

ผลการทดลองและการวิจารณ์

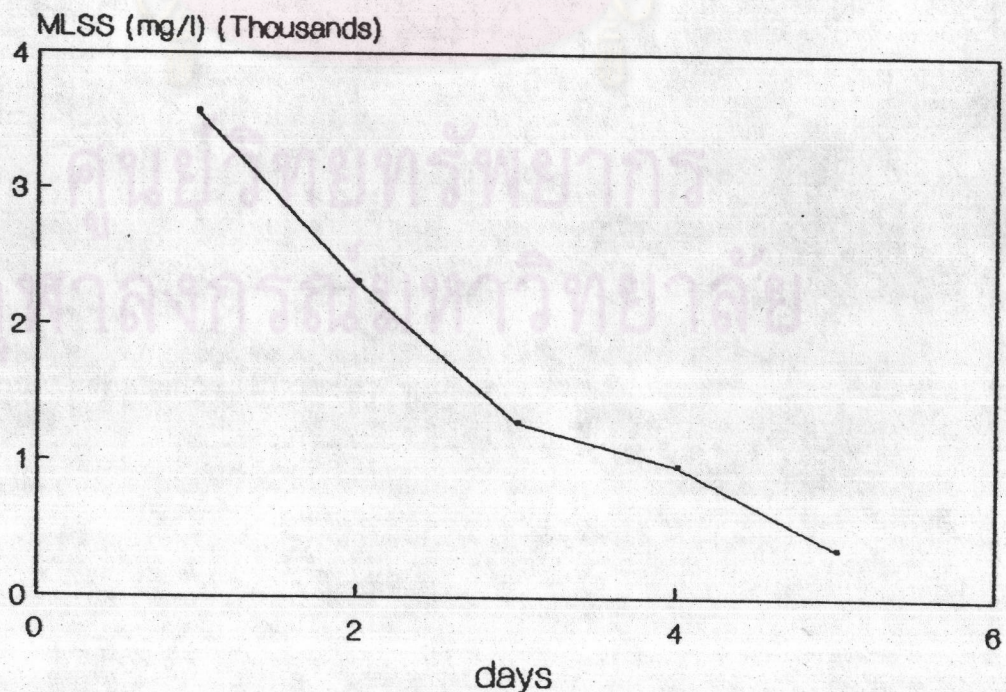
4.1 ผลของอายุตะกอนที่เวลากักน้ำ 2 ชั่วโมง

4.1.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหาร

เมื่อควบคุมระบบด้วยค่าอายุตะกอนน้อยที่สุดคือ 0.25 วัน (6 ชม.) ปรากฏว่าเมื่อตักน้ำตะกอนทิ้งในแต่ละวันเพื่อให้ได้อายุตะกอนที่ต้องการแล้ว ปริมาณสารแขวนลอยในถังเติมอากาศ (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS) ลดลงไปเรื่อยๆ จนเหลือน้อยกว่า 500 มก./ล. ในวันที่ 5 ของการทดลอง (รูปที่ 4.1) การทำงานของระบบล้มเหลวเนื่องจากมีปริมาณจุลชีพในระบบน้อยเกินไป สันนิษฐานว่าช่วงเวลาห่างในการตักน้ำตะกอนทิ้งคงน้อยกว่า generation time ที่จุลชีพในระบบต้องการเพื่อแบ่งตัวให้ได้เซลล์ใหม่ (1) และเมื่อทำการคำนวณหาค่าอายุตะกอนที่น้อยที่สุด ( $\theta_{c\min}$ ) ของระบบตามสมการ

$$\theta_{c\min} = \frac{K_s + S_0}{S_0 (\mu_m - \gamma - b) - K_s (\gamma + b)} \quad (4.1)$$

แล้วปรากฏว่าได้ค่า  $\theta_{c\min}$  เท่ากับ 6.53 ชม. ซึ่งมากกว่าค่าอายุตะกอนที่ใช้ทดลอง

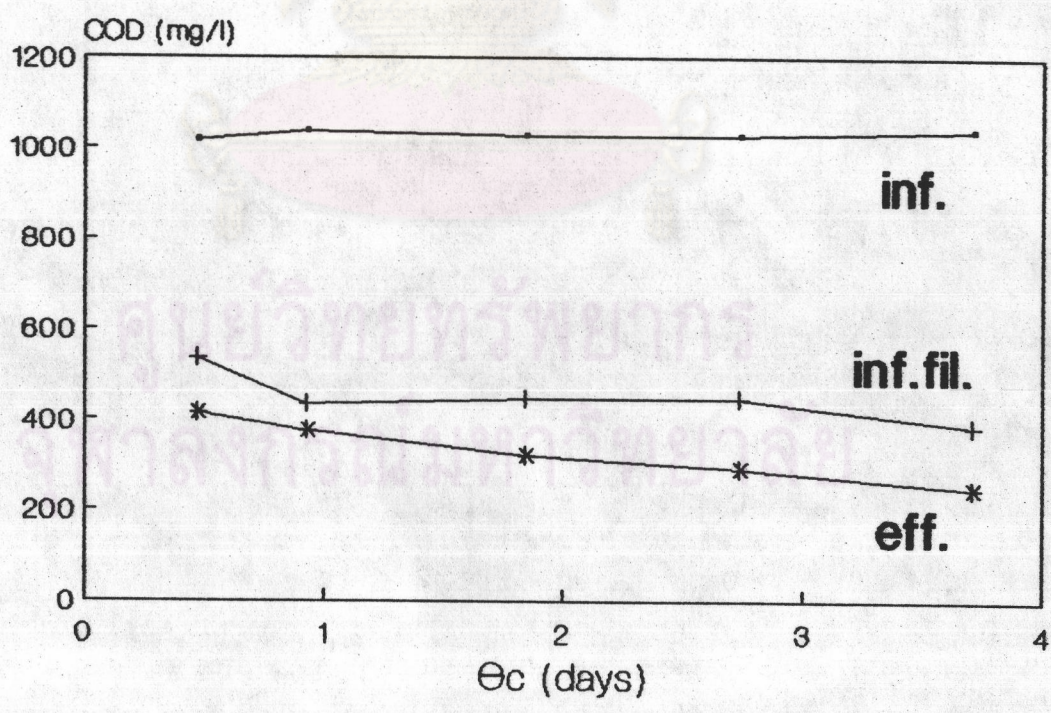


รูปที่ 4.1 ปริมาณสารแขวนลอยที่อายุตะกอน 0.25 วัน



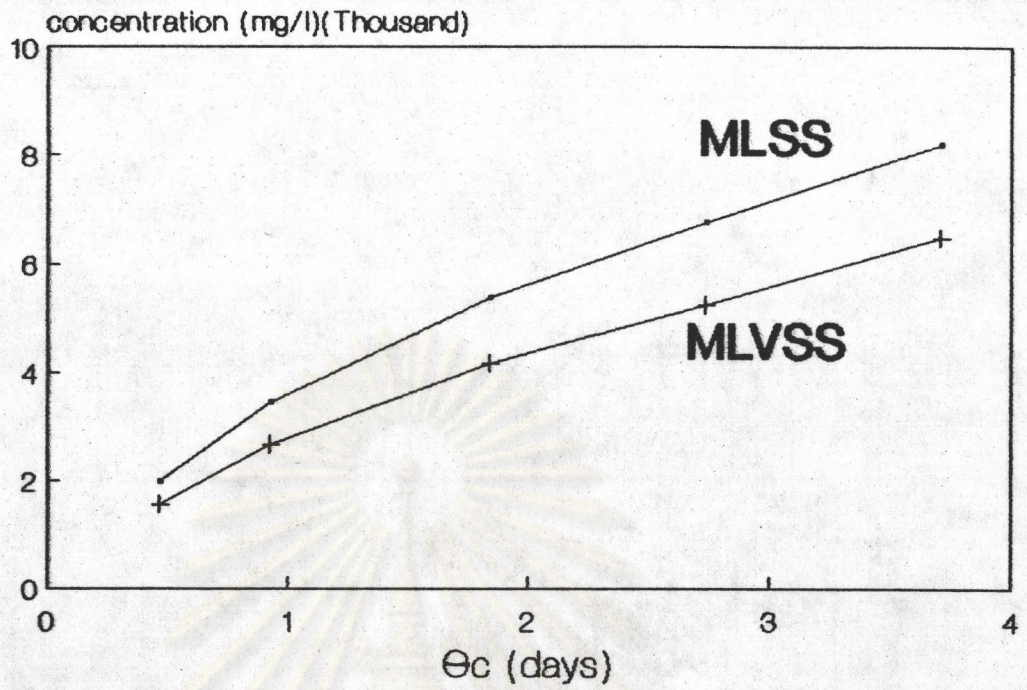
ดังนั้นการที่ระบบเกิด wash out เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตที่ต้องการ ( $\mu$ ) มากกว่า อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดของระบบ ( $\mu_{max}$ ) จุลชีพจึงไม่สามารถเกิดได้ทัน (15)

สำหรับการทดลองที่อายุตะกอนอื่น ๆ คือ 0.5 1 2 3 และ 4 วันนั้น จาก รูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ COD ทั้งหมดในน้ำทิ้งเข้า (influent) COD ที่ละลายน้ำ (filtrate influent) และ COD ในน้ำทิ้งออก (effluent) จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของ COD ที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง 380-540 มก./ล. ขณะที่ COD ทั้งหมดในน้ำทิ้งเข้าถูก ความคุมให้มีค่าคงที่ประมาณ 1000 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของแข็งในน้ำทิ้งเข้า (influent suspended solid) แตกต่างกันไปในแต่ละวัน ส่วนค่าเฉลี่ยของ COD ใน น้ำทิ้งออกลดลงตามอายุตะกอนที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่ามากที่สุดที่อายุตะกอน 0.5 วัน (415 มก./ล.) และน้อยที่สุดที่อายุตะกอน 4 วัน (247 มก./ล.) ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD เป็น 59.3% 64.0% 68.8% 71.8% และ 76.3% ที่อายุตะกอน 0.5 1 2 3 และ 4 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.1) การเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัด COD นี้ สอดคล้องกับปริมาณสารแขวนลอย (MLSS) และสารแขวนลอยระเหย (Mixed Liquor Volatile Suspended Solid, MLVSS) ที่เพิ่มขึ้นตามค่าอายุตะกอนเช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.3)

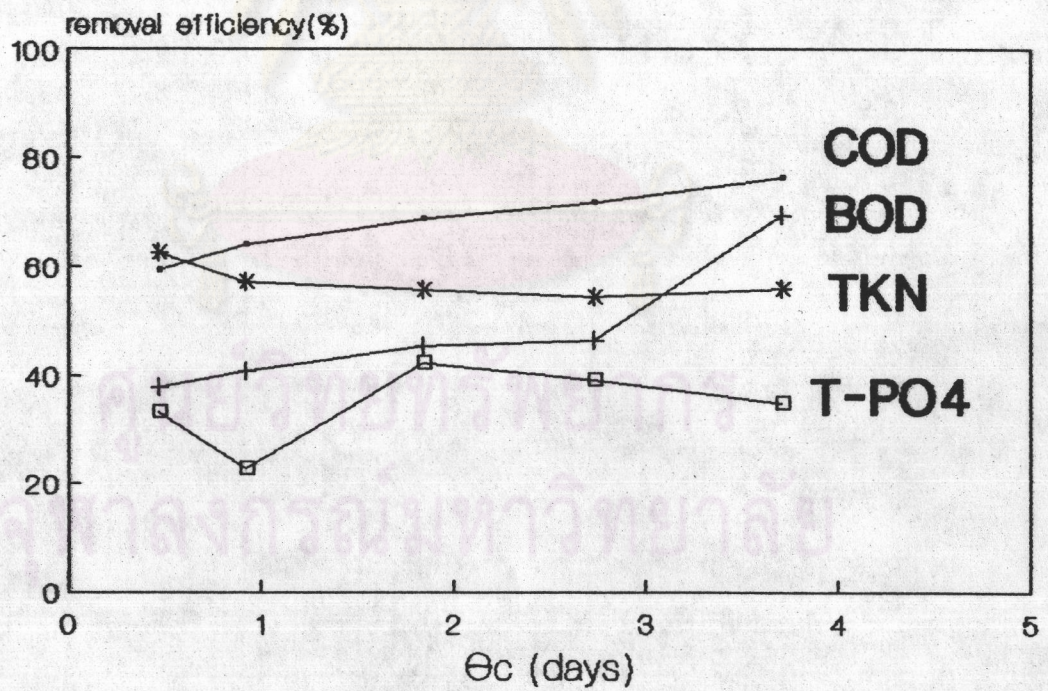


รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ COD ในน้ำทิ้งเข้าและน้ำทิ้งออกของแต่ละค่าอายุตะกอน





รูปที่ 4.3 ปริมาณสารแขวนลอยและสารแขวนลอยระเหยในถังเติมอากาศที่อายุตะกอนต่างๆ



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารของระบบที่อายุตะกอนต่างๆ



ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรบางตัวที่สภาวะคงที่ (steady state) ของแต่ละอายุตะกอน

| $\theta_c$<br>(days) | MLSS<br>(mg/l) | MLVSS<br>(mg/l) | ISS<br>(mg/l) | ESS<br>(mg/l) | removal efficiency(%) |                  |      |                   |
|----------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------|------|-------------------|
|                      |                |                 |               |               | COD                   | BOD <sub>5</sub> | TKN  | T-PO <sub>4</sub> |
| 0.5                  | 1980           | 1558            | 432           | 28            | 59.3                  | 37.8             | 62.5 | 33.3              |
| 1                    | 3437           | 2660            | 438           | 26            | 64.0                  | 40.8             | 57.1 | 22.7              |
| 2                    | 5367           | 4162            | 388           | 21            | 68.8                  | 45.3             | 55.6 | 42.2              |
| 3                    | 6760           | 5237            | 388           | 19            | 71.8                  | 46.4             | 54.4 | 39.1              |
| 4                    | 8183           | 6487            | 388           | 14            | 76.3                  | 69.4             | 55.8 | 34.9              |

ประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในแต่ละอายุตะกอนมีค่าแตกต่างกันไป (รูปที่ 4.4) ประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> เพิ่มขึ้นตามค่าอายุตะกอนเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการกำจัด COD แต่ที่อายุตะกอน 0.5 1 2 และ 3 วันมีประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งต่างกับที่อายุตะกอน 4 วันมีค่าสูงถึง 69.4% แสดงว่าประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> ดีขึ้นเมื่ออายุตะกอนมากขึ้น แต่จากข้อมูลภาคสนามในรายงานของ Sherrard และ Schroeder (30) (ตารางที่ 4.2) ที่แสดงอายุตะกอน (1-18 วัน) การเจริญเติบโตที่สังเกตได้ (Observed Yield,  $Y_{obs}$ ) และประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> ชี้ให้เห็นว่า  $Y_{obs}$  มีค่าลดลงตามอายุตะกอนที่เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>5</sub> ทุกค่าอายุตะกอนมีค่าใกล้เคียงกัน

จากสูตรส่วนประกอบทางเคมีของเซลล์จุลินทรีย์  $C_{50}H_{97}O_{23}N_{12}P(15)$  แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งในการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ เมื่อคิดอัตราการใช้นิโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อกรัม MLSS ของการทดลองชุดนี้แล้ว จะพบว่าเมื่ออายุตะกอนมากขึ้นการใช้สารอาหารทั้งสองตัวนี้จะน้อยลง ซึ่งผลนี้ตรงกับรายงานของ Sherrard และ Schroeder (31) ที่กล่าวว่า การใช้สารอาหารที่เป็นสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ควรมีค่าน้อยลงเมื่ออายุตะกอนมากขึ้น เพราะอัตราการเจริญเติบโตทั้งหมดลดลง ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งออก (effluent suspended solid, ESS)



ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลที่สภาวะคงที่ของระบบที่ให้อากาศและออกซิเจนเป็นตัวให้อากาศ(๑๑)

| ครั้งที่ | สัปดาห์ | แบบของการให้อากาศ |                | $\sigma_2$ | $Y_{obs}$ | ประสิทธิภาพการกำจัดBOD <sub>5</sub> (%) |
|----------|---------|-------------------|----------------|------------|-----------|---|
|          |         | อากาศ             | O <sub>2</sub> |            |           |   |
| I        | 5/12    | *                 |                | 1.39       | 1.16      | 93                                      |
|          | 5/19    | *                 |                | 2.68       | 0.85      | 88                                      |
|          | 5/26    | *                 |                | 2.00       | 0.68      | 92                                      |
|          | 6/2     | *                 |                | 2.25       | 1.00      | 87                                      |
|          | 6/9     | *                 |                | 2.67       | 0.92      | 86                                      |
|          | 6/16    | *                 |                | 1.48       | 1.45      | 90                                      |
|          | 6/23    | *                 |                | 1.93       | 0.94      | 93                                      |
|          | 5/12    |                   | *              | 4.05       | 0.62      | 95                                      |
|          | 5/19    |                   | *              | 5.89       | 0.46      | 90                                      |
|          | 5/26    |                   | *              | 4.30       | 0.39      | 94                                      |
|          | 6/2     |                   | *              | 4.41       | 0.63      | 90                                      |
|          | 6/9     |                   | *              | 3.86       | 0.79      | 92                                      |
|          | 6/16    |                   | *              | 4.20       | 0.83      | 92                                      |
|          | 6/23    |                   | *              | 8.46       | 0.35      | 94                                      |
| II       | 7/28    |                   | *              | 2.67       | 0.61      | 87                                      |
|          | 8/4     |                   | *              | 4.32       | 0.51      | 87                                      |
|          | 8/11    |                   | *              | 3.40       | 0.45      | 92                                      |
|          | 8/18    |                   | *              | 2.50       | 0.50      | 90                                      |
|          | 8/25    |                   | *              | 3.31       | 0.50      | 87                                      |
| III      | 9/8     | *                 |                | 2.72       | 0.75      | 86                                      |
|          | 9/15    | *                 |                | 2.09       | 0.96      | 87                                      |
|          | 9/22    | *                 |                | 0.98       | 1.19      | 90                                      |
|          | 9/29    | *                 |                | 1.13       | 1.01      | 85                                      |
|          | 10/6    | *                 |                | 1.12       | 1.07      | 90                                      |
|          | 10/13   | *                 |                | 0.92       | 1.31      | 91                                      |
|          | 10/20   | *                 |                | 1.26       | 1.09      | 92                                      |
|          | 10/27   | *                 |                | 0.93       | 1.35      | 89                                      |
|          | 11/3    | *                 |                | 1.21       | 1.05      | 86                                      |
|          | 9/8     |                   | *              | 13.5       | 0.15      | 91                                      |
|          | 9/15    |                   | *              | 17.9       | 0.16      | 92                                      |
|          | 9/22    |                   | *              | 14.2       | 0.16      | 95                                      |
|          | 9/29    |                   | *              | 12.2       | 0.16      | 93                                      |
|          | 10/6    |                   | *              | 9.11       | 0.29      | 97                                      |
| 10/13    |         | *                 | 14.4           | 0.11       | 96        |   |
| 10/20    |         | *                 | 10.3           | 0.19       | 96        |   |
| 10/27    |         | *                 | 5.70           | 0.24       | 95        |   |
| 11/3     |         | *                 | 7.67           | 0.22       | 94        |   |



ของแต่ละอายุตะกอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14-28 มก./ล. (ตารางที่ 4.1) โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่ออายุตะกอนลดลง เป็นผลมาจากการลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหาร(33)

แม้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งออกจะมีค่าลดลงเมื่ออายุตะกอนเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อาจเนื่องจากปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อความแปรปรวนในน้ำทิ้งออก เช่น อัตราการไหล(flow rate)  $BOD_5$  สารแขวนลอยในน้ำทิ้งเข้า อุณหภูมิ ฯลฯ (7) ไม่มีผลกระทบกับการทดลองนี้ เพราะบางตัวถูกควบคุมให้คงที่โดยตรง เช่น อัตราการไหล และบางตัวเช่น  $BOD_5$  (ทั้ง soluble และ particulate) สารแขวนลอยในน้ำทิ้งเข้า โดยเฉพาะพวกที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งออกเพิ่มขึ้น(34) ] ก็จะถูกควบคุมทางอ้อมโดยการควบคุมอัตราการไหลและปริมาณสารอินทรีย์(COD)ที่เข้าระบบ ดังนั้นในการทดลองนี้อายุตะกอนจึงเป็นปัจจัยเดียวที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำทิ้งออก

#### 4.1.2 พารามิเตอร์จลนพลศาสตร์(kinetic parameters)

ค่าพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์สำหรับชุดการทดลองที่เวลากักน้ำ 2 ชม. แสดงดังตารางที่ 4.3 (วิธีการหาพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ดูในภาคผนวก จ.)

ตารางที่ 4.3 แสดงพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ของระบบแอกทีเวเตดสลัดจ์ของการทดลองนี้

| $\theta_c$<br>(days) | $C_1$ | $b'$  | $Y'_g$ | $\mu_m$ | $K_m$ | Y     | $\beta'$ |
|----------------------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|----------|
| 0.5                  |       |       |        |         |       | 0.543 | 0.53     |
| 1                    |       |       |        |         |       | 0.396 | 0.61     |
| 2                    | 122   | 0.055 | 0.879  | 0.322   | 414   | 0.256 | 0.74     |
| 3                    |       |       |        |         |       | 0.191 | 0.56     |
| 4                    |       |       |        |         |       | 0.149 | 0.59     |

หมายเหตุ  $C_1$  = สารอินทรีย์ละลายที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้(มก./ล.)

$b'$  = อัตราการสลายตัวจำเพาะของจุลินทรีย์(ชม.<sup>-1</sup>)



$Y'_g$  = ยีลด์ที่แท้จริง (ก. เซล/ก.  $T_{OD}$ )

$\mu_{max}$  = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของจุลินทรีย์ ( $ชม.^{-1}$ )

$K_s$  = ค่าคงที่ที่ความเร็วครึ่งหนึ่ง (มก./ล.)

$Y$  = ยีลด์จากการสังเกต (ก. เซล/ก.  $T_{OD}$ )

$\beta'$  = สัมประสิทธิ์ความต้องการออกซิเจน (ก.  $T_{OD}$ /ก. เซล)

\* เมื่ออัตราการตายจำเพาะ ( ) เป็น 0.005  $ชม.^{-1}$

สัมประสิทธิ์ความต้องการออกซิเจน ( $\beta'$ ) สูงสุดที่อายุตะกอน 2 วัน ส่วนที่อายุตะกอนอื่นมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (รูปที่ 4.8) การที่ค่า  $\beta'$  ของแต่ละอายุตะกอนมีค่าน้อยกว่า 1 อาจเนื่องจาก ในการคำนวณหามวลจุลินทรีย์ที่แท้จริง (effective cell mass) จากสมการ

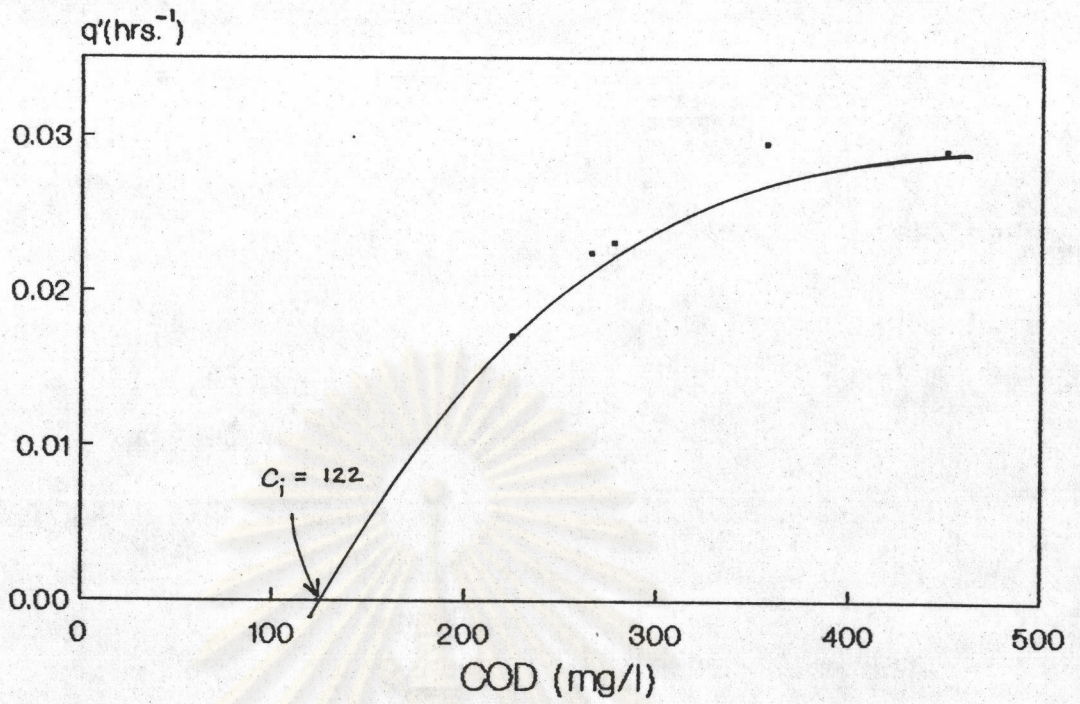
$$X' = M - Z_1 \quad \text{-----} (4.2)$$

เพื่อนำมาคำนวณหาค่า  $\beta'$  นั้น เป็นการคิดเฉพาะความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ( $Z_1$ ) เท่านั้น แต่ในน้ำทิ้งมีทั้งสารแขวนลอยที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และไม่สามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นมวลจุลินทรีย์ที่แท้จริงที่คำนวณได้จากสมการนี้จึงอาจมากกว่าความเป็นจริง มีผลทำให้ค่า  $\beta'$  ที่ได้มีน้อยกว่า 1

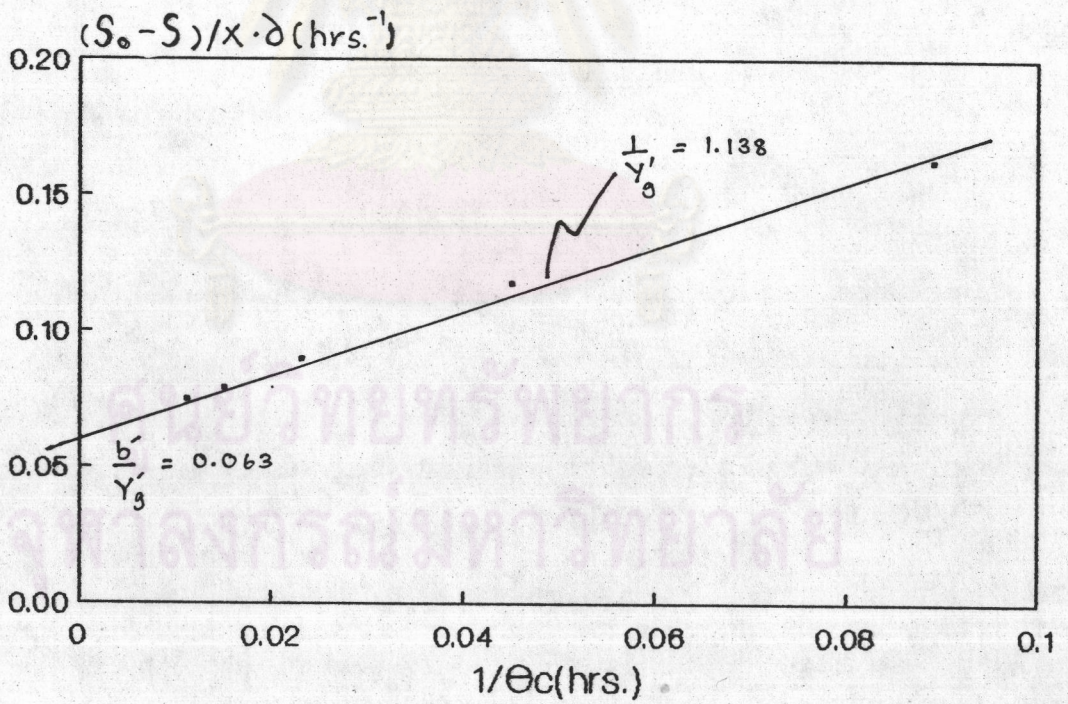
ยีลด์จากการสังเกต ( $Y$ ) มีค่ามากขึ้นเมื่ออายุตะกอนน้อยลง ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Sherrard และ Schroeder (31) ปัจจัยที่ทำให้ยีลด์จากการสังเกตลดลงเมื่ออายุตะกอนเพิ่มคือ ปริมาณพลังงานที่จุลินทรีย์นำไปสร้างและซ่อมแซมส่วนต่างๆ ของเซลล์ (maintenance energy) การตายและการแตกตัวของเซลล์ (cell death and lysis) การสร้าง extracellular polymer (มีผลช่วยในการเกาะกลุ่มของเซลล์) บทบาทของผู้ล่า (predator) และชนิดของจุลินทรีย์ที่เป็น dominant ซึ่งจะมีลักษณะการใช้พลังงานแตกต่างกันไป (30, 31)

