้เป็น 5 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในช่วงต่างๆ ในระบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ (เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ , 2537 : 5-6)

จากรูปข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงที่ 1 Lag Growth Phase เป็นระยะเริ่มใส่จุลินทรีย์ลงไปในอาหารหรือสารอินทรีย์ จะเป็นระยะปรับตัวมีอัตราการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต่ำ เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และเริ่มสร้าง enzyme ที่จำเป็นในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

ช่วงที่ 2 Log Growth Phase เป็นระยะที่จุลินทรีย์ปรับตัวเองได้แล้วเมื่อมีอาหารสมบูรณ์ จึงเติบโตได้รวดเร็ว เนื่องจากมีอาหารเหลือเฟือ ลักษณะของจุลินทรีย์จะเติบโต กระจายเป็นเซลล์อิสระไม่รวมกันเป็นฟลอคที่ดี ถ้าระบบบำบัดน้ำเสียทำงานอยู่ในช่วงนี้ตะกอนเร่งจะตกตะกอนไม่ดี เป็นผลให้น้ำทิ้งขุ่น เนื่องจากมีตะกอนจุลินทรีย์หลุดออกมามาก อีกทั้งยังมีมลสารอินทรีย์เหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้น้ำออกมีค่า บีโอดี สูง

ช่วงที่ 3 Stationary Phase เป็นระยะที่อัตราการแบ่งตัวของจุลินทรีย์เท่ากับอัตราการตายของจุลินทรีย์ เนื่องจากปริมาณสารอาหารลดลง ทำให้การเจริญเติบโตถูกจำกัด

ช่วงที่ 4 Declining Growth Phase เป็นระยะที่อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะลดลง เนื่องจากมีปริมาณอาหารเหลืออยู่จำกัด จุลินทรีย์จะรวมกลุ่มกันเป็นฟลอคที่ดี ตกตะกอนได้ง่าย

และน้ำทิ้งมีคุณภาพดีและใส ช่วงนี้จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย โดยจะต้องรักษาอัตราส่วนของอาหารและปริมาณของจุลินทรีย์ให้มีค่าพอเหมาะ

ช่วงที่ 5 Endogenous Growth Phase เป็นระยะที่พวกจุลินทรีย์ใช้อาหาร ที่เก็บสะสมเอาไว้ภายในตัวของมันเองจนหมดแล้วก็จะตายและเซลล์แตก (Lysis) กลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ยังมีชีวิตอยู่เนื่องจากปริมาณอาหารในสิ่งแวดล้อมมีน้อยลง หรือเริ่มขาดแคลนหากไม่มีอาหารเพิ่มขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ก็จะลดลงและตายจนหมด

ในถังเติมอากาศ มักควบคุมให้จุลินทรีย์ทำงานในช่วงที่ 4 และ 5 เนื่องจากการเกิดตะกอนจุลินทรีย์นั้นจะเริ่มเกิดในระยะDeclining Growth Phase และจะได้ดีที่สุดที่ระยะ Endogenous Growth Phase

ในทางปฏิบัติ ปริมาณหรือความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ คิดเป็นปริมาณตะกอนแขวนลอยของ Mixed Liquor (Mixed Liquor Suspended Solid: MLSS) หรือส่วนของ MLSS ที่เป็นสารอินทรีย์ (Mixed Liquor Volatile Suspended Solid: MLVSS)

2.2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์

การเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบ เพื่อให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

(1.) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

สารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ในระบบตะกอนเร่ง ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมาก จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ การควบคุมการทำงานที่ดีจึงต้องควบคุมอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบให้มีค่าพอเหมาะ

(2.) อาหารเสริม

จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริม (nutrients) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจากสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสียชุมชน (domestic wastewater)แต่อาจจะมีไม่พอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงควรมีการเติมให้เหมาะสม

(3.) ออกซิเจนละลายน้ำ

ในถังเติมอากาศควรมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 1 ถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะเหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

