บทที่ ๕

ผลการทดลอง

๕.๑ คุณลักษณะของน้ำทิ้ง

ตารางที่ ๖ แสดงคุณลักษณะสำคัญของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตบะหมี่สำเร็จรูปของบริษัทวันไทยอุตสาหกรรม สรุปผลดังนี้ คือ

๑. สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งมีค่าค่อนข้างสูง คือ ค่า COD และ BOD อยู่ระหว่าง ๕๕๖-๓๐๘๐ มก.ต่อลิตร และ ๒๐๐-๑๙๗๐ มก.ต่อลิตร ตามลำดับอัตราส่วนของ BOD:COD มีค่าเฉลี่ย ๐.๔๒ อัตราส่วน BOD:N:P มีค่าเฉลี่ย ๑๕๐:๑๐:๑

๒. ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง ๘๑๐-๒๗๐๐ มก.ต่อลิตร ปริมาณของแข็งในรูปสารแขวนลอยมีค่าเพียง ๑๑๖ ถึง ๖๗๖ มก.ต่อลิตร ปริมาณของแข็งในรูปสารละลายและคอลลอยด์จึงมีค่าค่อนข้างสูง คือ ระหว่าง ๖๙๔-๒๐๒๔ มก.ต่อลิตร

๓. น้ำทิ้งมี pH โดยเฉลี่ยประมาณ ๗.๑ ถ้าวันใดมีการล้างเครื่องจักรด้วยโซดาไฟ (NaOH) เพื่อละลายไขมันวันนั้นจะทำให้ pH ของน้ำทิ้งจะมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากน้ำทิ้งมีพวกโซดาไฟปะปนออกมา

๔. ไขมันในน้ำทิ้งซึ่งอยู่ในรูปสารแขวนลอยไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ค่าที่ถูกต้อง เนื่องจากไขมันในรูปสารแขวนลอยมักจะลอยสู่ผิวหน้าของน้ำทิ้ง ทำให้เกิดเป็นชั้นแยกออกจากส่วนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง ดังนั้นการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงวิเคราะห์แต่ค่าไขมันที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง คือ ไขมันที่อยู่ในรูปอิมัลชั่นและสารละลายซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง ๙๘ ถึง ๑๔๐๔ มก.ต่อลิตร

๕.๒ ผลการทดลองการกำจัดน้ำทิ้ง

ดังได้กล่าวแล้วว่าการวิจัยแบ่งออกเป็น ๒ ขั้น ซึ่งพอสรุปผลการวิจัยครั้งนี้

ขั้นที่ ๑ ศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์โดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีกำจัดไขมันซึ่งละลายอยู่ออกเสียก่อน การศึกษาในขั้นนี้ยังแบ่งขั้นตอนย่อย ๆ ออกได้เป็น ๒ ขั้นตอนดังนี้ คือ

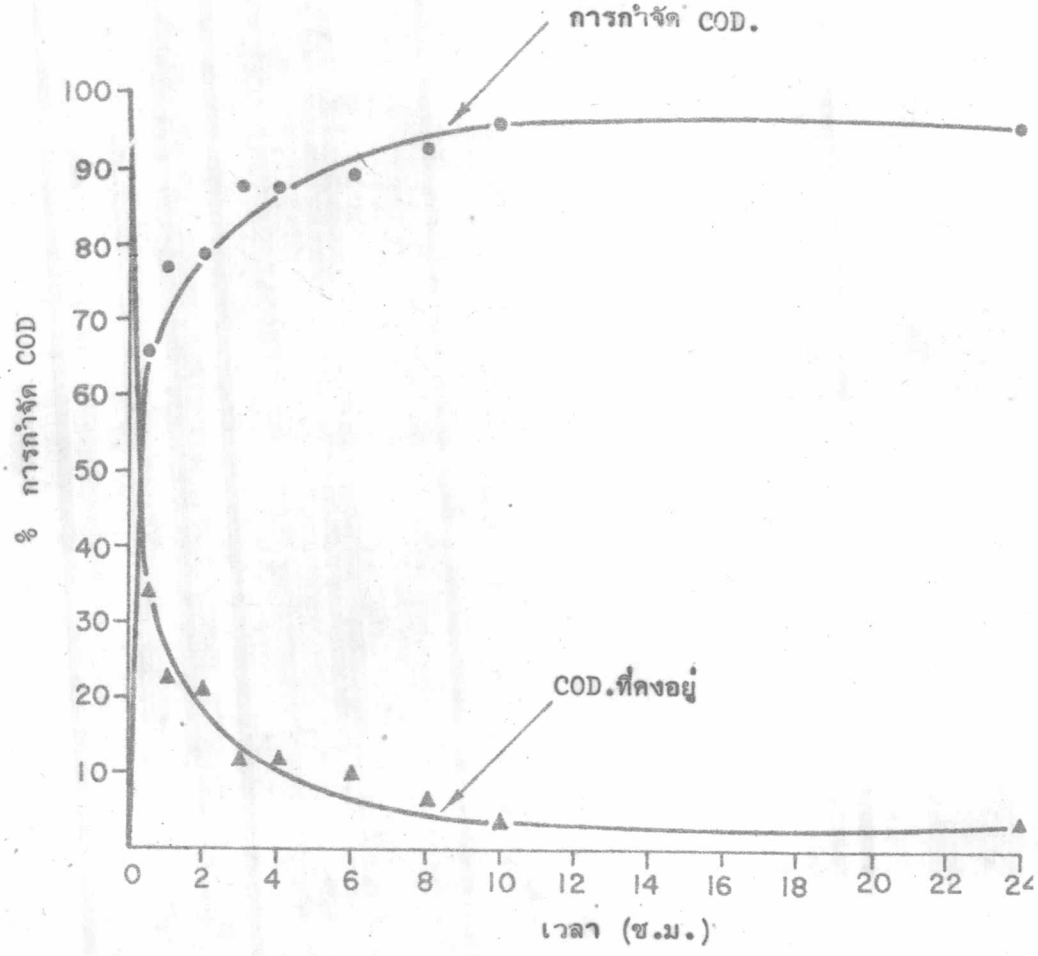
๑. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งเป็นครั้งคราว