จากรายงานของ Lovett และคณะ (32) กล่าวว่า ความแตกต่างของค่าจุลศาสตร์ในแต่ละการทดลอง เนื่องมาจากสมมูลและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร (substrate) ที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ เช่น อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจะมีอัตราสูงสุดของการใช้สารอาหารต่อหน่วยน้ำหนักจุลินทรีย์ ( $K$ ) และ  $K$  สูงกว่าอาหารชนิดอื่น ทำให้อัตราการผลิตตะกอนและปริมาณสารแขวนลอยระเหยต่ำ และ COD ในน้ำทิ้งออกจะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดอื่นที่อายุตะกอนเดียวกัน



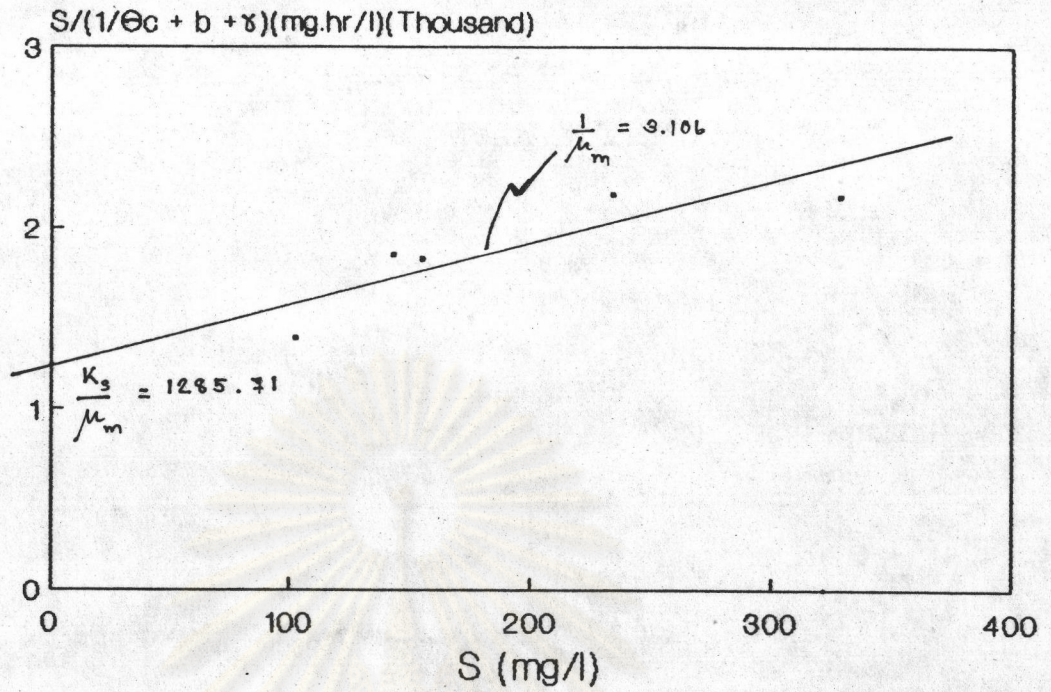


รูปที่ 4.5 แสดงการหาค่า  $C_i$

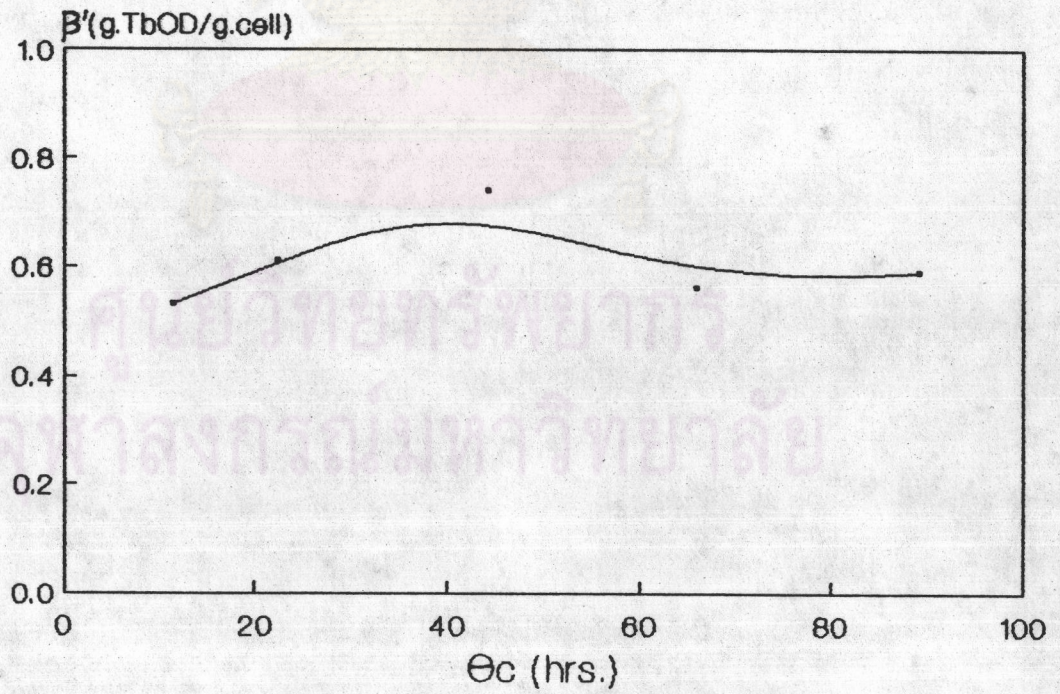


รูปที่ 4.6 แสดงการหาค่า  $b'$  และ  $Y_3$



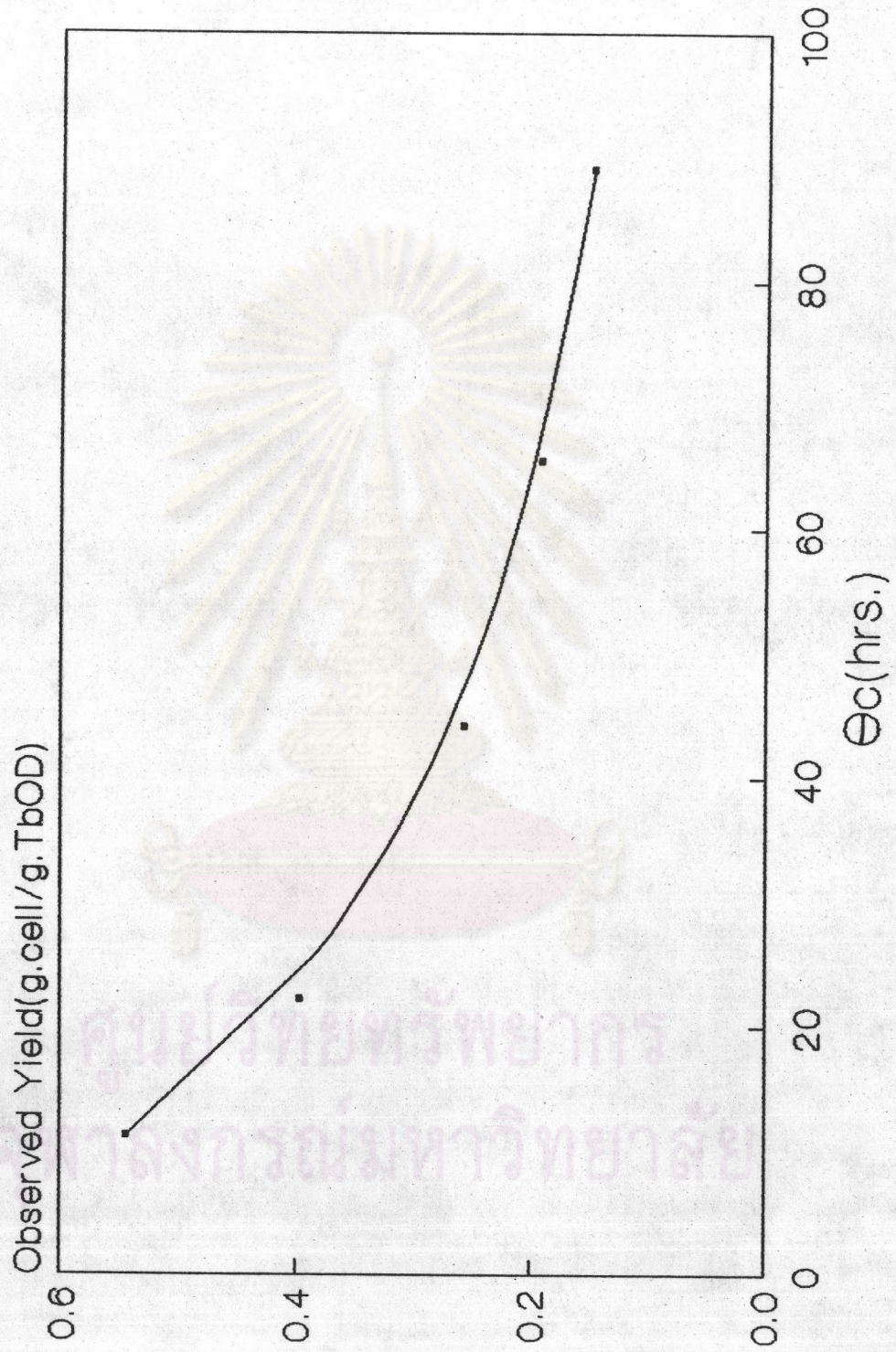


รูปที่ 4.7 แสดงการหาค่า  $\mu_m$  และ  $K_s$



รูปที่ 4.8 ค่า  $\beta'$  ที่อายุตะกอนต่างๆ





รูปที่ 4.9 ค่า Y ที่อายุตะกอนต่างๆ

ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



#### 4.1.3 ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลน (Sludge Settleability)

##### ก) ปริมาตรตะกอนเลนเมื่อเวลา 30 นาทีและดัชนีปริมาตรตะกอนเลน

ความเข้มข้นของน้ำตะกอนที่ใช้ทดลองอยู่ระหว่าง 1500-12000 มก./ล. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรตะกอนเลนเมื่อเวลา 30 นาที ( $SV_{30}$ ) ที่อายุตะกอนต่างๆ จะคล้ายกันคือ มีปริมาตรเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำตะกอน และเมื่อความเข้มข้นของน้ำตะกอนมากกว่า 5000 มก./ล. ตะกอนแทบจะไม่ตกเลย โดยค่า  $SV_{30}$  จะอยู่ระหว่าง 930-990 มล. เมื่อเปรียบเทียบค่า  $SV_{30}$  ที่ความเข้มข้นของน้ำตะกอนระหว่าง 1500-5000 มก./ล. ของแต่ละอายุตะกอน (รูปที่ 4.10) จะเห็นว่าค่า  $SV_{30}$  ของอายุตะกอน 1 และ 4 วัน มีอัตราการเพิ่มสูงกว่าที่อายุตะกอนอื่นๆ

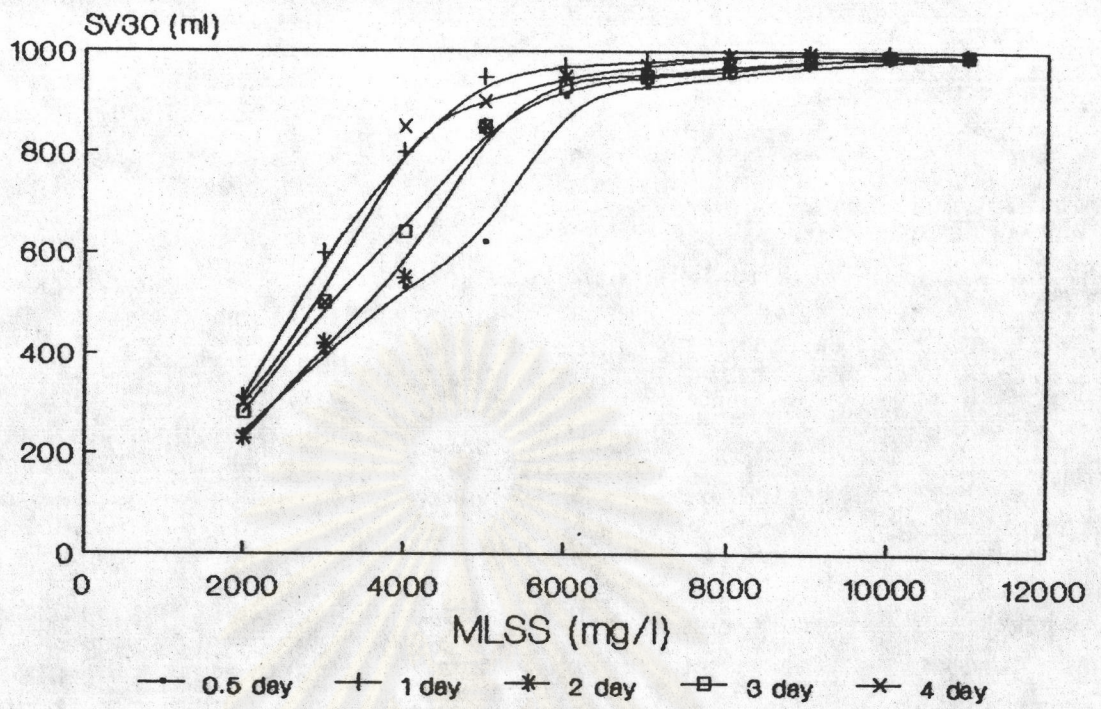
ค่าดัชนีปริมาตรตะกอนเลน (SVI) ของแต่ละอายุตะกอนสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำตะกอน ไปจนถึงจุดสูงสุดที่ความเข้มข้นประมาณ 3000-4000 มก./ล. หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดต่ำลงใกล้เคียงกับแนวเส้นไม่ตกตะกอนเลย (รูปที่ 4.11) การเปลี่ยนแปลงค่า SVI ของแต่ละอายุตะกอนสอดคล้องกับค่า  $SV_{30}$  โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นของน้ำตะกอนน้อยกว่า 5000 มก./ล. ค่า SVI ของอายุตะกอน 1 และ 4 วันจะสูงสุดคืออยู่ระหว่าง 160-240 มล./ก. รองลงมาคือที่อายุตะกอน 2 และ 3 วันค่า SVI อยู่ระหว่าง 100-220 มล./ก. โดยที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 4000 มก./ล. ค่า SVI ที่อายุตะกอน 2 วันต่ำกว่าที่อายุตะกอน 3 วัน และค่า SVI ต่ำสุดที่อายุตะกอน 0.5 วัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 80-180 มล./ก.