(4.) ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในถังเติมอากาศ จะต้องมีมากพอที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่างๆ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(5.) ค่าพีเอช

ค่า พีเอช มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์มากในระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นควรควบคุมให้ระบบมีค่า พีเอช ใกล้ 7 มากที่สุด และไม่ควรมีค่าเกินช่วง 6.5- 8.5

(6.) สารพิษ

สารเป็นพิษที่มีผลต่อจุลินทรีย์และการทำงานของระบบ แบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ แบบพิษเฉียบพลัน ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดภายในระยะเวลาอันสั้น และแบบพิษออกฤทธิ์ช้า ซึ่งใช้เวลานานและค่อยๆ ตาย

(7.) อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการเลี้ยงตะกอน เนื่องจากโดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว

(8.) การกวน

การกวนภายในถังเติมอากาศต้องทั่วถึง เพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูงเพราะจุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดได้ทั่วถึง

(9.) อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียที่ส่งเข้ามาในระบบบำบัด มีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยา ดังนั้นควารมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบเอาไว้

2.3 แบคทีเรียสำเร็จรูป

ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทิเว็ตเต็ดสลัดจ์ ต้องเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้ปริมาณเอ็มเอลเอสเอส ที่เหมาะสม ซึ่งในช่วงหลายปีที่ผ่านมาแนวโน้มของการพัฒนาเทคโนโลยี ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอ็คทิเว็ตเต็ดสลัดจ์ ที่เป็นที่น่าสนใจ คือ การคัดเลือกพันธุ์ที่ดีที่สุด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัด ทำให้มีจุลินทรีย์ช่วยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าน้ำเสียที่เข้าระบบจะมีค่าความสกปรกสูงมากๆ ก็ตาม

วิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมาก คือ การใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป ซึ่งได้มาจากการคัดเลือกพันธุ์แบคทีเรียจากดินและน้ำตามธรรมชาติ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะแก่การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จนได้เป็น แบคทีเรียสำเร็จรูป ซึ่งมีลักษณะดังนี้

-ผงสีขาวปนสีน้ำตาลอ่อน

-มีกลิ่นอับเล็กน้อย

-มีประสิทธิภาพสูงในการลดค่า บีโอดี ซีโอดี และเอสเอส

-ต้องการสารอาหารต่างๆ เช่น เหล็ก (Fe) แคลเซียม (Ca) ซัลเฟอร์ (S) แมกนีเซียม (Mg) ออกซิเจน(O) คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N)

-ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.3.1 ประโยชน์จากการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป

(1.) แบคทีเรียสำเร็จรูป ทำหน้าที่เป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังเติมอากาศ ทำให้เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ เพิ่มการเจริญเติบโต และเพิ่มการแบ่งตัวของจุลินทรีย์ซึ่งช่วยเพิ่มการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ ทำให้ระบบสามารถรับน้ำเสียที่มีค่าความสกปรกสูงๆได้ ซึ่งผลของการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป นั้นเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบและสามารถทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีและคงที่ เนื่องจากมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นคงที่ และสม่ำเสมอ และการย่อยสลายขั้นสุดท้าย (endogenuos phase) จะเกิดได้เร็ว เพราะจุลินทรีย์สามารถย่อยสลาย หรือลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี ดังนั้น จึงเกิดการสร้างฟลอคที่สามารถตกลงมารวมกันได้ง่าย น้ำทิ้งที่ออกจากถังตกตะกอนมีคุณลักษณะดี และมีคุณภาพคงที่ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ปริมาณตะกอนส่วนเกิน ที่จะต้องนำออกจากระบบลดลงด้วย