๒. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง

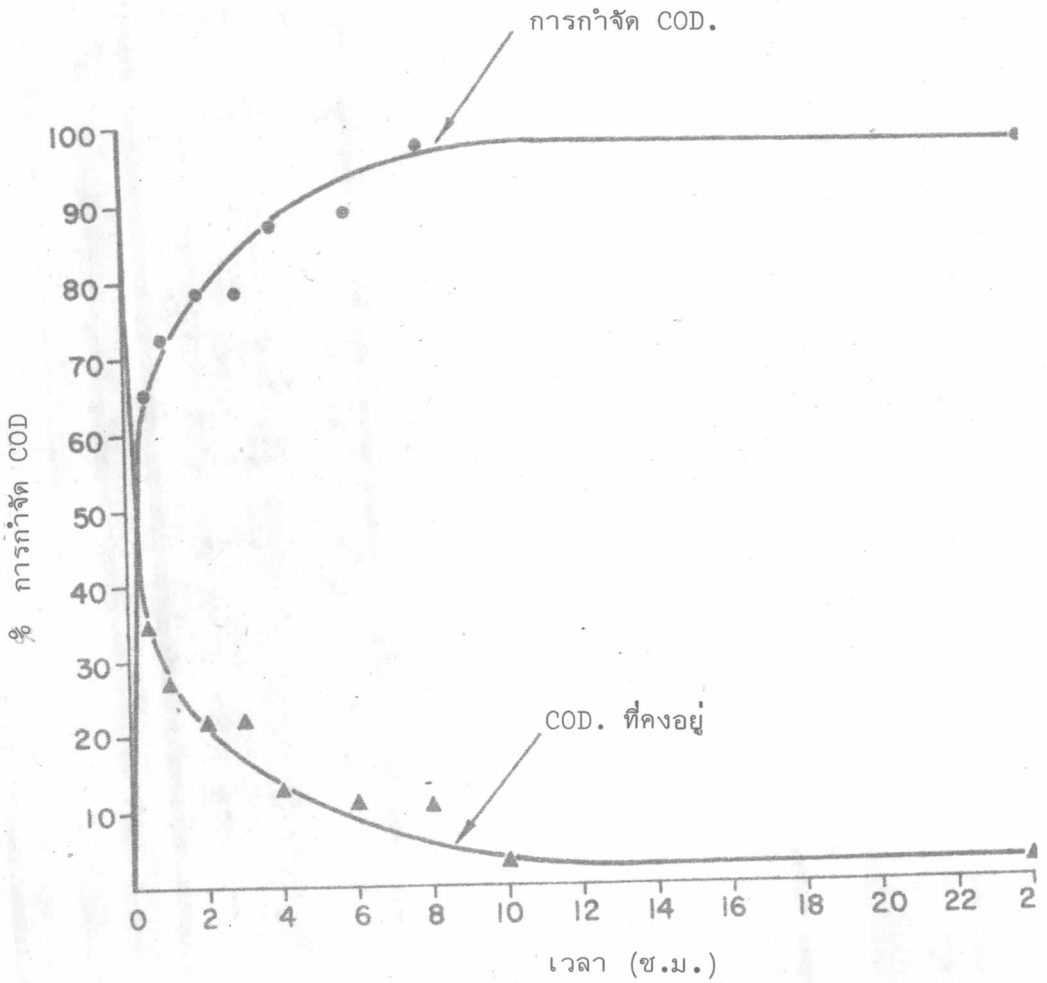
๑. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งเป็นครั้งคราว

ผลการทดลองดังตารางที่ ๗ และ ๘ แสดงผลการกำจัด COD และ BOD ที่ระยะเวลาตั้งแต่ ๐ นาที ถึง ๒๔ ชม. จาก batch ที่ ๑ และ ๒ ตามลำดับ เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บกักน้ำทิ้ง กับ COD, BOD และ MLSS