จากรายงานของ Lovett และคณะ (33) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SVI ที่อายุตะกอนต่างๆ ของอาหาร (substrate) หลายชนิด (รูปที่ 4.12) พวกเขาพบว่าเมื่อใช้อาหารคล้ายกันจะมีรูปแบบ (pattern) ของ SVI คล้ายกัน และสำหรับอาหารที่แตกต่างกันรูปแบบของ SVI จะต่างกันมาก รูปแบบของ SVI ในการทดลองนี้ก็แตกต่างกับรูปแบบของ SVI ในรายงานของ Lovett และคณะ เนื่องจากอาหารที่ใช้แตกต่างกัน (brewery waste) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้รูปแบบ SVI ต่างกันได้อีก เช่น การมีจุลินทรีย์พวกเส้นใยอยู่ในระบบมากก็จะทำให้ไม่เห็นผลขององค์ประกอบของอาหารหรืออายุตะกอนที่มีต่อ SVI (33)

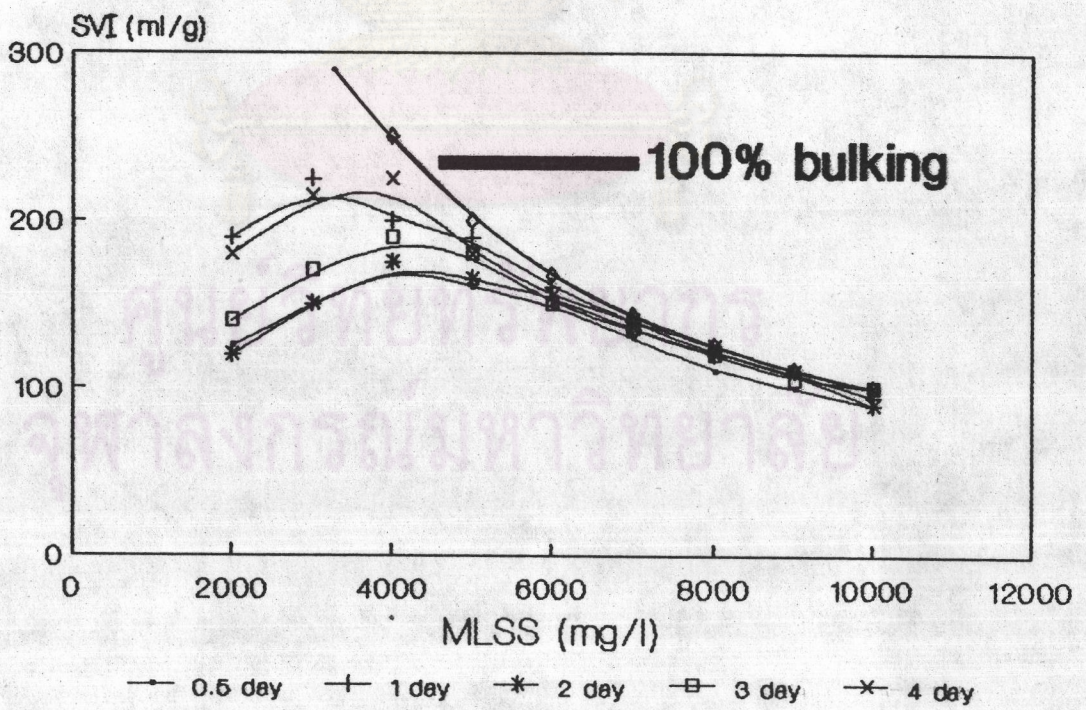
##### ข) ความเร็วในการตกตะกอนแบบโซน (Zone settling velocity)

ข้อมูลจากการทดลองวัดความเร็วในการตกตะกอนแบบโซนของตะกอนเลนแต่ละค่าอายุตะกอน ถูกนำมาวิเคราะห์การถดถอยในรูปแบบการเอกซ์โปเนนเชียล (exponential regression) ซึ่งเป็นสมการที่เหมาะสมที่สุดและสะดวกต่อการนำไป



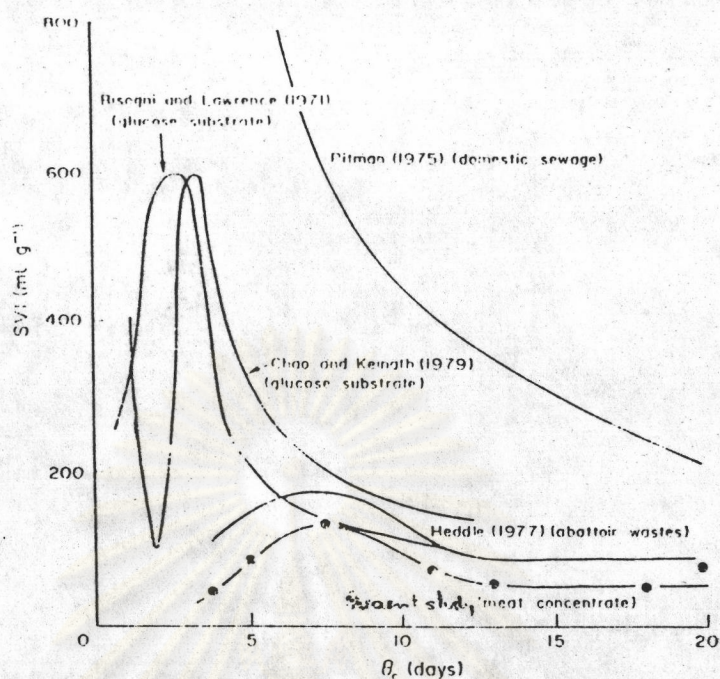


รูปที่ 4.10 ค่า  $SV_{30}$  ที่อายุตะกอนต่างๆ



รูปที่ 4.11 ค่า SVI ที่อายุตะกอนต่างๆ





รูปที่ 4.12 ความแปรปรวนของค่า SVI ที่อายุตะกอนต่างๆของอาหารแต่ละชนิด (33)

ใช้(4) ได้สมการความเร็วในการตกตะกอนของแต่ละค่าอายุตะกอนดังนี้ (รูปที่ 4.13-4.17)

ตารางที่ 4.4 สมการที่เหมาะสมที่สุดของความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนแต่ละอายุตะกอน

| $\theta_c$<br>(days) | exponential regression equations    |
|----------------------|-------------------------------------|
| 0.5                  | $V = \text{Exp}(1.8677 - 0.4433 C)$ |
| 1                    | $V = \text{Exp}(1.9981 - 0.4850 C)$ |
| 2                    | $V = \text{Exp}(2.0669 - 0.4235 C)$ |
| 3                    | $V = \text{Exp}(2.2272 - 0.4802 C)$ |
| 4                    | $V = \text{Exp}(2.1107 - 0.5501 C)$ |

หมายเหตุ C = ความเข้มข้นของน้ำตะกอน (กก./ม.<sup>3</sup>)

V = ความเร็วในการตกตะกอน (ชม./นาที)



ในการทดลองของ Daigger และ Roper (35) ซึ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนกับดัชนีปริมาตรตะกอนเลน เพื่อให้ประมาณลักษณะการตกของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ ได้สมการความเร็วดังนี้

$$V_t = V_0 e^{-K C_t} \quad \text{----- (4.3)}$$

ซึ่งเป็นสมการเอกซ์โปเนนเชียลเช่นเดียวกับการทดลองนี้ โดย  $V_t$  คือความเร็วของตะกอนเลนที่เวลาใด ๆ  $V_0$  คือความเร็วต้น  $K$  คือสัมประสิทธิ์ของความเร็วยในการตกตะกอน และ  $C_t$  คือความเข้มข้นของตะกอนเลน พวกเขาพบว่าค่า  $V_0$  นั้นไม่ขึ้นกับดัชนีปริมาตรตะกอนเลน แต่  $K$  ขึ้นกับค่าดัชนีปริมาตรตะกอนเลนเป็นอย่างมาก แต่จากสมการในการทดลองนี้ (ตารางที่ 4.4) แสดงว่า ความเร็วในการตกตะกอนที่เวลาใด ๆ ( $V$ ) ขึ้นกับความเข้มข้นของตะกอนเลน ( $C$ )

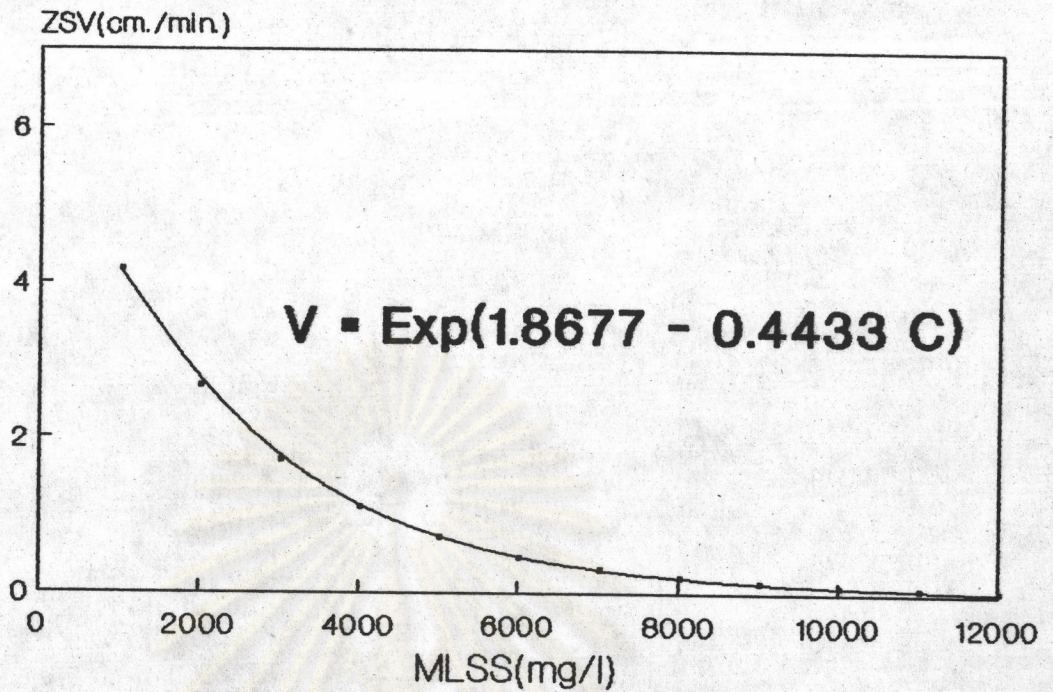
ค) การเปรียบเทียบความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนแต่ละค่าอายุตะกอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสมการถดถอย

ลำดับความเร็วในการตกตะกอนเป็นดังนี้คือ 2 3 1 0.5 และ 4 วัน (รูปที่ 4.18) โดยเฉพาะที่อายุตะกอน 0.5 วันและ 1 วันมีความเร็วในการตกตะกอนใกล้เคียงกันมาก แม้ว่าที่ความเข้มข้นของน้ำตะกอนน้อยกว่า 3000 มก./ล. ความเร็วในการตกตะกอนที่อายุตะกอน 4 วันจะสูงกว่าที่อายุตะกอน 0.5 วัน และที่อายุตะกอน 3 วันสูงกว่าที่อายุตะกอน 2 วันก็ตาม แต่ที่ความเข้มข้นของน้ำตะกอนมากกว่า 3000 มก./ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สูงพอที่จะมองเห็นชั้นตะกอนได้อย่างชัดเจนนั้น ลำดับความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนเป็นดังกล่าวข้างต้น

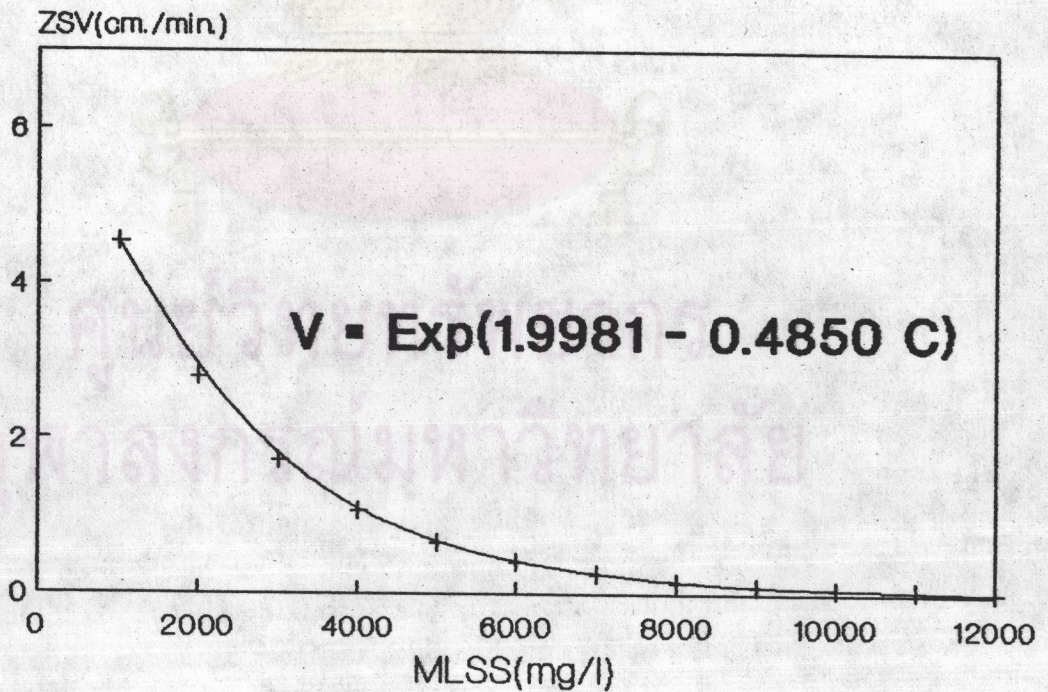
ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลนในระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ ขึ้นกับการเกิดก้อนปุย (bioflocculation) ซึ่งอาศัยการดึงดูดกันของประจุบนพื้นผิวของจุลินทรีย์หรือการเกาะเกี่ยวกันระหว่างจุลินทรีย์กับ pollutant และ extracellular polymer ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นและปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ ซึ่งลักษณะของก้อนปุยมีผลต่อการตกตะกอนที่อาศัยแรงโน้มถ่วง (19, 36)