(2.)การเติมแบคทีเรียสำเร็จรูปลงในระบบช่วยประหยัดเวลาในการเพาะเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะต้องใช้เอนไซม์ เฉพาะอย่างจากจุลินทรีย์ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องปรับตัวและผลิตเอนไซม์ออกมาใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียต่างๆ และต้องให้เวลาแก่จุลินทรีย์ในการปรับตัวที่เหมาะสมโดยเฉพาะในช่วงเริ่มการทำงาน (Start up) ของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.3.2 คุณสมบัติแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

แบคทีเรียสำเร็จรูปที่มีอยู่ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียจำพวก *Bacillus* และ *Pseudomonas* ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

(1.) *Bacillus*

Bacillus เป็นแบคทีเรียติดสีกรัมบวก (สีม่วงน้ำเงิน) สามารถสร้างเอนโดสปอร์ได้ 1 อันต่อ 1 เซลล์ รูปร่างเซลล์เป็นแท่งตรง (rod -shaped) มีขนาดกว้าง 0.7-0.8 μm ยาว 2-3 μm เคลื่อนที่ได้ โดยใช้แฟลกเจลลารอบตัว หรือออกทางด้านข้าง โคโลนีที่เจริญบนอาหารวุ้น (culture medium) มีลักษณะไม่แน่นอน คือ อาจมีขอบเรียบ หรือขรุขระ ทึบ สีครีม หรือสีน้ำตาล มีการแตกออกของสปอร์ที่ศูนย์กลางของเซลล์ เอนโดสปอร์ที่รูปร่าง เป็นวงรี หรือไข่ ซึ่งจะต่างจากเซลล์แม่ (vegetative cell) โดยจะสะท้อนแสงมากกว่า ติดสียาก ทนความร้อนและสารเคมีได้ดีกว่า มีการดำรงชีวิตแบบคีโมออกาโนโท (chemoorganotroph) เมตาบอลิซึมเป็นแบบ

เรสไปเรชั่น (respiration) ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานได้ สามารถสลายแพกตินและโพลีแซกคาไรด์ของเนื้อเยื่อพืชได้ สร้างรงควัตถุย่อยเจลาตินได้ รีดิวซ์ลิตมัสมิลค์ เจริญได้ทั้งในสภาวะมีออกซิเจน ไร้ออกซิเจน และมีออกซิเจนเล็กน้อยได้ อุณหภูมิที่เจริญได้ดี 45-55 ^{0}C และ 5 -20 ^{0}C มีค่า G+C content ของ DNA 32-62 โมลเปอร์เซนต์ เจริญในอาหารที่ไม่ใช่กรด ทนเกลืออยู่ในช่วง 2- 25 % (Parry et al , 1988)

(2.) ***Pseudomonas***

Pseudomonas เป็นแบคทีเรียติดสีกรัมลบ (สีแดง) รูปร่างเซลล์เป็นท่อนตรงหรือโค้งเล็กน้อย อยู่ในกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่สามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสได้ เป็นเซลล์เดี่ยว ขนาดกว้าง 0.5-1 μm ยาว 1.5- 4 μm เคลื่อนที่ได้ ใช้แฟลกเจลลาเส้นเดี่ยวที่ขั้วเซลล์ด้านเดียว (polar flagella แบบ monotrichous) ไม่สร้างปลอกหรือก้าน ไม่มีระยะพักตัว (lag Phase) สร้างสารเรืองแสง (fluorescent pigment) มีการดำรงชีวิตแบบคีโมออกาโนโทป เมตาบอลิซึมแบบ เรสไปเรชั่น ไม่ตรึงก๊าซไนโตรเจน เจริญดีในสภาวะที่มีออกซิเจน (strictly aerobic) อุณหภูมิ 4-42 ^{0}C หรือต่ำกว่า ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ 30 ^{0}C ค่า G+C content ของ DNA อยู่ระหว่าง 58- 70 โมลเปอร์เซนต์ พีเอช เป็นกลาง- ด่าง (7 - 8.5) และใช้อาหารอย่างง่ายๆเพื่อการเจริญเติบโต โดยใช้อะซิเตรท (acetate) เป็นอาหารหลัก และสะสมอาหารไว้ในรูป poly- β -hydroxybutyrete (Buchanan และ Gibbons, บรรณาธิการ, 1975 อ้างใน ดวงพร คันธโชติ , 2537 : 175- 191)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(1) การบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมัน

ธงชัย พรรณลวัสดิ์ (2530) ได้ศึกษาว่าภัตตาคารเป็นกิจกรรมหรือธุรกิจที่มีส่วนก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง คือ มีความสกปรกถึง 49,660 กก.บีโอดีต่อวัน หรือสูงถึง 36% ทั้งนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันเนื่องจากไขมันและเศษอาหารจากน้ำเสีย ทำให้ระบบบำบัดไม่สามารถทำงานได้ นอกจากนี้ปัญหาที่พบกันทั่วไปในระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารคือ ปัญหาที่เกิดจากไขมันซึ่งย่อยสลายไม่หมดและแขวนลอยในน้ำ ไม่สามารถทำให้ตกตะกอนได้ เป็นผลให้ค่าบีโอดีของน้ำยังสูงอยู่เช่นเดิม ปริมาณไขมันในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดค่อนข้างจะขึ้นอยู่กับ ปริมาณไขมันในน้ำเข้า และจะสามารถลดลงได้เพียงแค่ระดับหนึ่งเท่านั้น ไม่ว่าจะเพิ่มขนาดของถังให้ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ได้ระยะเวลากักพักนานเท่าใดก็ตาม ดังนั้นการที่จะลดไขมันในน้ำทิ้งให้ได้มาตรฐานตามกฎหมาย นั้น จึงไม่อาจใช้ถังดักไขมันเพียงระบบเดียว จะต้องมีการบำบัดขั้นที่ 2 ประกอบ

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2532) ได้ทำการศึกษา การบำบัดน้ำเสียจากภัตตาคารด้วยบ่อกรองไร้อากาศที่หาดกะรน จังหวัดภูเก็ต พบว่า คุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบไม่ได้มาตรฐานพอที่จะระบายออกสู่แหล่งน้ำโดยเฉพาะค่าบีโอดี และ ซีโอดี มีค่าสูงถึง 440 และ 818 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งสูงมากกว่าน้ำเสียออกจากบ้านเรือนในชุมชน นอกจากนี้ค่าน้ำมันและไขมันสูงถึง 103 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด และยังก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันของเศษอาหารและขยะต่างๆ ที่มาจากภัตตาคารอีกด้วย

Hanaki (1990) ได้ศึกษาว่า น้ำเสียจากโรงอาหาร ประกอบด้วย ไขมันประมาณร้อยละ 30 ของซีโอดี ใช้ระบบ anaerobic filter เพื่อกำจัดไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ได้ผลคือ สามารถลดค่า ซีโอดี ลงได้ถึงร้อยละ 80 โดยได้เปรียบเทียบระหว่างระบบซิงเกิลเฟส (single-phase) และ ทูเฟส (two-phase) พบว่าการใช้ระบบซิงเกิลเฟส ลดปริมาณซีโอดี ได้ดีกว่าทูเฟส เพราะมีการดักจับ (entrapment) พวก ของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ ได้ดีกว่า ส่วนการกำจัดไขมันในระบบทูเฟส จะดีกว่า