รูปที่ ๒๕ และ ๒๖ แสดงผลของระยะเวลาที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัด COD จาก batch ที่ ๑ และ ๒ ตามลำดับ สำหรับ batch ที่ ๑ พบว่าเพียง ๓๐ นาทีแรก การกำจัด COD มีประสิทธิภาพสูงถึง ๖๕.๗๙% และประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุดเมื่อระยะเวลาในการเก็บกักนาน ๑๐ ชม. และ ๒๔ชม. ซึ่งให้ผลในการกำจัดเท่ากันคือ ๙๕.๙๙% สำหรับ batch ที่ ๒ ให้ผลใกล้เคียงกับ batch ที่ ๑ คือเพียง ๓๐ นาทีแรกการกำจัด COD มีประสิทธิภาพสูงถึง ๖๕.๔๘% และมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้งนาน ๑๐ และ ๒๔ ชม. ซึ่งให้ผลในการกำจัดเท่ากัน คือ ๙๗.๓๑% ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ของ batch ที่ ๑ และ ๒ ปรากฏว่าระยะเวลาในการเก็บกัก ๓ ชม. แรกสามารถกำจัด BOD ได้ถึง ๙๒.๓๖% และ ๙๐.๖๓% ตามลำดับ แต่ BOD ของน้ำทิ้งหลังการกำจัดยังคงมีค่า ๒๗.๕ และ ๓๐ มก.