การที่ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 2 วันและ 3 วันมากกว่าที่อายุตะกอน 0.5 และ 1 วัน อาจเนื่องจากที่อายุตะกอนน้อยอัตราการเจริญเติบโตของเซลล์สูงแต่ปริมาณ extracellular polymer ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นน้อย ทำให้การรวมตัว (aggregation) ของเซลล์ไม่ดี (17) เกิดการเจริญแบบกระจาย (dispersed growth) (3) หรือมีจุลินทรีย์พวกเส้นใย (filamentous species) อยู่มากในระบบ (8, 17) ทั้งสองแบบมีผลลดความเร็วในการตกตะกอน เพราะเส้นใยจะเป็นตัวเพิ่มแรงเสียดทาน



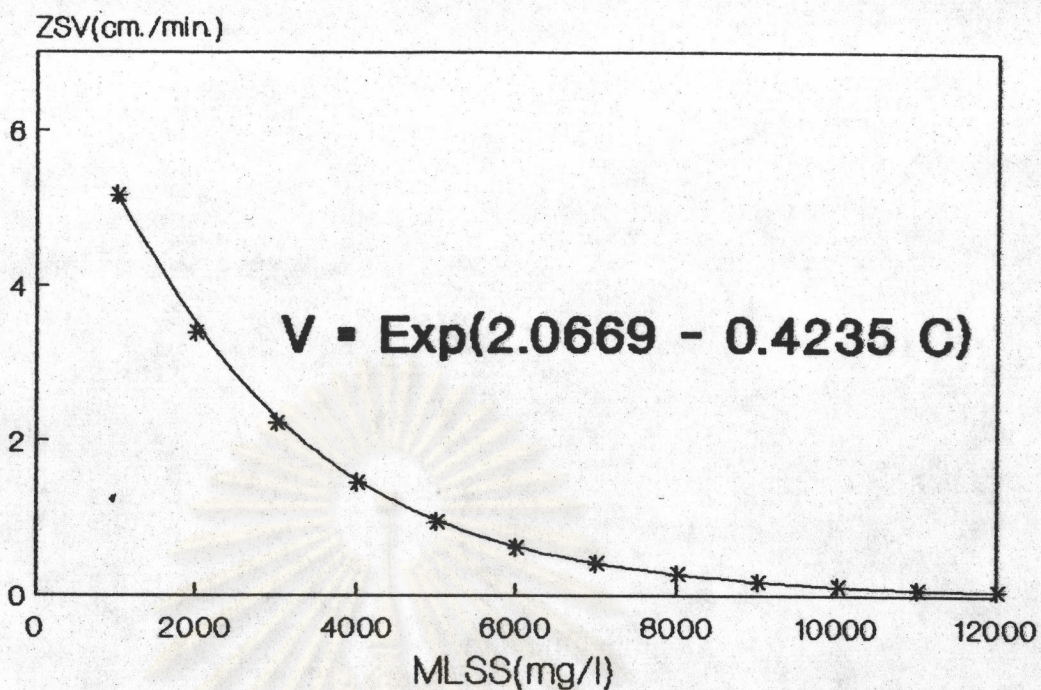


รูปที่ 4.13 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 0.5 วัน

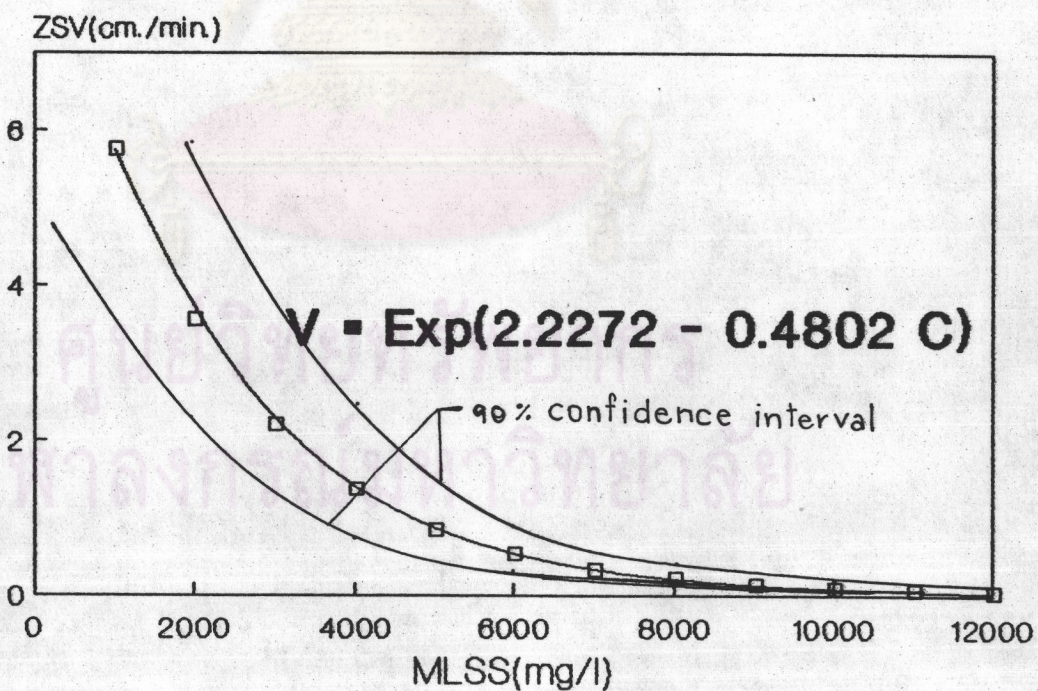


รูปที่ 4.14 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 1 วัน



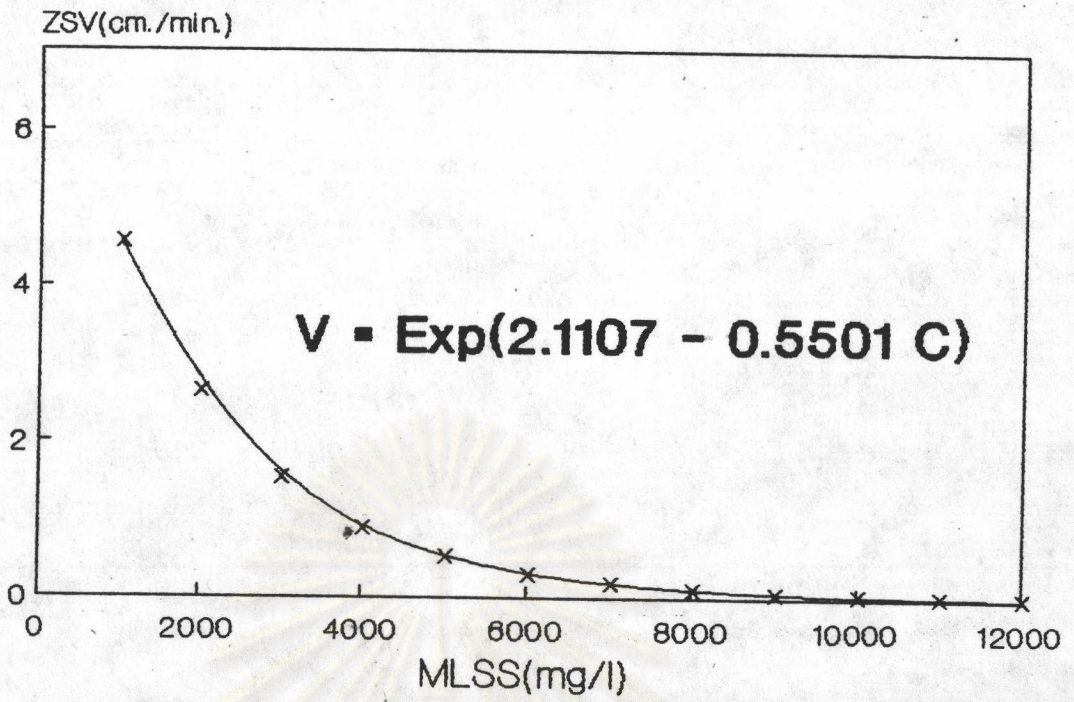


รูปที่ 4.15 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 2 วัน

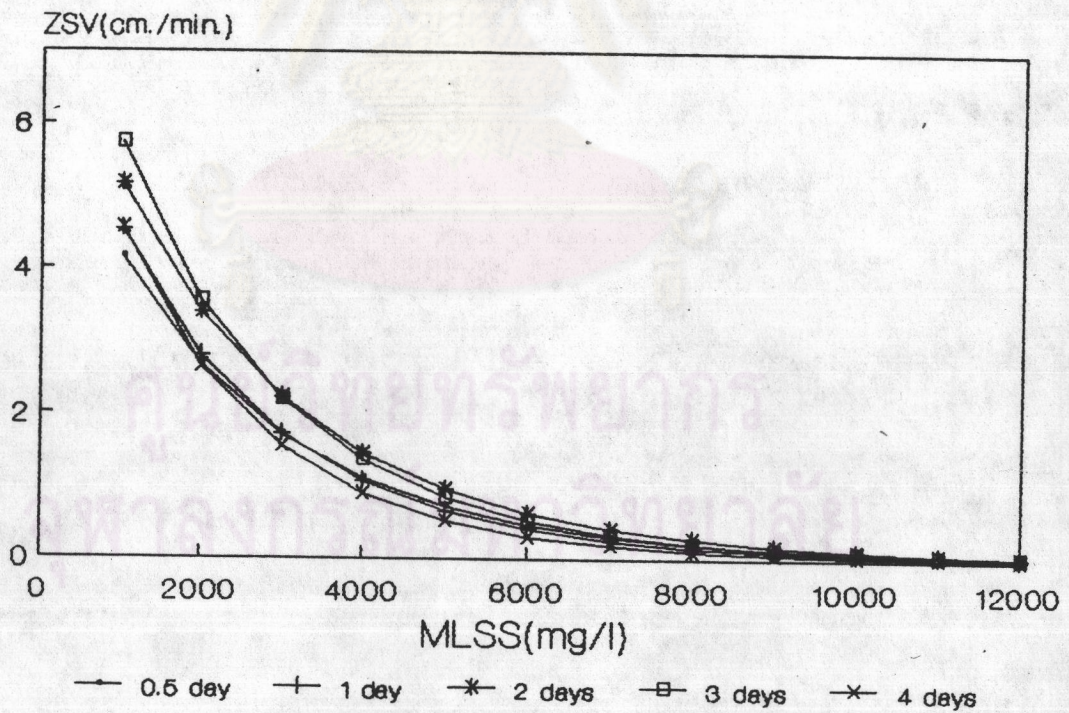


รูปที่ 4.16 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 3 วัน



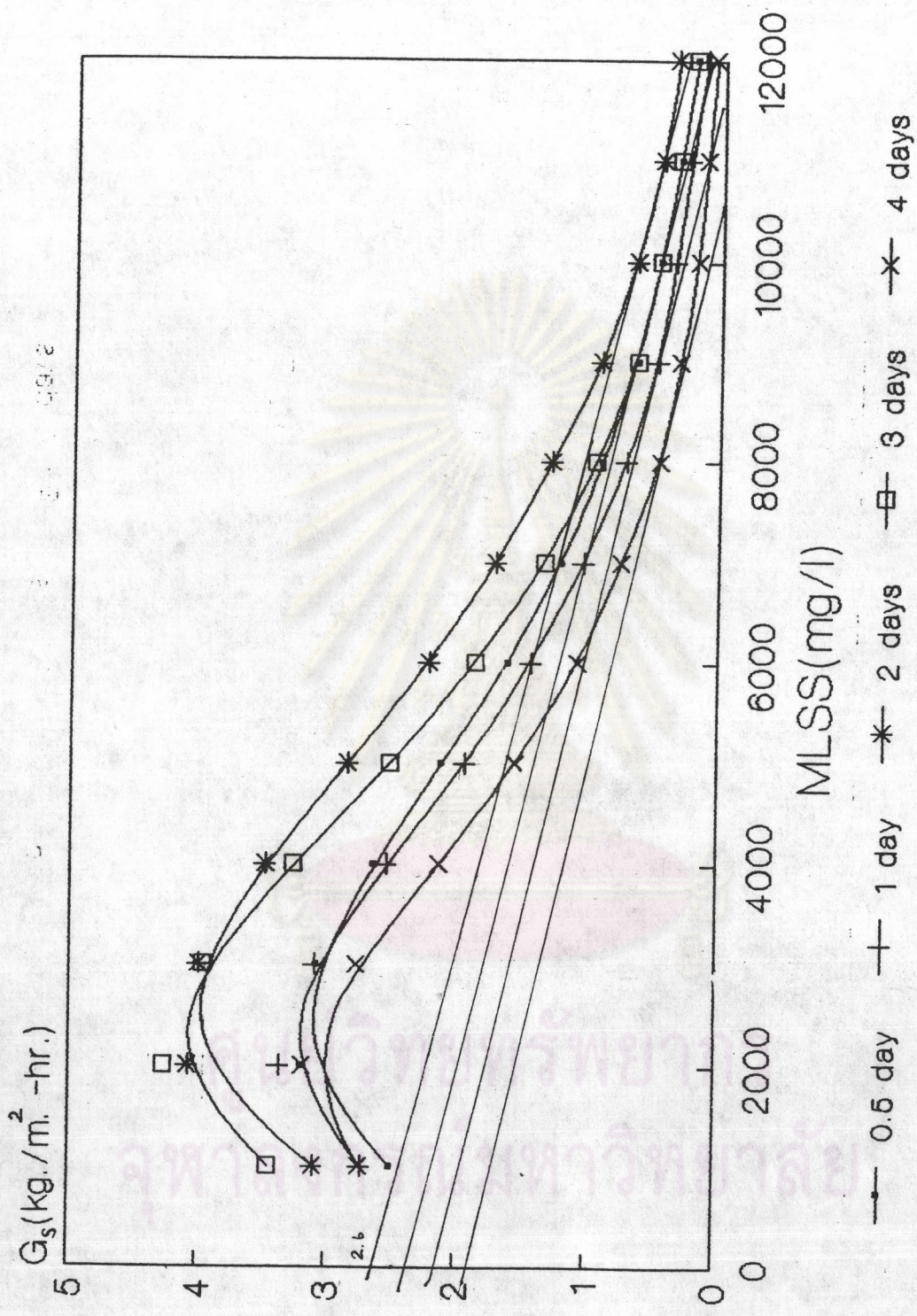


รูปที่ 4.17 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่อายุตะกอน 4 วัน