อุดร จารุรัตน์ (2536) ได้ทำการศึกษา ปริมาณไขมันจากโรงอาหาร สถาบันเทคโนยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ขนาด 13 ร้านค้า) ค่าน้ำมันและไขมัน เริ่มต้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร แม้จะใช้เวลากักพักในถังดักไขมันสูงสุดถึง 6 ชั่วโมง แล้วก็ตาม น้ำทิ้งที่ออกมาก็ยังมีปริมาณไขมันสูงถึง 163 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาดไว้ สำหรับภัตตาคารและร้านอาหารที่มีพื้นที่บริการตั้งแต่ 100 ตารางเมตรขึ้นไป ปริมาณน้ำมันและไขมัน ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิทยา อยู่สุข , 2537 กล่าวว่า คุณสมบัติของน้ำมันไขมันทางกายภาพแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด มีทั้งขนาดโมเลกุลเล็กใหญ่ต่างกัน ความยากง่ายในการแยกก็จะต่างกัน ชนิดโมเลกุลใหญ่นั้นให้มีระยะเวลาเก็บกักเล็กน้อย ก็สามารถแยกชั้นกันได้ง่ายโดยการใช้ถังดักไขมัน แต่ถ้าเป็นน้ำมันไขมันที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่นในรูปของคอลลอยด์ หรือ อีมัลชั่น (colloid or emulsion) โมเลกุลมีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลของน้ำหรือเล็กกว่า ทำให้ยากที่จะแยกออกมาได้ ต้องใช้กรรมวิธีพิเศษ ซับซ้อน เช่น ระบบการเป่าอากาศลงในน้ำ (air floatation)

(2) การใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป

Hung (1985) ศึกษาพบว่าแบคทีเรียสำเร็จรูปที่ขายอยู่ในปัจจุบัน มักประกอบด้วยแบคทีเรียจำพวก บาซิลลัส และ ซูโดโมนาส โดยบาซิลลัส สามารถผลิตเอนไซม์จากภายนอกเซลล์ (exoenzyme) ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์จำพวกแป้ง โปรตีน และไขมัน ส่วนซูโดโมนาส มีความสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หลายประเภท

Bailisrgeom และคณะ (1989) ศึกษาพบว่า เอนไซม์ไลเปสจาก *Geotrichum candidum* ได้รับความสนใจ ในอุตสาหกรรม ที่มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากน้ำมันและไขมัน เพราะ *Geotrichum candidum* สามารถที่จะผลิตเอนไซม์ไลเปสที่ สามารถย่อยลาย ไขมันไม่อิ่มตัวและ เอสเตอร์ของกรดไขมันได้เร็วกว่า จุลินทรีย์ตัวอื่นๆ

Landreth (1989) ได้ศึกษาการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียของบริษัทโค๊ก พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียและไธโอไซยาเนตได้ แต่ไม่สามารถที่จะกำจัดหรือลดปริมาณฟีนอลและไซยาไนด์ได้ นอกจากนี้แบคทีเรียสำเร็จรูปจะทำให้ระบบมีปัญหาถ้าระบบเกิดปฏิกิริยา ดิไนตริฟิเคชั่น (denitrification) และในระบบที่มีการใช้สารเคมีพวก antifoam

Fang (1990) ได้ศึกษาการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในระบบบำบัดแบบแอ็คติเว็ตเต็ดสลัดจ์ กับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม ซึ่งพบว่า ในน้ำเสียดังกล่าวมีโลหะหนัก และสารประกอบคลอรีน ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biodegradation) ของแบคทีเรีย ดังนั้นจึงมีการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปเข้าช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว และจากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณโลหะหนักและสารประกอบคลอรีน จากการเติมแบคทีเรียสำเร็จรูป ไม่แตกต่างกับการไม่เติมแบคทีเรียสำเร็จรูป แต่การเติมแบคทีเรียสำเร็จรูป สามารถลดการเติมอากาศลงได้ถึงร้อยละ 50 และยังลดปริมาณตะกอนได้อีกด้วย

Hang และ Woodams (1990) ได้ทำการศึกษา เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเกลือจากโรงงานผักกาดกระป๋อง (sauerkraut brine) เป็นซับสเทรตสำหรับการผลิต เอนไซม์ไลเปส ของรา *Geotrichum candidum* และยังพบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการเติม น้ำมันมะกอก (olive oil)ร่วมด้วย จะทำให้ *Geotrichum candidum* ผลิตเอนไซม์ไลเปสได้ในปริมาณที่สูงกว่า ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมน้ำมันมะกอก

Samad (1990) ได้ทำการศึกษา *Rhizopus rhizopodiformi* ที่สามารถผลิตเอนไซม์ไลเปส ใน broth culture โดยมีมอลโทส (maltose) เป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญ และมี เปปโตน (peptone) เป็นแหล่งไนโตรเจน และยังมี กลีเซอรอลและเลซิติน เป็นตัวกระตุ้นในการผลิต ไลเปสด้วย

Fuad (1991)ได้ศึกษาการใช้แบคทีเรียสำเร็จรูปในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์จากสับปะรด โดยเปรียบเทียบตัวแปร คือ ออกานิคโรดิ่ง(organic loading) , แอมโมเนีย , ไนโตรเจน และ ปริมาณการเติมแบคทีเรียสำเร็จรูป ผลปรากฏว่า ระบบที่มีออกานิคโรดิ่งสูง การเติมแบคทีเรีย สำเร็จรูปสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีกว่าระบบที่มีออกานิคโรดิ่งต่ำ ๆ และปริมาณการเติม แบคทีเรียสำเร็จรูปสูง จะลดปริมาณตะกอน ลงได้มาก

Kordel และคณะ (1991) ศึกษาพบว่า *Pseudomonas* มีหลายสปีชีส์ ที่สามารถผลิตเอน ไซม์ไลเปส เช่น P.florescens , P. fragi และ P. aeruginosa

พรรณทิภา ต้นตระกูล (2537) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge โดยใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป พบว่า แบคทีเรียสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี , บีโอดี, เอสเอส และเมื่อระบบอยู่ในสภาวะเกินบรรทุก(Over Load)โดยค่า Volumetic Loading เท่ากับ 1.21 กก. ซีโอดีต่อลบ.ม.วัน ได้ดี

Chapp และ Mourey (1994) ได้ทำการศึกษาหาแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไข มัน ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเว็ตเต็ดสลัดจ์ พบว่าแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยไข มันได้ดี คือ พวก *Acinnetobacter calcoaceticus* , *Pseudomonas putida* และ*Aeromonas* นอกจาก นี้ยังพบว่า แบคทีเรียกรัมลบ ที่พบไม่ว่าจะมีจำนวนมากหรือน้อย สามารถที่จะย่อยกรดไขมันสาย ยาวๆได้

Janiyani (1994) ได้ทำการศึกษาการเกิด ดี-อีมัลซิฟิเคชั่น ของน้ำมันในน้ำ โดยแบคทีเรีย บาซิลลัส ซับทิลลิส ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี กลูโคส พบว่า เวลาในการย่อย (contact time) และอุณหภูมิมีส่วนสำคัญ ซึ่ง Kogaric (1987) ศึกษาว่า ใน cell broth ทุกชนิดต้อง contact time ที่เวลา 16 นาที เพื่อให้เกิด ดี-อีมัลซิฟิเคชั่น ที่สมบูรณ์ นับว่าเป็นการใช้เวลาที่สั้นกว่าพวก *Norcardia* , *Corynebacterium* และ *Torulopsis*

Pabai และคณะ (1995) ได้ทำการศึกษาแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไลเปส พบว่า *Pseudomonas putida* , *Aspergillus niger* และ *Rhizopus oryzae* จะผลิตเอนไซม์ไลเปสออกมาเพื่อย่อย ไขมันเนย ได้เป็น กรดไขมันอิสระ, เอซิล กลีเซอรอล และกลีเซอรอล

Chin (1996) ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบคทีเรียสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วย *Arthrobacter* และ *Pseudomonas* ย่อยสลายเบนซีน ทูโลอีน และไซลีนในน้ำเสียชุมชนได้ผลดี และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดค่า บีโอดี ,ซีโอดี , สารซักฟอก (Detergent) และ น้ำมันและไขมัน ของน้ำทิ้งและยังทำให้ปริมาณตะกอนลดลง ปัญหาเรื่องกลิ่นหมดไป