รูปที่ ๒๔ แสดงผลของระยะเวลาเก็บกักต่อการกำจัด COD จาก batch ที่ ๑

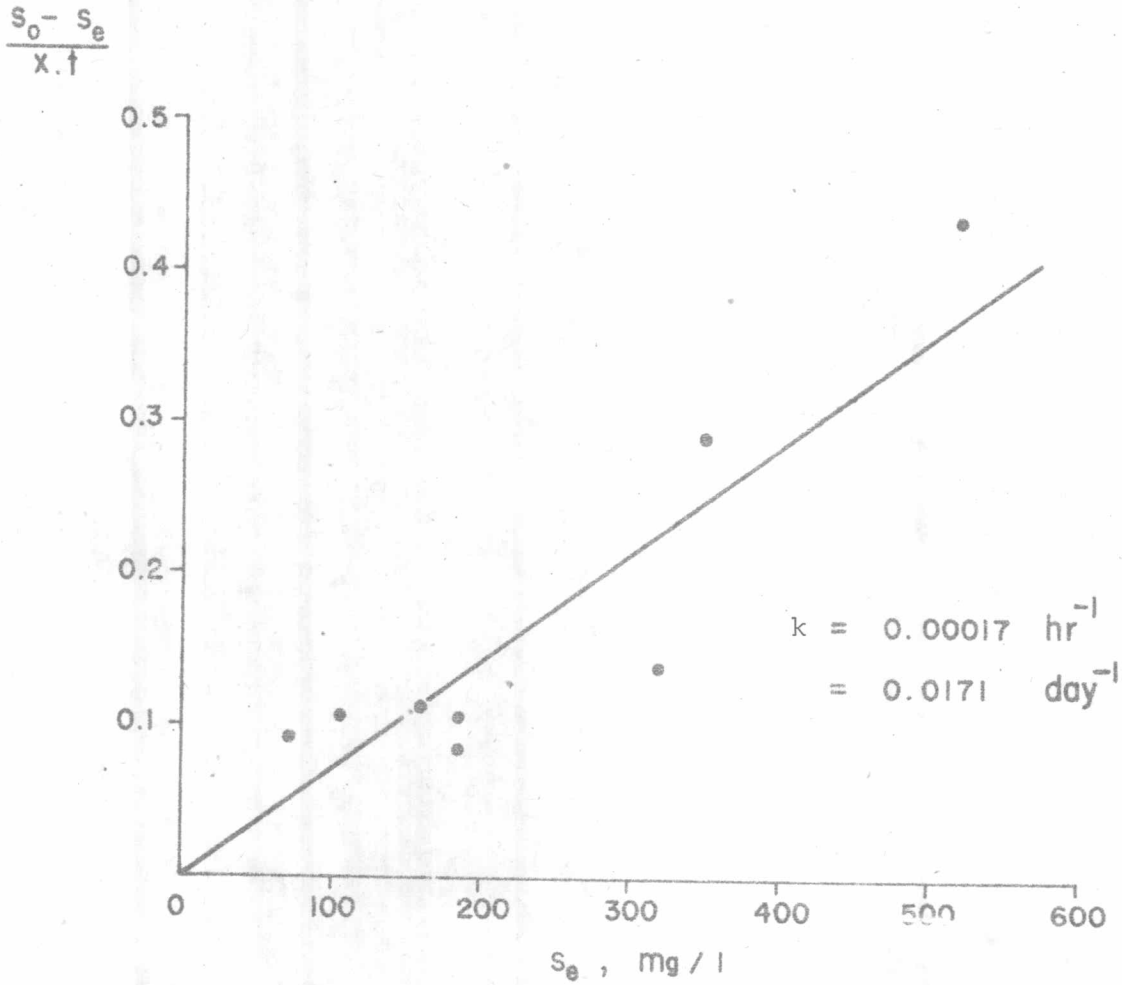


รูปที่ ๒๖ แสดงผลของระยะเวลาเก็บกักกวรกำจัด COD จาก batch ที่ ๑

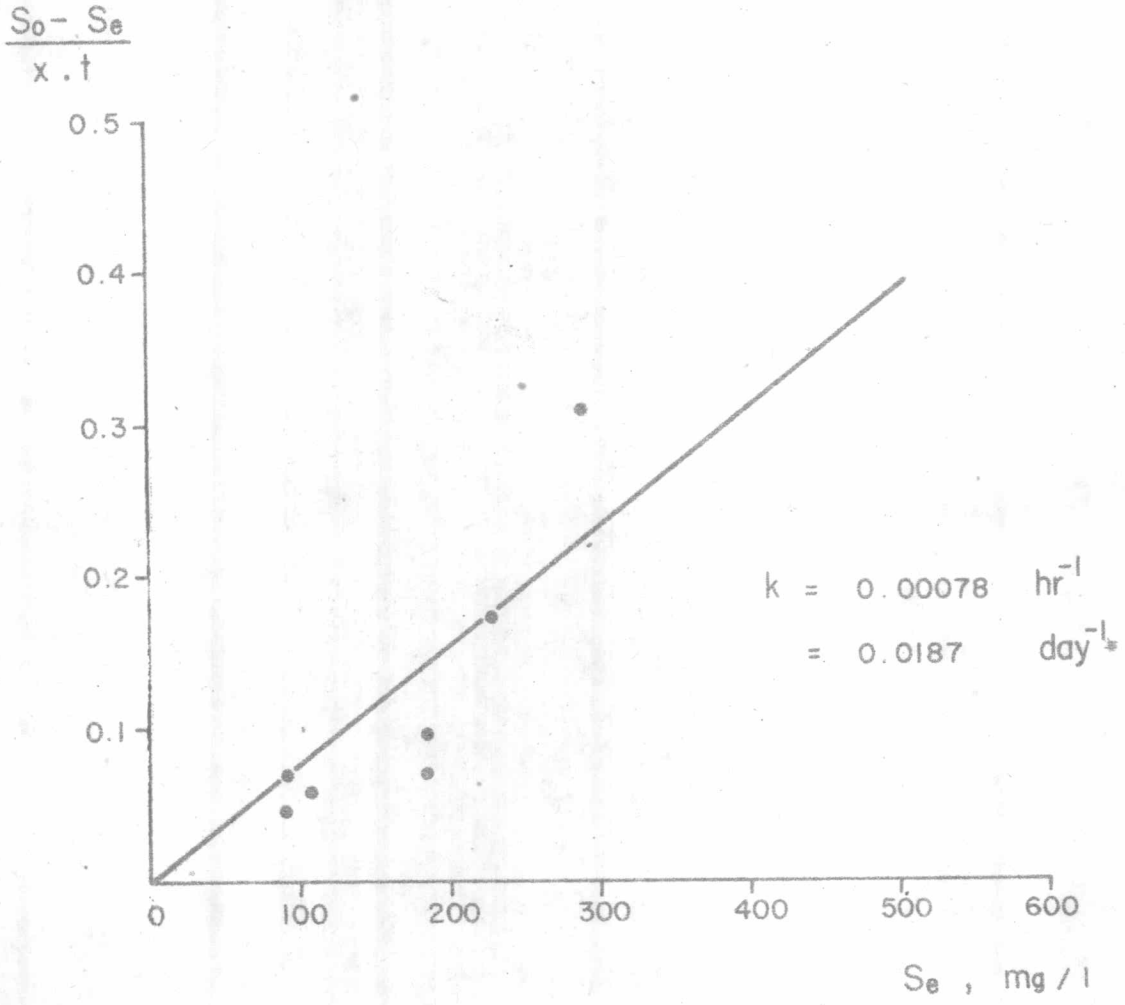
ต่อลิตร ตามลำดับซึ่งเกินมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ใน batch ที่ ๑ และ ๒ ปรากฏว่าที่ระยะเวลาในการเก็บกักนาน ๘ ชม. กำจัดได้ ๙๕.๘๓% และ ๙๙.๐๒% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาในการเก็บกักนาน ๑๐ ชม. กำจัดได้ ๙๘.๒๐% และ ๙๖.๖๖% ตามลำดับ และที่ระยะเวลาในการเก็บกักนาน ๒๔ ชม. กำจัดได้ ๙๘.๐๖% และ ๙๖.๙๖% ตามลำดับ

ตารางที่ ๙ และ ๑๐ กับรูปที่ ๒๗ และ ๒๘ เป็นการแสดงวิธีการคำนวณหาอัตราการใช้อาหารของจุลินทรีย์ (substrate removal rate,k)จาก batch ที่ ๑ และ ๒ ผลปรากฏว่า อัตราการใช้อาหารของจุลินทรีย์มีค่า ๐.๐๑๗๑ และ ๐.๐๑๘๗ ต่อวันตามลำดับ ตารางที่ ๑๑ และ ๑๒ กับรูปที่ ๒๙ และ ๓๐ แสดงการคำนวณหาอัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์ (mass yield rate, a) และอัตราการตายของจุลินทรีย์ (endogenous rate, k_b) พบว่า a มีค่า ๐.๙๘๕๗ และ ๐.๘๕๑ k_b มีค่า ๑.๖๖๐๘ และ ๑.๑๔๕๗ ต่อวันตามลำดับ