รูปที่ 4.18 เส้นโค้งเฉลี่ยของความเร็วในการตกตะกอนของ  
ตะกอนเลนที่อายุตะกอนต่างๆ





รูปที่ 4.19 แสดงการหาค่า limiting flux โดยวิธีของโยชิโอกา



เมื่อตะกอนเคลื่อนที่ไปในของเหลว และตะกอนที่มีน้ำหนักร้อย (pinpoint floc) ย่อมตกช้ากว่าตะกอนที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นมาก (zoogloal floc) (17) ผลนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Barahona และ Eckenfelder (37) ที่พบว่า ความเร็วในการตกตะกอนจะเพิ่มขึ้นตามออร์แกนิกโหลดดิ่ง (organic loading, ซึ่งเป็นสัดส่วนกลับกับอายุตะกอน) แต่เมื่อเพิ่มออร์แกนิกโหลดดิ่งถึงระดับหนึ่งแล้ว ความเร็วในการตกตะกอนและการอัดตัวของตะกอนจะลดน้อยลง

แม้ว่าการสร้าง extracellular polymer จะมากขึ้นตามอายุตะกอนก็ตาม แต่ความเร็วในการตกตะกอนที่อายุตะกอน 3 และ 4 วันก็ยังน้อยกว่าที่อายุตะกอน 2 วันอาจเนื่องมาจาก

(1) ที่อายุตะกอน 3 และ 4 วันมีอัตราส่วนระหว่างจุลชีพสร้างเส้นใยกับจุลชีพที่สร้างก้อนปุยไม่สมดุลเท่าที่อายุตะกอน 2 วัน เช่น มีจุลชีพที่สร้างเส้นใยมากไปซึ่งพวกนี้บางชนิดทำให้เกิดตะกอนเบาที่ออร์แกนิกโหลดดิ่งต่ำๆ และบางชนิดก็ทำให้เกิดตะกอนเบาเมื่อมีค่าออกซิเจนละลายในระบบต่ำ (13) Sezgin และคณะ (38) ได้กล่าวไว้ว่า อัตราส่วนระหว่างจุลชีพที่สร้างเส้นใยและจุลชีพที่สร้างก้อนปุยในก้อนปุยของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่กำหนดลักษณะของก้อนปุย ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ไปถึงสมบัติการตกตะกอน

(2) เกิดก้อนปุยจิ๋ว (pinpoint floc) ซึ่งเป็นผลมาจากการคงตัวอีกครั้ง (restabilized) ของก้อนปุยที่อายุตะกอนสูงๆ ทำให้ความสามารถในการตกตะกอนลดลง (3, 21)

(3) เกิดตะกอนเบาพวก zoogloal ที่อายุตะกอนสูงๆ เนื่องมาจากการสะสม extracellular polymer ที่จุลชีพสร้างขึ้น polymer พวกนี้สามารถดูดน้ำได้มาก ทำให้ตะกอนมีน้ำระหว่างเซลล์ (bound water) มากเกินพอ เป็นผลให้ความหนาแน่นลดลงเกิดเป็นตะกอนเบา (36)

การที่ความเร็วในการตกตะกอนที่อายุตะกอน 3 วันมากกว่าความเร็วในการตกตะกอนที่อายุตะกอน 4 วัน สามารถอธิบายได้โดยเหตุผลเดียวกัน

จากการหาค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งจำกัด (limiting flux) ของแต่ละอายุตะกอน โดยวิธีของ โยชิโองา (4) เพื่อดูว่าที่อายุตะกอนใดมีสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งสูงสุด ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณตะกอนตกลงมามากที่สุดในช่วงเวลาเท่ากัน ปรากฏว่าที่อายุตะกอน 2 วันมีสัดส่วนอัตราการรับมวลแข็งสูงสุด รองลงมาคืออายุตะกอน 3 วัน 0.5 วัน 1 วัน และ 4 วันตามลำดับ (รูปที่ 4.19)



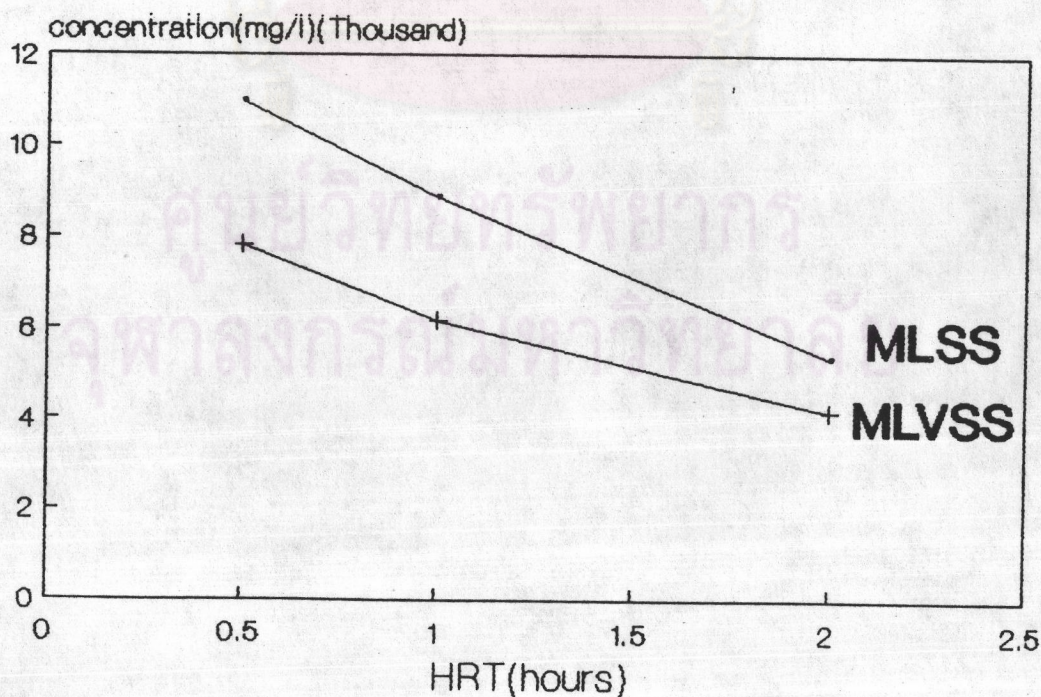
#### 4.2 ผลของเวลากักน้ำ 1 และ ๑.๕ ชั่วโมง

##### 4.2.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหาร

จากผลการทดลองที่เวลากักน้ำ 2 ชม. พบว่าเมื่อควบคุมระบบด้วยค่าอายุตะกอน 2 วันจะได้ตะกอนเลนที่มีความสามารถในการตกตะกอนดีที่สุด และให้ยี่ลด์จากการสังเกต(Y)สูงพอสมควร จึงเลือกค่าอายุตะกอนนี้มาทำการแปรเปลี่ยนเวลากักน้ำเป็น 1 ชม. และ ๑.๕ ชม. ตามลำดับ เพื่อดูผลของเวลากักน้ำที่มีต่อระบบ

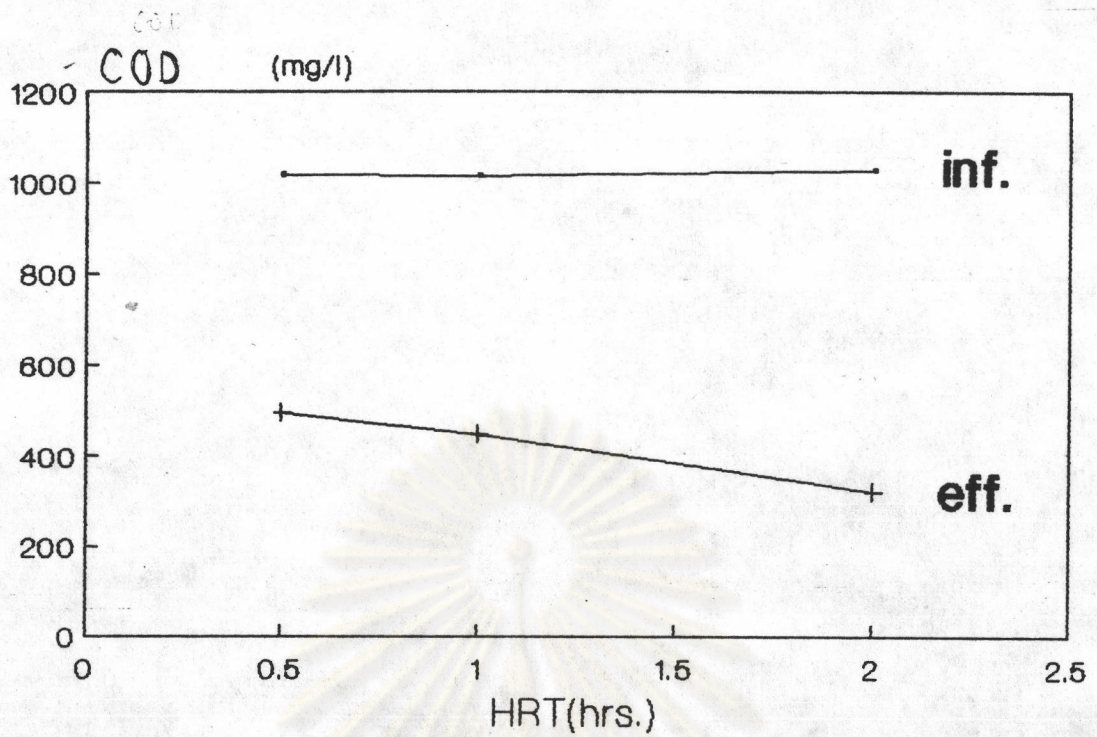
พบว่าเมื่อเวลากักน้ำลดลง สารแขวนลอยและสารแขวนลอยระเหยมีปริมาณเพิ่มขึ้น(รูปที่ 4.2๑) แต่ประสิทธิภาพการกำจัด COD BOD<sub>๕</sub> TKN และ T-PO<sub>๔</sub> ลดลงตามเวลากักน้ำ(รูปที่ 4.21 และ ตารางที่ 4.5)

ที่เวลากักน้ำ 2 ชม. มีประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารสูงที่สุด และมีค่าต่างจากประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารที่เวลากักน้ำ 1 และ ๑.๕ ชม. มาก ยกเว้นประสิทธิภาพการกำจัด BOD<sub>๕</sub> ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน การที่ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารมีแนวโน้มลดลงตามเวลากักน้ำอาจอธิบายได้ว่า เนื่องจากจุลินทรีย์มีเวลาย่อยสลาย (bio-oxidation) อาหารในน้ำทิ้งน้อยลง ทำให้มีสารอาหารบางส่วนที่ยังไม่ถูกย่อยสลายปนมากับน้ำทิ้งออก นอกจากนี้สารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจถูกกำจัดโดยกลไกอื่น

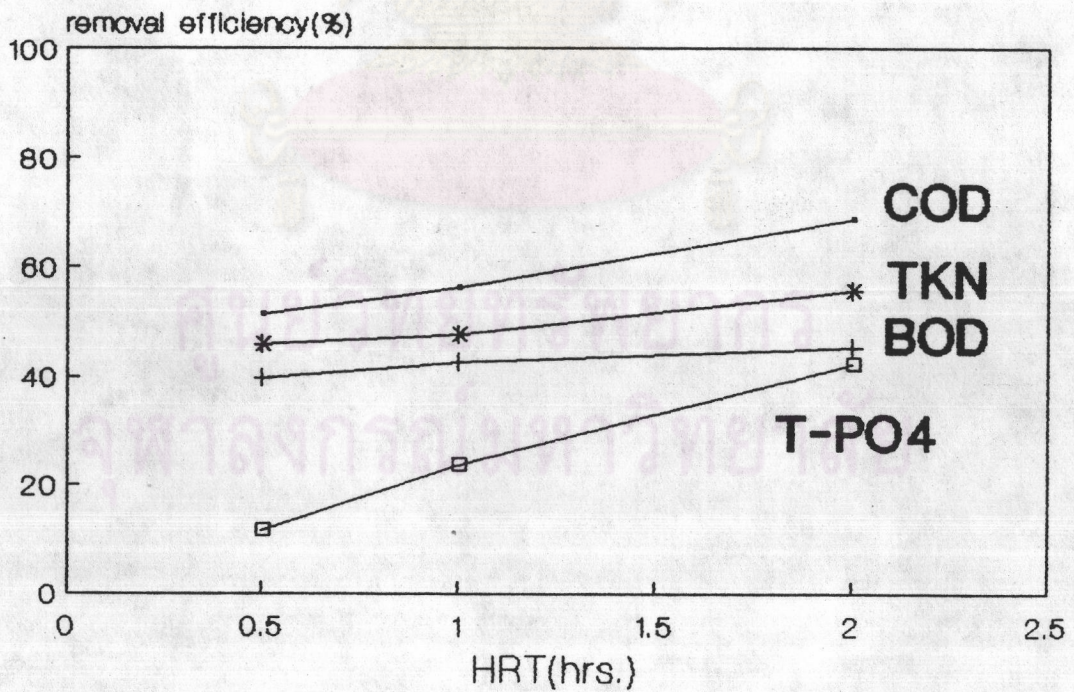


รูปที่ 4.2๑ ปริมาณสารแขวนลอยและสารแขวนลอยระเหยในถังเติมอากาศที่เวลากักน้ำต่างๆ





รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ COD ในน้ำทิ้งเข้าและน้ำทิ้งออกของแต่ละเวลากักน้ำ



รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอาหารที่เวลากักน้ำต่างๆ



เช่น การดูดซับโดยพื้นผิวของก้อนปุย เป็นต้น(32) ในกรณีนี้ใช้อายุตะกอนเท่ากันในการควบคุมระบบ อัตราการใช้สารอาหารและลักษณะของก้อนปุยควรเป็นแบบเดียวกัน แต่จากประสิทธิภาพการกำจัด  $T-PO_4$  แสดงว่าที่เวลากักน้ำ 2 ชม. มีการใช้ฟอสฟอรัสประมาณ 2 เท่าของที่เวลากักน้ำ 1 ชม. และที่เวลากักน้ำ 1 ชม. ก็มีการใช้ฟอสฟอรัสประมาณ 2 เท่าของที่เวลากักน้ำ 0.5 ชม. ซึ่งสอดคล้องกับเวลากักน้ำ อาจสรุปได้ว่าเวลา