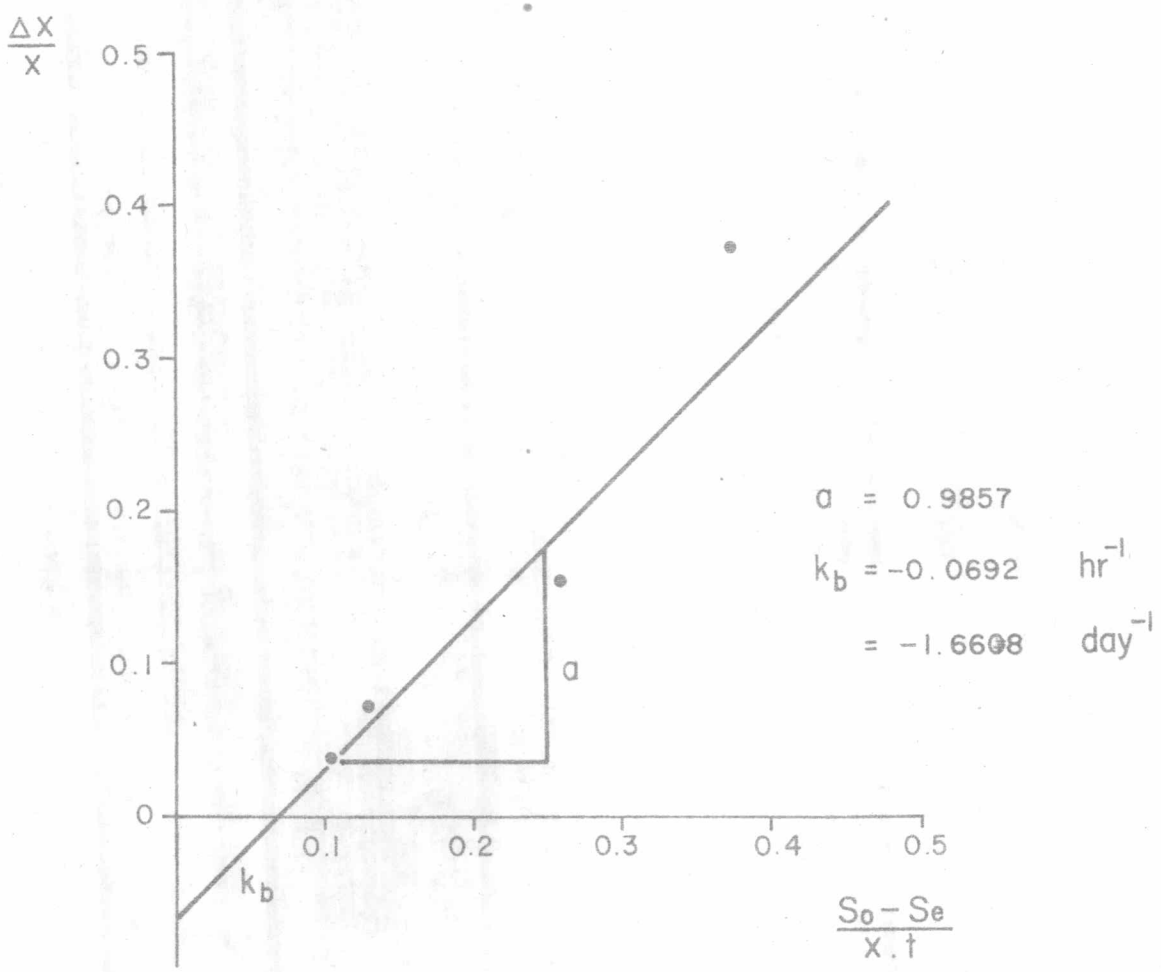
๒. การศึกษาแบบเติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่อง ตารางที่ ๑๓ แสดงผลการกำจัด COD,BOD, SS และไขมัน (grease) ที่อัตราส่วน F:M ต่าง ๆ กัน ผลปรากฏว่า เมื่อน้ำทิ้งถูกเติมเข้าสู่ถังเติมอากาศอย่างต่อเนื่องจะพบปัญหาของฟองอากาศซึ่งเกิดในถังเติมอากาศตลอดเวลาเป็นเหตุให้ตะกอนสลัดจ์ลดลงเรื่อย ๆ และเมื่อยิ่งปริมาณน้ำทิ้งเข้าสู่ถังเติมอากาศมาก ปริมาณฟองในถังเติมอากาศก็จะเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุที่ปริมาณสลัดจ์ในถังเติมอากาศลดลงเรื่อย ๆ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดความสกปรกของน้ำทิ้ง (COD และ BOD) ลดลงไม่ให้ผลดีตามต้องการ นอกจากนี้มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมยังกำหนดว่าน้ำทิ้งที่จะปล่อยสู่แหล่งรับน้ำต้องไม่มีไขมันอยู่เลย แต่การทดลองโดยวิธีดังกล่าวนี้ปรากฏว่าไขมันในน้ำทิ้งหลังการกำจัด (effluent) ลดลงระหว่าง ๖๕.๕๘% ถึง ๗๙.๐๗% แสดงว่าการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตมะหมี่สำเร็จรูปโดยระบบแอคทิเวเทดสลัดจ์นี้จะลดปริมาณไขมันได้ไม่มากนัก



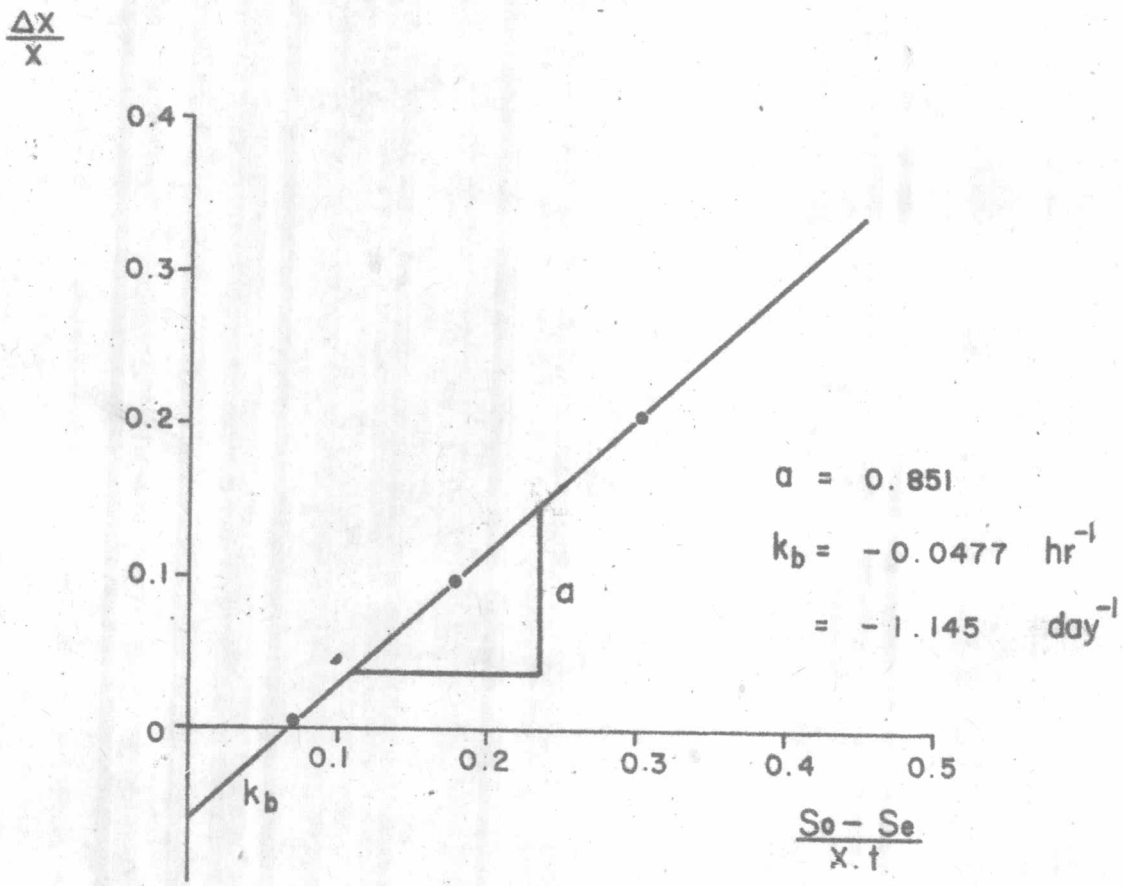
รูปที่ ๒๗ แสดงการหาค่า k จาก batch ที่ ๑



รูปที่ ๒๘ แสดงการหาค่า αk จาก batch ที่ ๒



รูปที่ ๒๙ แสดงการหาค่า a และ k_b จาก batch ที่ ๑



รูปที่ ๓๐ แสดงการหาค่า a และ k_b จาก batch ที่ ๒

ขั้นที่ ๒ ศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์ โดยใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านกรรมวิธีการกำจัดไขมันซึ่งละลายอยู่ออกเสียก่อน โดยใช้กรรมวิธีการกำจัดไขมันที่ได้จากการวิจัยแล้วพบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันได้ดีที่สุด การศึกษาในขั้นนี้แบ่งขั้นตอนย่อย ๆ ออกเป็น ๒ ขั้นดังนี้ คือ

๑. การศึกษาการกำจัดไขมันที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งในรูปสารละลายและอีมัลชั่น

๒. การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งโดยระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์แบบเติมตัวอย่างน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่กำจัดไขมันออกแล้ว

๑) การศึกษาการกำจัดไขมันที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้งในรูปสารละลายและอีมัลชั่น แบ่งการวิจัยได้ดังนี้

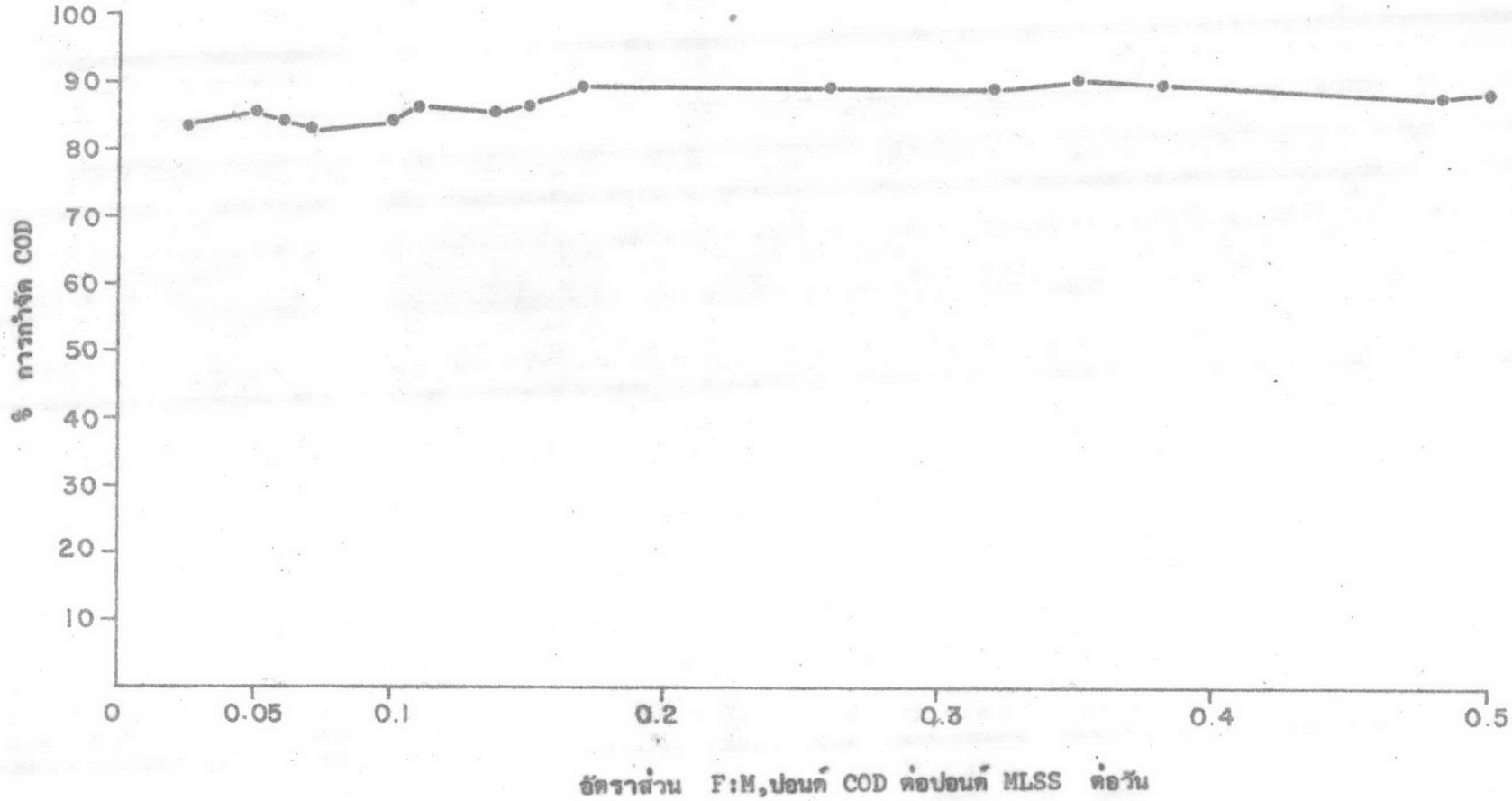
ก. การทำให้ลอย (Flotation) ตารางที่ ๑๔ แสดงผลของการกำจัดไขมันโดยวิธีการทำให้ลอย คือ พ่นอากาศเข้าไปในอัตรา ๐.๑ ลบฟ. ต่อแกลลอนของน้ำทิ้งในระยะเวลา ๑๐,๒๐ และ ๓๐ นาที ทำการทดลองทั้งหมด ๖ ครั้ง ผลปรากฏว่าระยะเวลาในการพ่นอากาศต่าง ๆ กันดังกล่าวแล้วให้ผลในการกำจัดไขมันได้ไม่แตกต่างกันมากนักคือ สามารถกำจัดไขมันได้ระหว่าง ๑๘.๖๕-๒๙.๒๖%, ๒๒.๓๑-๕๕.๑๒% และ ๒๓.๗๒-๕๙.๒๔% ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไขมันในน้ำทิ้งนั้น ๆ

ข. การตกตะกอนโดยใช้สารเคมี (Chemical Precipitation) ตารางที่ ๑๕ แสดงผลการทดลองโดยใช้ปูนขาว (lime) เพื่อทำให้ไขมันตกตะกอนจำนวน ๔ ครั้ง ครั้งละ ๖ บีกเกอร์ ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพการกำจัดไขมันที่ให้ผลดีที่สุดคือ การใช้ปูนขาวตั้งแต่ ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตรขึ้นไป จากการทดลองใช้ปูนขาว