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์บางตัวที่สภาวะคงที่ของเวลากักน้ำแต่ละค่าที่อายุตะกอน 2 วัน

| HRT<br>(hrs.) | MLSS<br>(mg/l) | MLVSS<br>(mg/l) | ISS<br>(mg/l) | ESS<br>(mg/l) | removal efficiency(%) |                  |      |                   |
|---------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------|------|-------------------|
|               |                |                 |               |               | COD                   | BOD <sub>5</sub> | TKN  | T-PO <sub>4</sub> |
| 0.5           | 10987          | 7817            | 432           | 32            | 51.3                  | 39.6             | 45.9 | 11.6              |
| 1             | 8885           | 6173            | 419           | 27            | 56.1                  | 42.6             | 47.6 | 23.5              |
| 2             | 5367           | 4162            | 388           | 21            | 68.8                  | 45.3             | 55.6 | 42.2              |

กักน้ำมีผลต่อการดูดซับสารอาหารของก้อนปุย

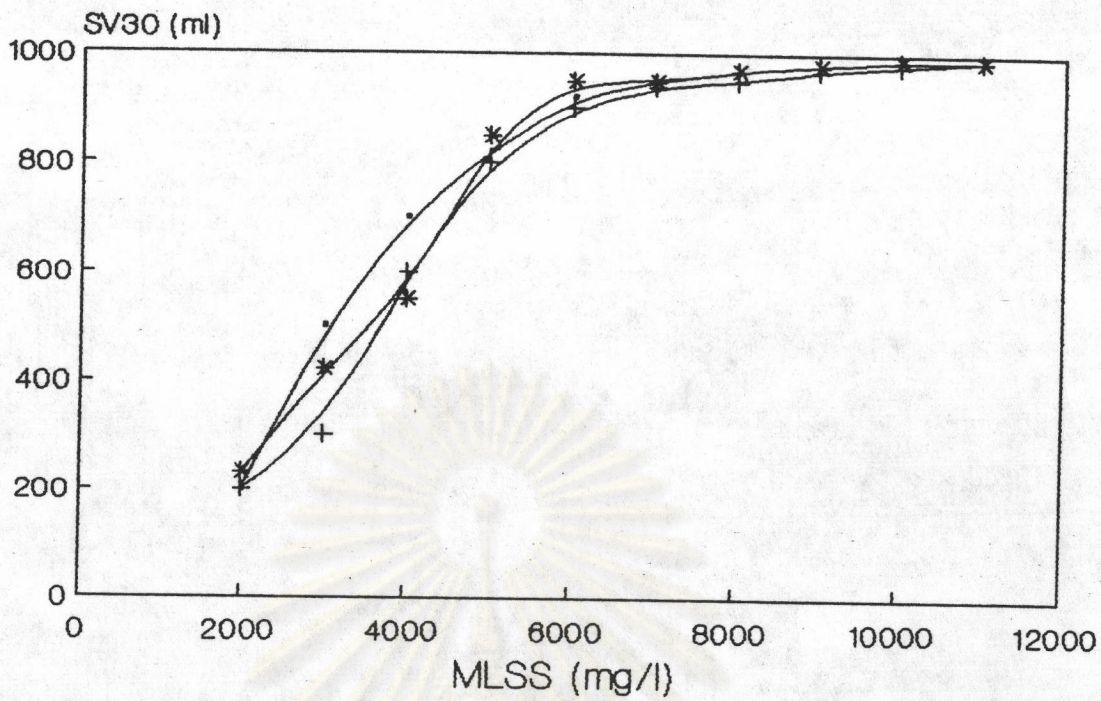
การที่สารแขวนลอยในน้ำที่ออกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเวลากักน้ำลดลงอาจอธิบายได้ว่า เมื่อมีสารอาหารผ่านระบบต่อเวลามากขึ้น สารอาหารที่ไม่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะออกมากับน้ำที่ออกมากขึ้นด้วย สารอาหารพวกนี้โดยเฉพาะที่เป็นของแข็งในน้ำที่เข้าที่ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และไม่สามารถย่อยสลายได้ มีผลเพิ่มปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณสารอินทรีย์(COD) ในน้ำที่ออก(34)

#### 4.2.2 ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลน

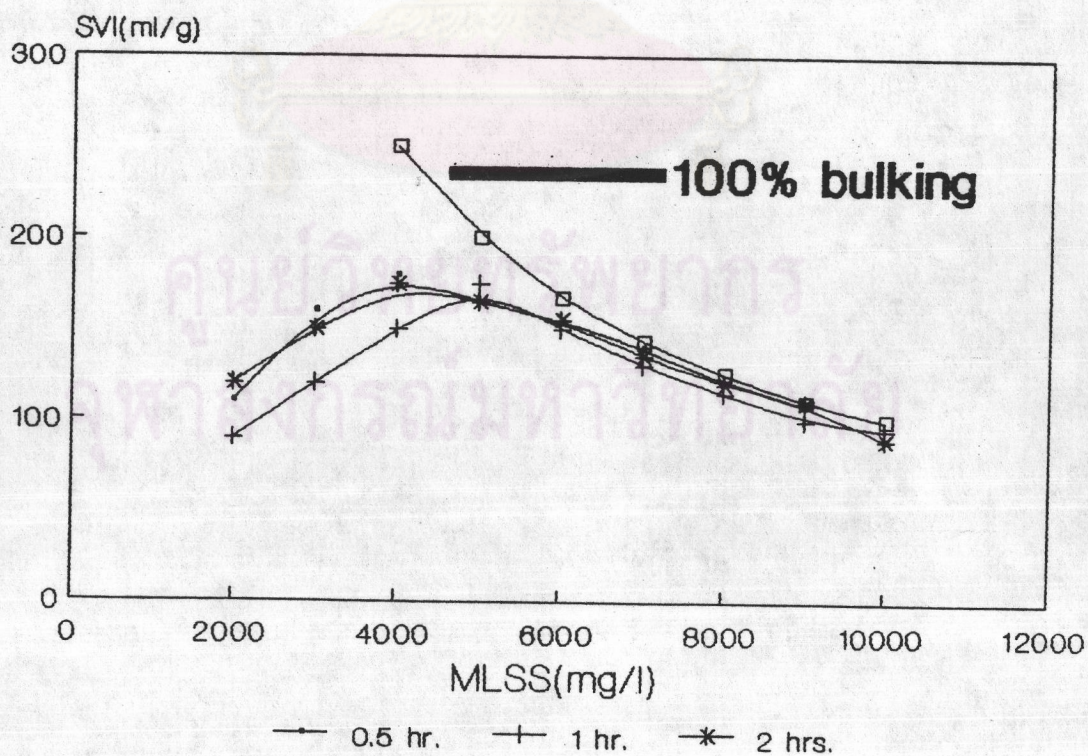
ก) ปริมาตรตะกอนเลนเมื่อเวลา 30 นาทีและดัชนีปริมาตรตะกอนเลน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรตะกอนเลนเมื่อเวลา 30 นาทีที่เวลากักน้ำต่างๆเป็นเช่นเดียวกับค่า  $SV_{30}$  ของแต่ละอายุตะกอน และเมื่อเปรียบเทียบค่า  $SV_{30}$  ที่ความเข้มข้นของน้ำตะกอนระหว่าง 1500-5000 มก./ล. ของแต่ละเวลากักน้ำ พบว่า





รูปที่ 4.23 ค่า SV<sub>30</sub> ของตะกอนเลนอายุ 2 วันที่เวลากักน้ำต่างๆ



รูปที่ 4.24 ค่า SVI ของตะกอนเลนอายุ 2 วันที่เวลากักน้ำต่างๆ



มีอัตราการเพิ่มของปริมาตรใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.23) แต่ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตะกอนน้อยกว่า 5000 มก./ล. ค่า SVI ที่เวลากักน้ำ 2 ชม. มีค่าสูงสุดคืออยู่ระหว่าง 100-220 มล./ก. รองลงมาคือที่เวลากักน้ำ 0.5 ชม. มีค่า SVI อยู่ระหว่าง 120 ถึง 200 มล./ก. และที่เวลากักน้ำ 1 ชม. มีค่า SVI ต่ำสุดคืออยู่ระหว่าง 80-180 มล./ก. (รูปที่ 4.24)

#### ข) ความเร็วในการตกตะกอนแบบโชน

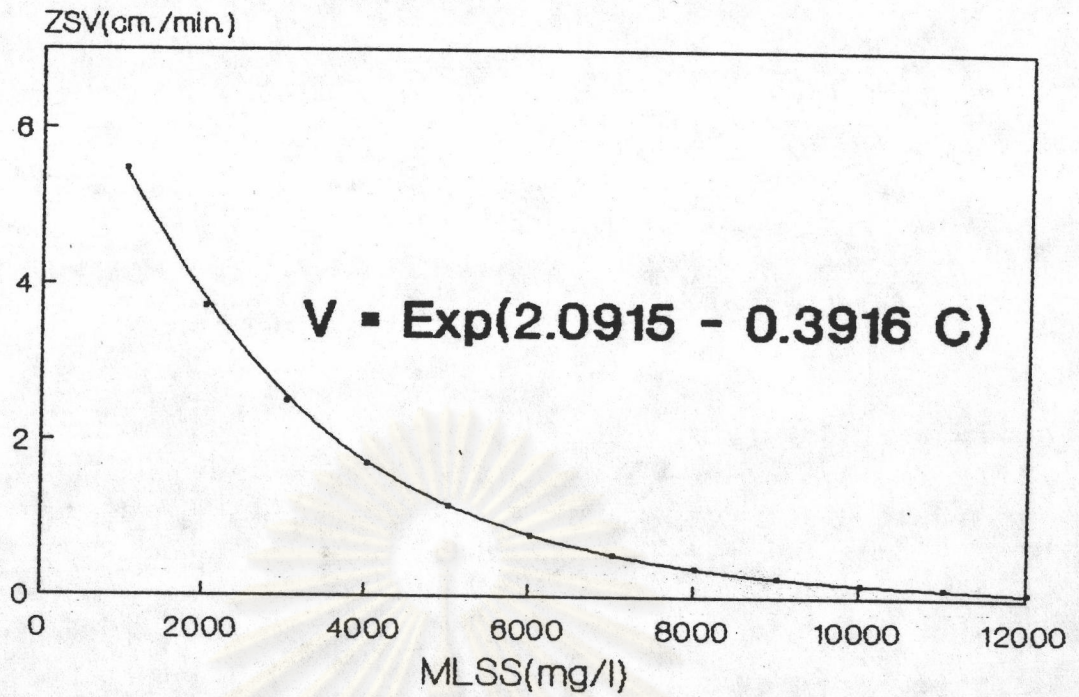
เมื่อทำการทดลองวัดความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนอายุ 2 วัน ที่เวลากักน้ำ 1 และ 0.5 ชม. แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์การถดถอยในรูปแบบการเอกซ์โปเนนเชียล เปรียบเทียบกับสมการการถดถอยของความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนอายุ 2 วัน ที่เวลากักน้ำ 2 ชม. ได้ผลดังตารางที่ 4.6 (รูปที่ 4.25 และ 4.26)

ตารางที่ 4.6 สมการของความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนอายุ 2 วัน ที่เวลากักน้ำต่างๆ

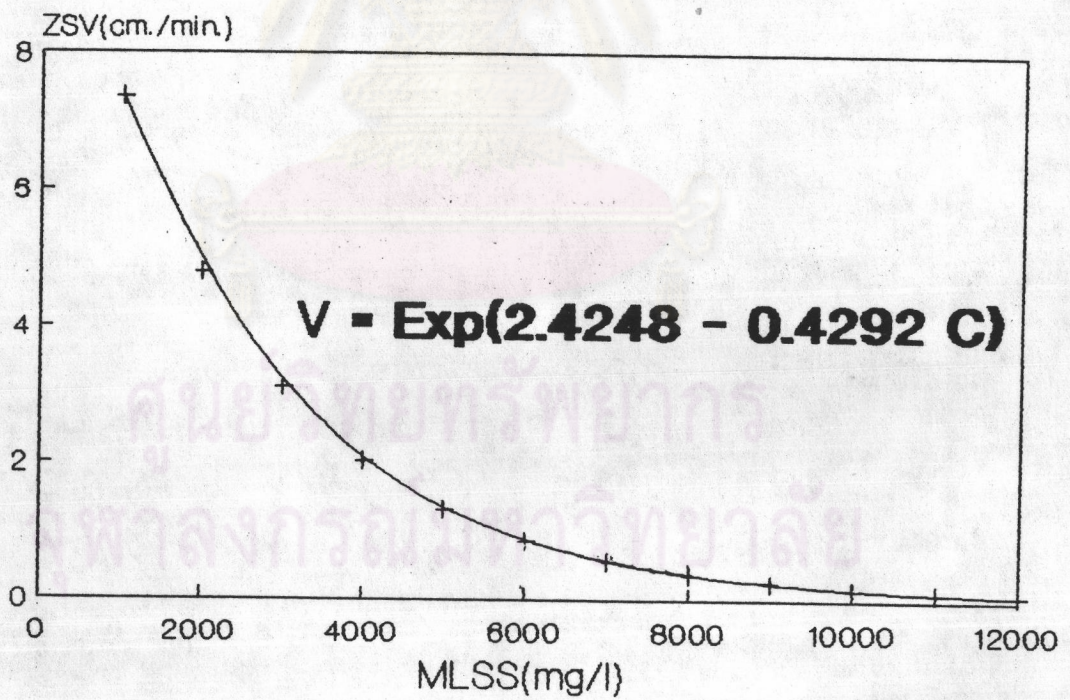
| HRT<br>(hrs.) | exponential regression equations    |
|---------------|-------------------------------------|
| 0.5           | $V = \text{Exp}(2.0915 - 0.3916 C)$ |
| 1             | $V = \text{Exp}(2.4248 - 0.4292 C)$ |
| 2             | $V = \text{Exp}(2.0669 - 0.4235 C)$ |

เมื่อเปรียบเทียบลำดับความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนที่เวลากักน้ำต่างๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสมการถดถอยแล้ว พบว่าที่เวลากักน้ำ 1 ชม. มีความเร็วในการตกตะกอนมากที่สุด รองลงมาคือที่เวลากักน้ำ 0.5 และ 2 ชม. ตามลำดับ (รูปที่ 4.27) ลำดับนี้เป็นเช่นเดียวกับค่าสัดส่วนอัตราการรับมวลแห้งจำกัด (รูปที่ 4.28) และสอดคล้องกับค่า SVI การที่ความเร็วในการตกตะกอนที่เวลากักน้ำสั้นมีค่ามากกว่าที่เวลากักน้ำยาว อาจเนื่องจากสารอาหารหรือ pollutant ในน้ำทิ้งที่เกาะเกี่ยวกับ extracellular polymer ภายในเซลล์จุลินทรีย์ (19) หรือถูกดูดซับอยู่ที่พื้นผิวของก้อนปุ๋ย (32) ไม่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายหรือถูกย่อยสลายเพียงบางส่วน เพราะน้ำทิ้ง