ปริมาณ ๑๐๐๐, ๑๑๐๐ และ ๑๒๐๐ มก.ต่อลิตร กำจัดไขมันอยู่ระหว่าง ๙๕.๕๐-๙๘.๑๖% ๙๕.๗๕-๙๙.๕๔% และ ๙๒.๐๑-๙๙.๕๔% ตามลำดับ และการกำจัด COD อยู่ระหว่าง ๕๕.๑๘-๖๙.๙๘%, ๕๕.๓๕-๖๘.๘๖% และ ๕๔.๘๔-๖๘.๙๖% ตามลำดับ จะเห็นว่าการกำจัดไขมันและ COD โดยใช้ปูนขาวปริมาณ ๑๐๐๐, ๑๑๐๐ และ ๑๒๐๐ มก.ต่อลิตร ให้ผลใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันของน้ำทิ้งประเภทนี้ควรกำหนดที่ ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตร

๒) การศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์แบบเติมตัวอย่างน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งที่กำจัดไขมันออกแล้ว

ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ใช้ในการวิจัยขั้นนี้ผ่านการตกตะกอนด้วยปูนขาวปริมาณ ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตรมาแล้วทำให้มี pH สูงมากจึงต้องปรับ pH ให้เป็นกลางโดยใช้กรดซัลฟูริคเจือจาง (H_2SO_4 dil). ก่อนที่จะสูบเข้าสู่ถังเติมอากาศ ตารางที่ ๑๖ แสดงผลการกำจัด COD และ BOD ในอัตราส่วนของ F:M ต่าง ๆ กัน เนื่องจากปูนขาวขนาด ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตร สามารถลด COD ได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของเดิมทำให้ COD และ BOD ของตัวอย่างน้ำทิ้งที่ใช้ศึกษาในขั้นนี้มีค่าค่อนข้างต่ำโดยเฉลี่ยประมาณ ๓๐๐ และ ๒๐๐ มก.ต่อลิตร ตามลำดับ การที่ค่า COD หรือ BOD ของน้ำทิ้งหลังการกำจัดไขมันออกแล้วมีค่าค่อนข้างต่ำทำให้ระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงที่ทุก ๆ อัตราส่วน F:M คือระหว่าง ๐.๐๓-๐.๕๐ ปอนด์ COD ต่อปอนด์ MLSS ต่อวัน จะทำให้น้ำทิ้งหลังการกำจัด (effluent) มีค่า COD,BOD และ SS ต่ำจัดอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ส่วนค่าไขมันไม่ได้ทำการวิเคราะห์ในน้ำทิ้งที่ทดลองโดยวิธีนี้ เนื่องจากน้ำทิ้งได้ผ่านการกำจัดไขมันด้วยปูนขาวปริมาณ ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตรดังกล่าวแล้ว ซึ่งสามารถลดปริมาณไขมันได้เกือบหมด ถึงจะมีเหลืออยู่บ้างก็น้อยมากจนสามารถกำจัดได้โดยระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์ เพราะจุลินทรีย์บางชนิดในแอคทิเวตเทดสลัดจ์สามารถย่อยสลายไขมันได้



รูปที่ ๓๑ แสดงประสิทธิภาพการกำจัด COD ของระบบแอคทิเวเทดสลัดจ์ที่เติมน้ำทิ้งอย่างต่อเนื่องที่อัตราส่วน F:M ต่าง ๆ กัน

๕.๓ การคำนวณระบบกำจัดแบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ ๕.๒ ถึงการวิจัยครั้งนี้ซึ่งพบว่าหลังการกำจัดไขมันด้วยปูนขาวขนาด ๑๐๐๐ มก.ต่อลิตรแล้ว การกำจัดน้ำทิ้งด้วยระบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์ที่อัตราส่วน F:M ระหว่าง ๐.๕-๐.๐๓ปอนด์ COD ต่อปอนด์ MLSS ต่อวัน จะให้น้ำทิ้งหลังการกำจัด (effluent) มีค่า COD,BOD และ SS ต่ำอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อความประหยัดในการก่อสร้างระบบกำจัดแบบแอคทิเวตเทดสลัดจ์จึงควรใช้อัตราส่วน F:M ๐.๕ ปอนด์ COD ต่อปอนด์ MLSS ต่อวัน เป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ ซึ่งหลักการออกแบบมีดังนี้ คือ

สิ่งที่กำหนดให้

น้ำทิ้งหลังกำจัดไขมันด้วยปูนขาวแล้วมีค่า COD ประมาณ ๓๐๐ มก. ต่อลิตร

อัตราการไหลของน้ำทิ้ง ประมาณ ๑๐ ลบม. ต่อวัน

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในถังเติมอากาศประมาณ ๒๕๐๐ มก. ต่อลิตร

วิธีทำ

สูตร $F/M = \frac{S_o Q}{X_v V}$

F/M = ๐.๕ ปอนด์ COD ต่อปอนด์ MLSS ต่อวัน

Q = ๑๐×๑๐^{๓} ลิตรต่อวัน

X_v = ๒๕๐๐ มก.ต่อลิตร

S_o = ๓๐๐ มก.ต่อลิตร

แทนค่า $0.5 = \frac{300 + 10 + 10^3}{2500 + V}$

$V = 2400$ ลิตร

ปริมาตรของถังเติมอากาศควรเป็น ๘๕ ลบฟ.