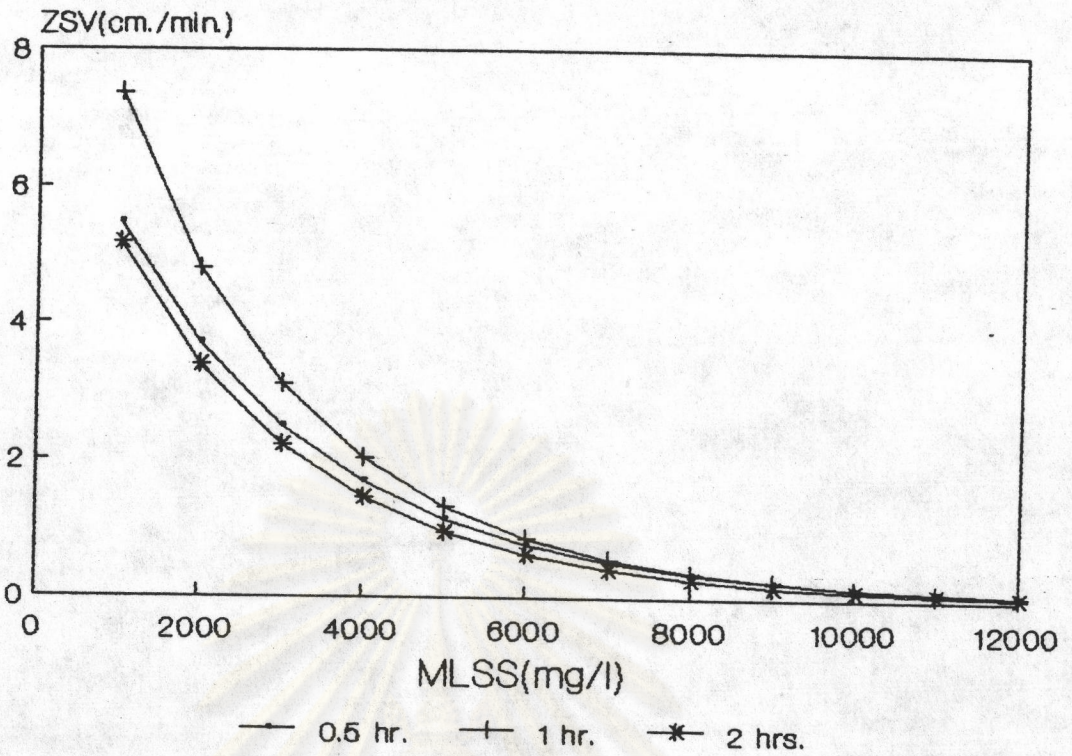


รูปที่ 4.25 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนอายุ 2 วันที่  
เวลากักน้ำ 0.5 ชั่วโมง

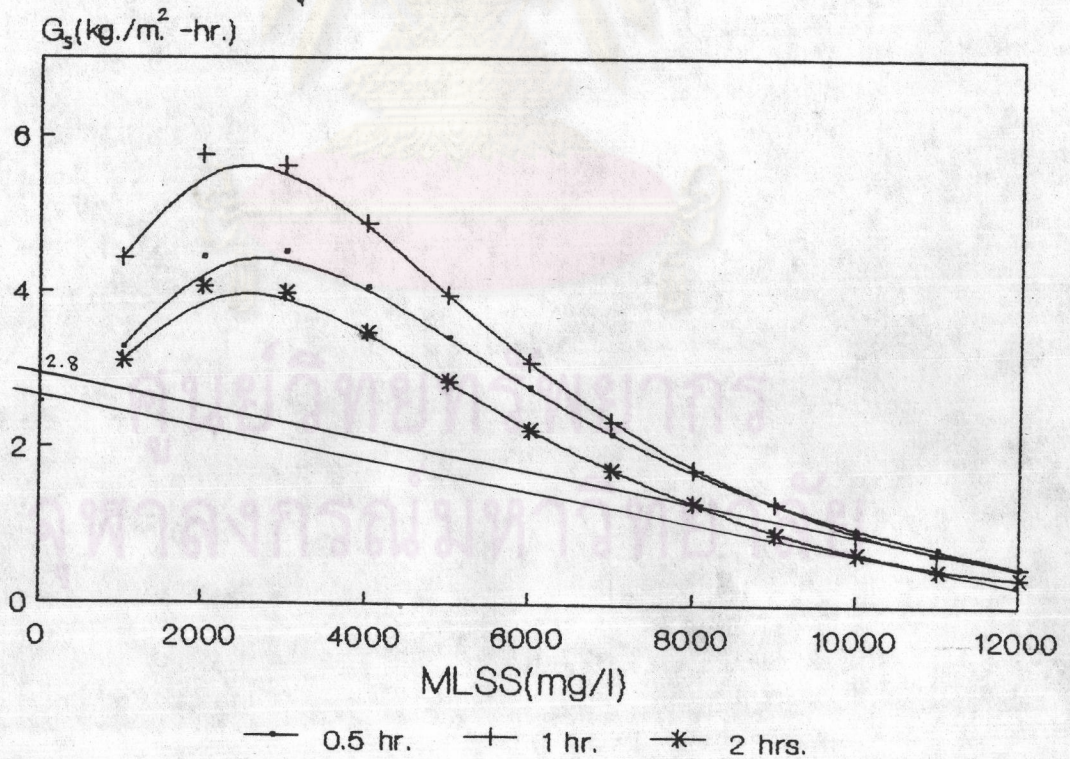


รูปที่ 4.26 ความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลนอายุ 2 วันที่  
เวลากักน้ำ 1 ชั่วโมง





รูปที่ 4.27 เส้นโค้งเฉลี่ยของความเร็วในการตกตะกอนของตะกอนเลน อายุ 2 วัน ที่เวลากักน้ำต่างๆ



รูปที่ 4.28 แสดงการหาค่า limiting flux ที่เวลากักน้ำต่างๆ



ผ่านระบบไปอย่างรวดเร็ว สารอาหารเหล่านี้ช่วยเพิ่มน้ำหนักของก้อนปุ๋ย ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการตกตะกอนที่อาศัยแรงโน้มถ่วงเป็นสำคัญ และความเร็วในการตกตะกอนที่เวลากักน้ำ 1 ชม.มากกว่าที่เวลากักน้ำ 0.5 ชม. คาดว่าเป็นผลมาจากช่วงเวลาในการกักน้ำ โดยที่เวลากักน้ำ 0.5 ชม. อัตราการเกาะเกี่ยวระหว่างจุลชีวินกับสารอาหารจะน้อยกว่าที่เวลากักน้ำ 1 ชม. เนื่องจากมีน้ำที่ผ่านระบบต่อเวลามากกว่า

#### 4.3 ปริมาณโปรตีนในตะกอนเลน

เมื่อทำการหาปริมาณโปรตีนในตะกอนเลนด้วยวิธีของ Lowry (29) เพื่อเปรียบเทียบกับวิธี Kjeldahl (28) ปรากฏว่ามีปัญหาในการย่อยตะกอน (hydrolyzed) เพื่อให้โปรตีนในเซลล์ออกมาอยู่ในสารละลาย เนื่องจากสารละลายที่ย่อยได้ (hydrolysate) มีสี ซึ่งจะส่งผลแทรกแซง (interfere) ปริมาณโปรตีนที่แท้จริง เพราะวิธีของ Lowry เป็นการวัดความเข้มของสีของสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับโปรตีนในตัวอย่าง โดยความเข้มของสีจะบอกถึงปริมาณโปรตีนว่ามีมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้สารเคมีที่ใช้ก็ไม่สามารถย่อยตะกอนให้หมดได้ จึงได้ทำการหาปริมาณโปรตีนในน้ำส่วนบน (supernate) ของตะกอนเลนที่ทำการตกตะกอนโดยวิธี เซนตริฟิวจ์แล้ว ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโปรตีนในตะกอนเลนเมื่อใช้ Lowry's Method

| $\theta_c$<br>(days) | HRT<br>(hrs.) | Protein contents<br>(mg/g dry wt. sludge) |
|----------------------|---------------|---|
| 0.5                  | 2             | 31.5                                      |
| 1                    | 2             | 65.9                                      |
| 2                    | 0.5           | 38.3                                      |
| 2                    | 1             | 50.0                                      |
| 2                    | 2             | 68.9                                      |
| 3                    | 2             | 65.0                                      |
| 4                    | 2             | 62.7                                      |

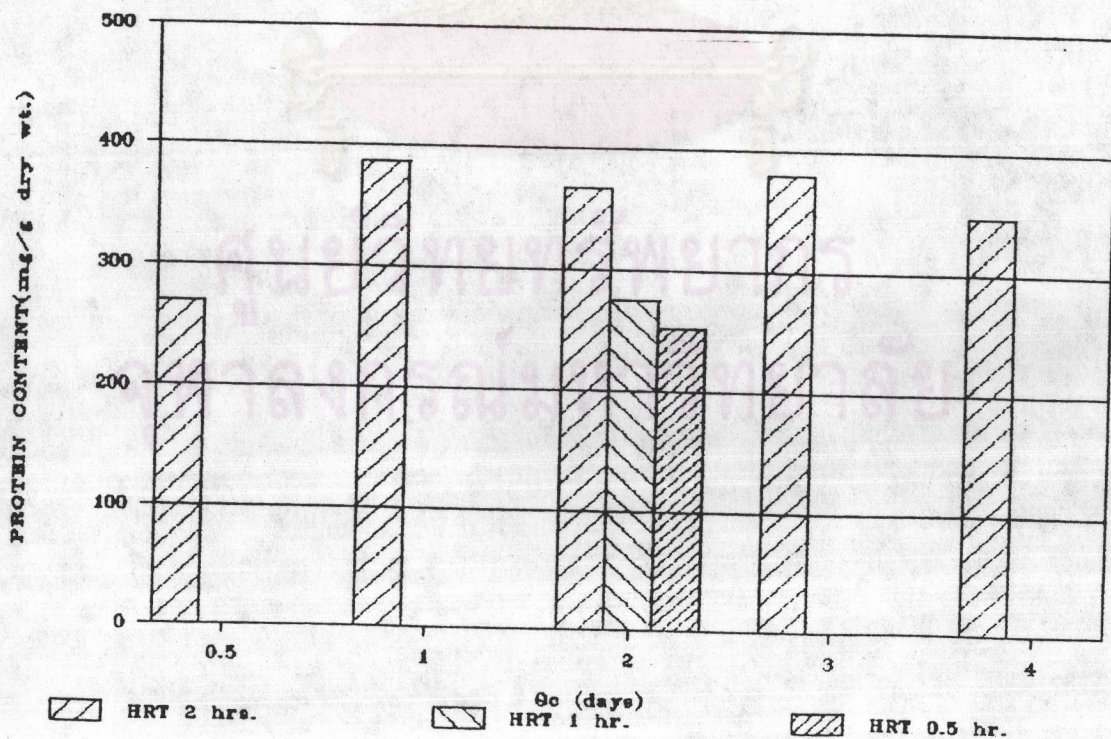
ส่วนปริมาณโปรตีนที่หาโดยวิธี Kjeldahl ได้ผลดังตารางที่ 4.8 จะเห็นว่า



ปริมาณโปรตีนในน้ำส่วนบนของตะกอนเลนมีสัดส่วนเพียง 10-20 % ของปริมาณโปรตีนในตะกอนเลนทั้งหมดที่หาโดยวิธี Kjeldahl แสดงว่าปริมาณโปรตีนส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในเซลล์ชีพที่ตกตะกอน ซึ่งในการทดลองนี้ไม่สามารถนำออกมาได้

ตารางที่ 4.8 ปริมาณโปรตีนในตะกอนเลนเมื่อใช้ Kjeldahl's Method

| $\theta_c$<br>(days) | HRT<br>(hrs.) | Protein contents<br>(mg/g dry wt. sludge) |
|----------------------|---------------|---|
| 0.5                  | 2             | 269.2                                     |
| 1                    | 2             | 386.4                                     |
| 2                    | 0.5           | 253.2                                     |
| 2                    | 1             | 275.7                                     |
| 2                    | 2             | 367.4                                     |
| 3                    | 2             | 380.0                                     |
| 4                    | 2             | 346.3                                     |



รูปที่ 4.29 ปริมาณโปรตีนที่อายุตะกอนและเวลากักน้ำต่างๆ



ส่วนปริมาณโปรตีนที่หาโดยวิธี Kjeldahl ที่อายุตะกอนและเวลากักน้ำต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.29 ที่อายุตะกอน 1 วันและ 3 วันให้ปริมาณโปรตีนสูงสุด โดยที่อายุตะกอน 1 วันมีปริมาณมากกว่าเล็กน้อย รองลงมาคือที่อายุตะกอน 2 4 และ 0.5 วัน ตามลำดับ การที่ปริมาณโปรตีนแต่ละค่าอายุตะกอนแตกต่างกันทั้งที่มีอัตราการใช้ไนโตรเจนใกล้เคียงกัน(ตารางที่ 4.1) อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของจุลชีพในระบบ ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละอายุตะกอน(8) หรือเนื่องมาจากสารอาหารไนโตรเจนที่เติมลงไปในระบบคือ  $NH_4Cl$  ยังคงเหลืออยู่ในน้ำตะกอน เมื่อนำน้ำตะกอนนั้นมาหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ก็จะทำให้ปริมาณมากกว่าความเป็นจริง เพราะ  $NH_4Cl$  เมื่อนำไป digest จะให้  $NH_3$  เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ที่อายุตะกอนเดียวกัน(2 วัน)ปริมาณโปรตีนลดลงตามเวลากักน้ำ อาจเนื่องจากที่เวลากักน้ำยาวจุลชีพสามารถดูดซับไนโตรเจนได้มากกว่าที่เวลากักน้ำสั้น และปริมาณโปรตีนที่หาโดยวิธี Kjeldahl นี้เป็นผลคูณระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด(TKN)ในตะกอนคูณกับ conversion factor (มีค่าประมาณ 6.25)(26) ดังนั้นการที่มีไนโตรเจนในน้ำตะกอนหรือตะกอนเลนมากกว่าจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนมากกว่าด้วย

ศูนย์วิทยพัชรากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย