บทที่ 4

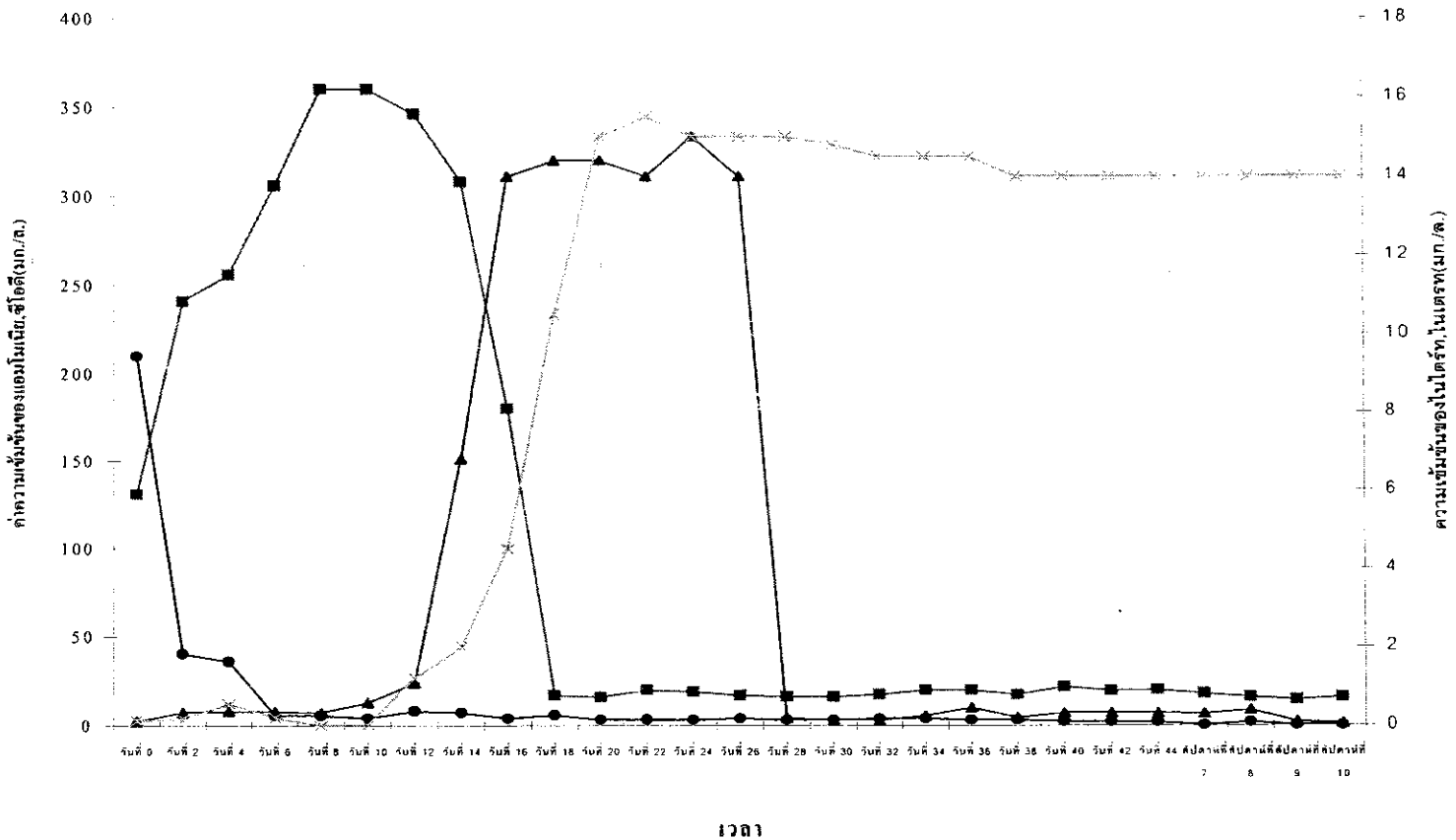
ผลการทดลอง

ในการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดแบบจุลินทรีย์แขวนลอยและแบบจุลินทรีย์บนตัวยึดเกาะ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ ที่นำมาทำการวิจัยและเพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวกลางสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะในระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการทดลอง ซึ่งการทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบSCAS SBR และBSC โดยใช้ตัวกลางสำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ 6 ชนิด คือ โรล์ม้วนผม ออกซิบอล ไม้ไผ่ ไม้ระกำ รังบวบ และหลอด สำหรับพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาได้แก่ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ซีโอดี ออโธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และชีวมวล สถานที่ที่ทำการศึกษา ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จากผลการวิเคราะห์สามารถแสดงผลการศึกษาเรียงตามพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาดังนี้

การกำจัดไนโตรเจนและอินทรีย์สาร

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SCAS

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10 %ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) ผสมให้เข้ากัน แล้วจึงดำเนินการเริ่มเดินระบบโดย เติมอากาศ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงหยุดเติมอากาศและปล่อยให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง ต่อจากนั้นจึงนำน้ำเสียออกจากระบบและเติมน้ำเสียสังเคราะห์ใหม่เข้าไปในระบบในปริมาตรที่เท่ากัน เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดีลดลงจาก 210 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 40.31 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 81 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และตั้งแต่วันที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ค่าซีโอดี มีค่าเฉลี่ยประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SCAS (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 131 มิลลิกรัมต่อลิตร และเริ่มเพิ่มขึ้นในวันถัดมา จนกระทั่งในวันที่ 8 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียมีค่าสูงสุด (360 มิลลิกรัมต่อลิตร) หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงเฉลี่ยต่ำกว่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 18 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

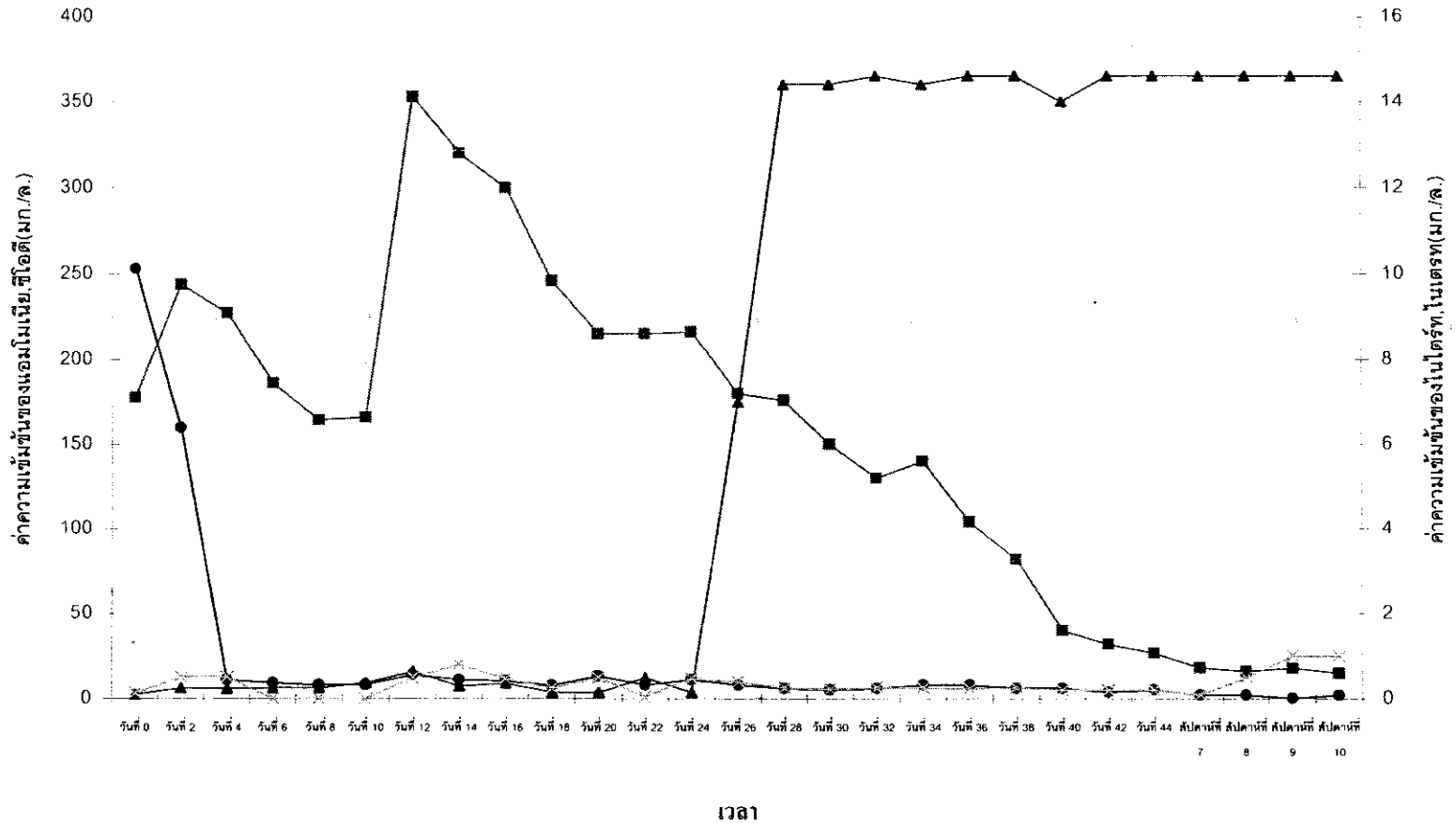
สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ระหว่าง 8 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.10-0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 16 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (14 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่เป็นเวลา 12 วัน ซึ่งหลังการทดลองวันที่ 28 พบว่าค่าไนไตร์ทลดลง มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วง 10 วันแรก ของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.12-0.96 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรทมีค่าเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 20 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 11

2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR

เริ่มต้นการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อปริมาตร 900 มล. (10% ของบริมาตรน้ำเสียที่บำบัด) ผสมให้เข้ากัน แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือ เติมอากาศ 5 ชั่วโมง ปล่อยให้ตกตะกอน 1.5 ชั่วโมง นำน้ำเสียออก 0.5 ชั่วโมง และไม่เติมอากาศอีก 17 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงเติมน้ำเสียสังเคราะห์เข้าสู่ระบบ นำตัวอย่างน้ำที่ได้มาทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดี ลดลงจาก 253 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 11 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 96ในวันที่ 4 ของการทดลอง ซึ่งมีค่าซีโอดีค่าเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 12

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 178 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงเป็น 165 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 10 แล้วเริ่มเพิ่มขึ้นเป็น 353 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 12 ของการทดลอง หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 40 และคงที่ที่ระดับนี้จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน × ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

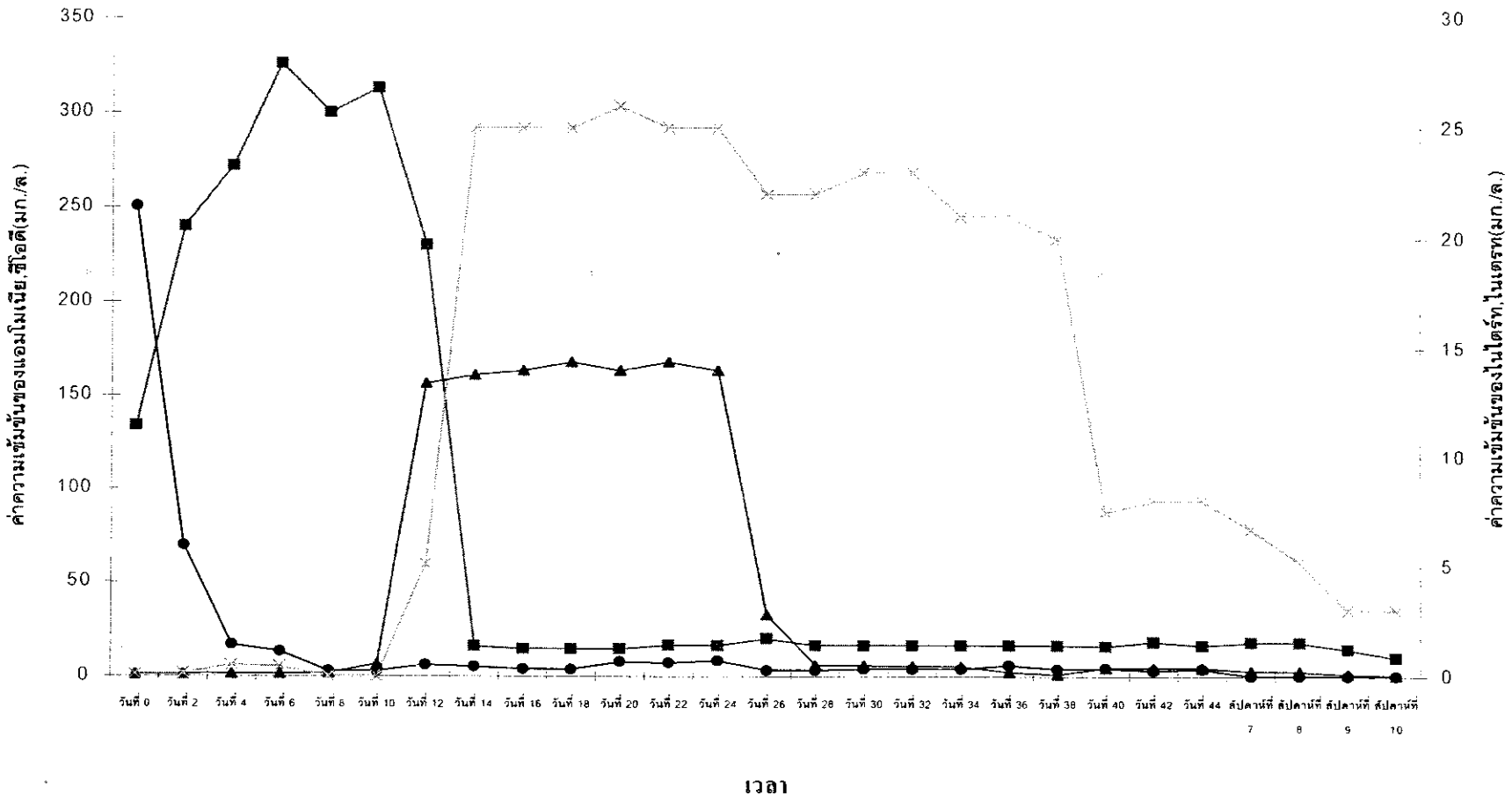
สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 24 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.10-0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 26 และคงที่ตลอดการทดลอง และจากการศึกษาค่าไนเตรท-ไนโตรเจน พบว่า ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR นี้ไม่มีไนเตรท-ไนโตรเจนเกิดขึ้น แสดงดังภาพที่ 12

3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบโรล์ม้วนผม

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10 %ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำโรล์ม้วนผมที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ ผสมให้เข้ากันในถังปฏิกิริยา แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือ เติมอากาศ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดีลดลงจาก 251 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 69.58 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 72 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 13

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 134 มิลลิกรัมต่อลิตร และเริ่มเพิ่มขึ้นในวันถัดมา จนกระทั่งในวันที่ 6 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (326 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่อจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 14

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ระหว่าง 10 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.10-0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 12 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว(13.40 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 12 วัน จึงลดลงมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิต ในวันที่ 28 ของการทดลอง



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดโรล์ม้วนผม (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

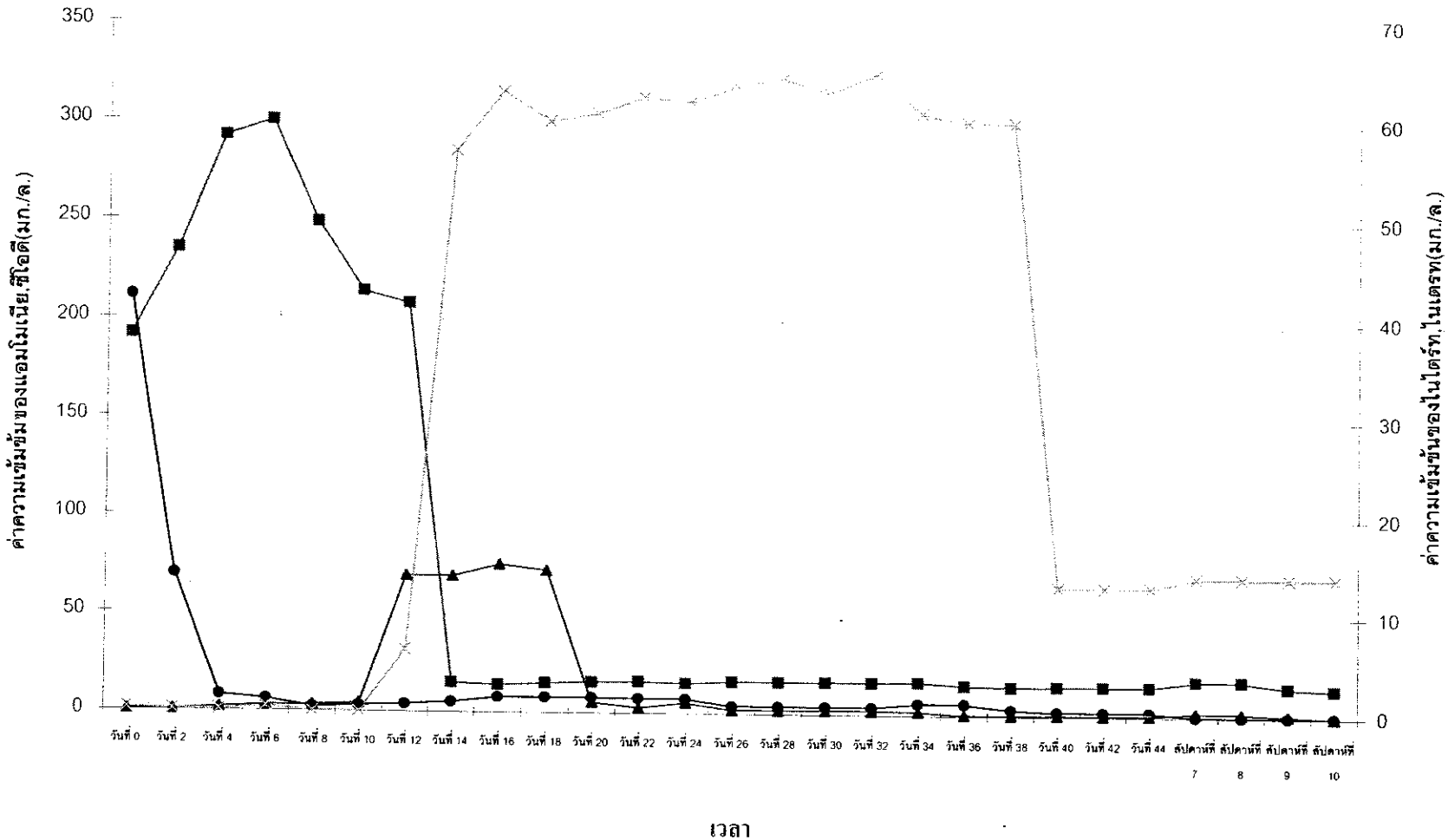
และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 14 และคงที่เป็นเวลา 10 วัน ก่อนที่จะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งมีค่า 7.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 40 ต่อจากนั้นจะลดลงอีกจนกระทั่งมีค่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 13

4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบ ออกซิบอล

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10% ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำออกซิบอลที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ ผสมให้เข้ากันในถังปฏิกิริยา แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือ เติมอากาศ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดี ลดลงจาก 212 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 69.58 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 67 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดี เฉลี่ยต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 14

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 192 มิลลิกรัมต่อลิตร และเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งในวันที่ 4 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (292 มิลลิกรัมต่อลิตร) หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 18 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 14 และมีค่าคงที่อยู่ในระดับนี้จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 10 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.10-0.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 12 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (13.80 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 8 วัน จึงลดลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 20 และคงที่ที่ระดับนี้จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดออกซิบอล (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน × ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วง 10 วันแรกของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.29-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 57 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 14 ของการทดลองและคงที่เป็นระยะเวลา 24 วัน ซึ่งในวันที่ 40 พบว่ามีค่าไน เตรทลดลงเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 14

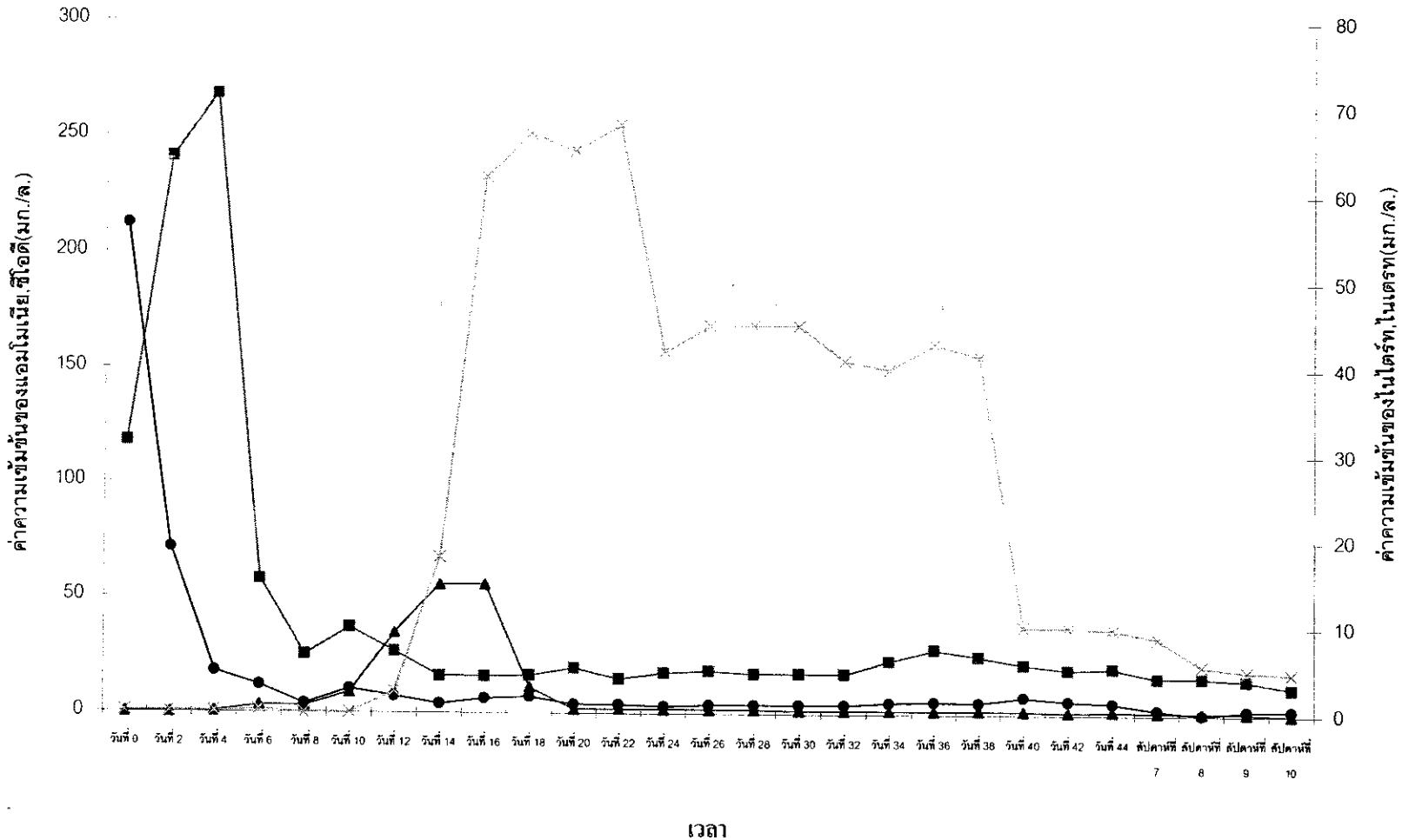
5. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบ ไม้ไผ่

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10%ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำไม้ไผ่ที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดี ลดลงจาก 212 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 71.52 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 66 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 15

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 118 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 2 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (241 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่อจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 12

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 8 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.26-0.84 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 14 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (14.80 มิลลิกรัมต่อลิตร) แล้วจึงลดลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 20 ของการทดลอง

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วง 10 วันแรกของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.13-0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 62 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 16 ของการทดลอง หลังจากนั้นจึงมีค่าลดลงเท่ากับ 42 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 24 และคงที่เป็นระยะเวลา 14 วันก่อนที่จะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 40 ดังแสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดไม้ไผ่ (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

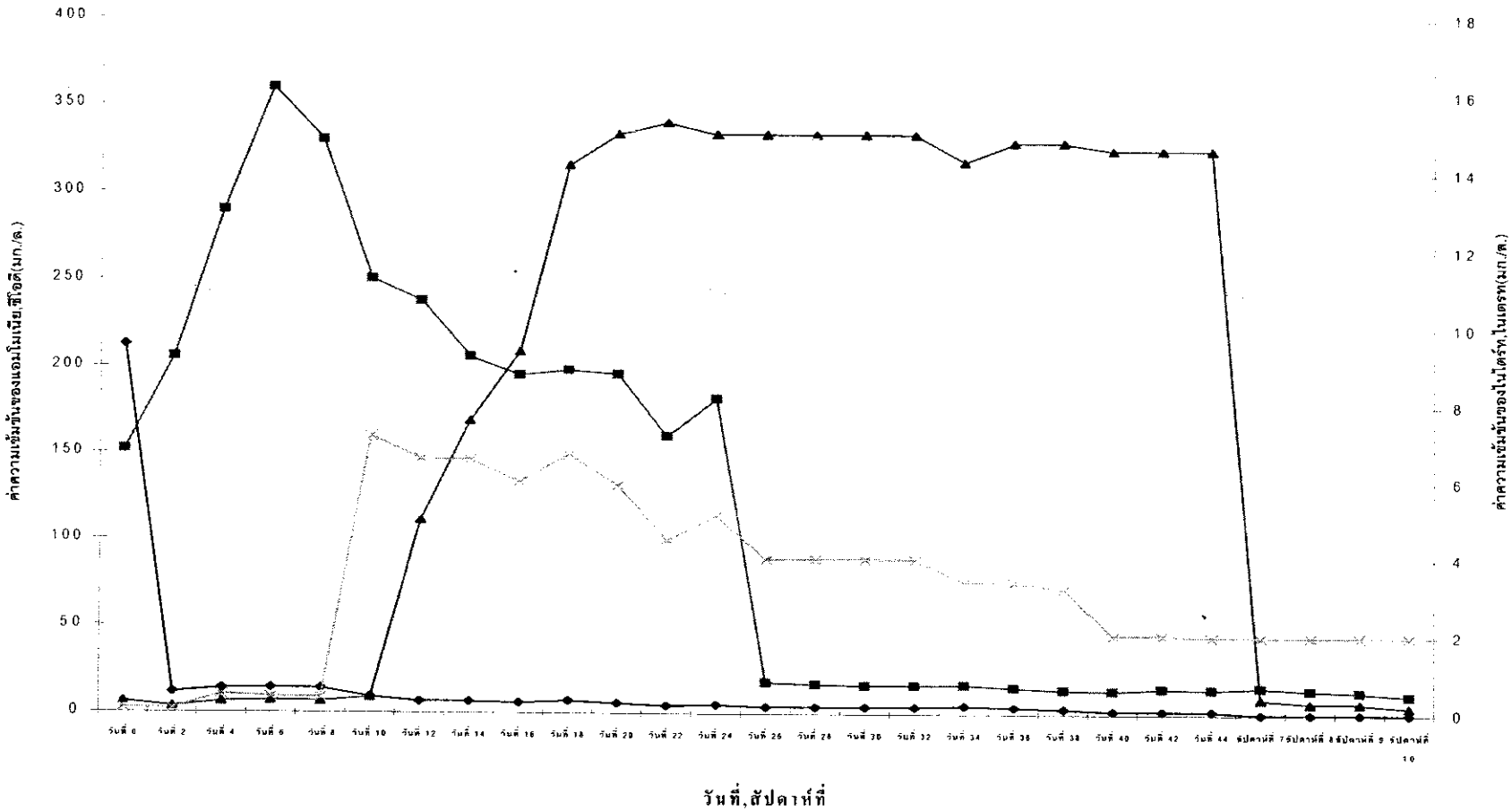
6. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบไม้ระกำ

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10%ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำไม้ระกำที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากันในถังปฏิกิริยา แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือเติมอากาศ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดี ลดลงจาก 213 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 11.75 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 94 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 10 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 16

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 152 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในวันถัดไป จนกระทั่งในวันที่ 6 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (มีค่า 360 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่อจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 26

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 12 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.29-0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 18 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (14.20 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 26 วัน จึงลดลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 7 ของการทดลอง

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วง 8 วันแรกของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.12-0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยในวันที่ 10 ของการทดลองปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (มีค่า 7.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งมีค่าไนเตรทเฉลี่ยเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 44 ของการทดลอง และคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดไม้ระกำ (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

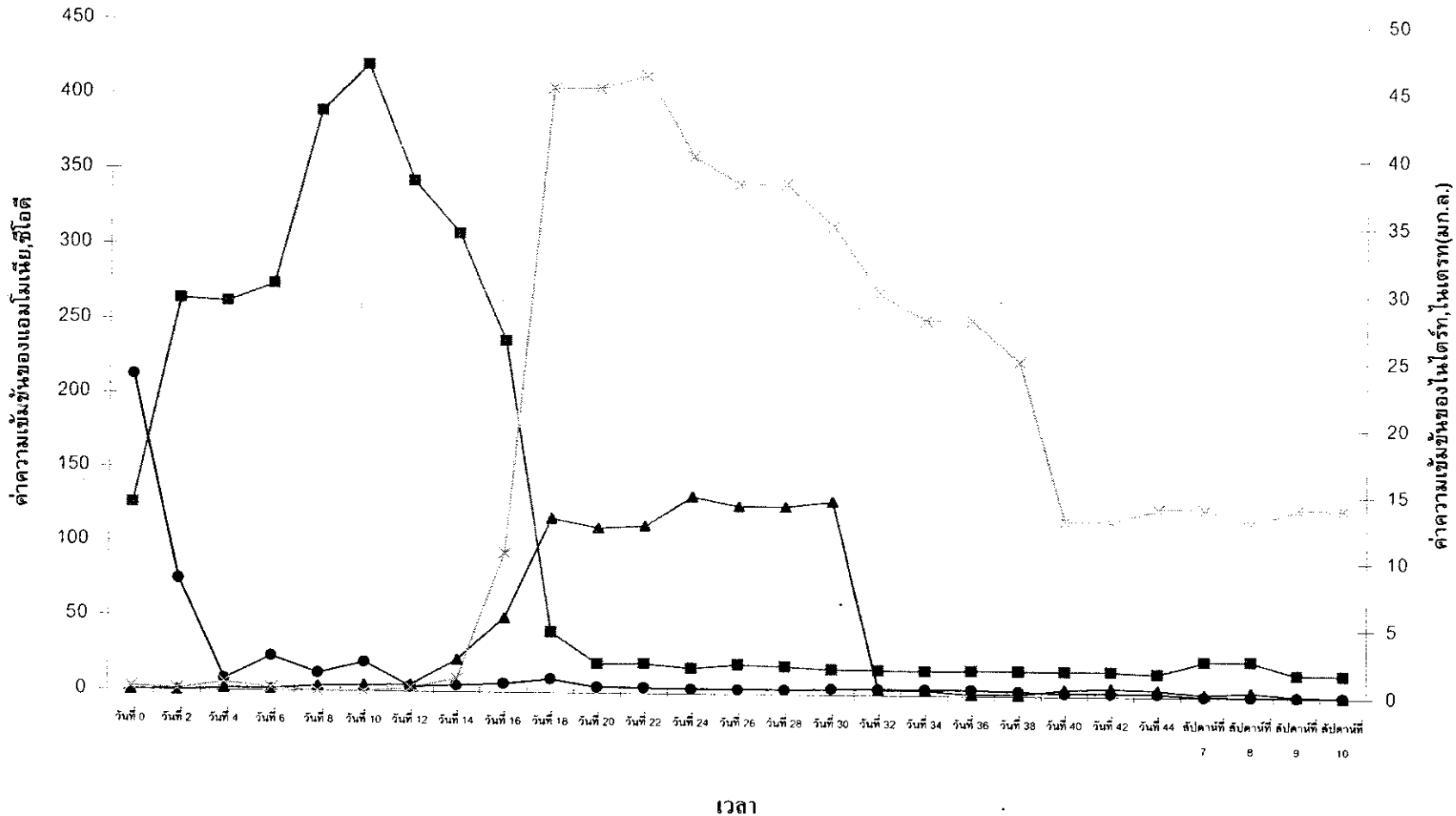
7. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบ รังบวบ

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10%ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำรังบวบที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากันในถังปฏิกิริยา แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือเติมอากาศ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดีลดลงจาก 213 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 74.68 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 65 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 12 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 17

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 126 มิลลิกรัมต่อลิตร และเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็ว จนกระทั่งในวันที่ 10 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (มีค่า 420 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่อจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 20

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 12 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.29-0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 18 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว(มีค่า 13 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 12 วัน จึงลดลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 32 และคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง

และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วง 12 วันแรกของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.29-0.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 18 ของการทดลองปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (มีค่า 45 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 4 วัน จึงลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 40 ของการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดรังบวบ (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

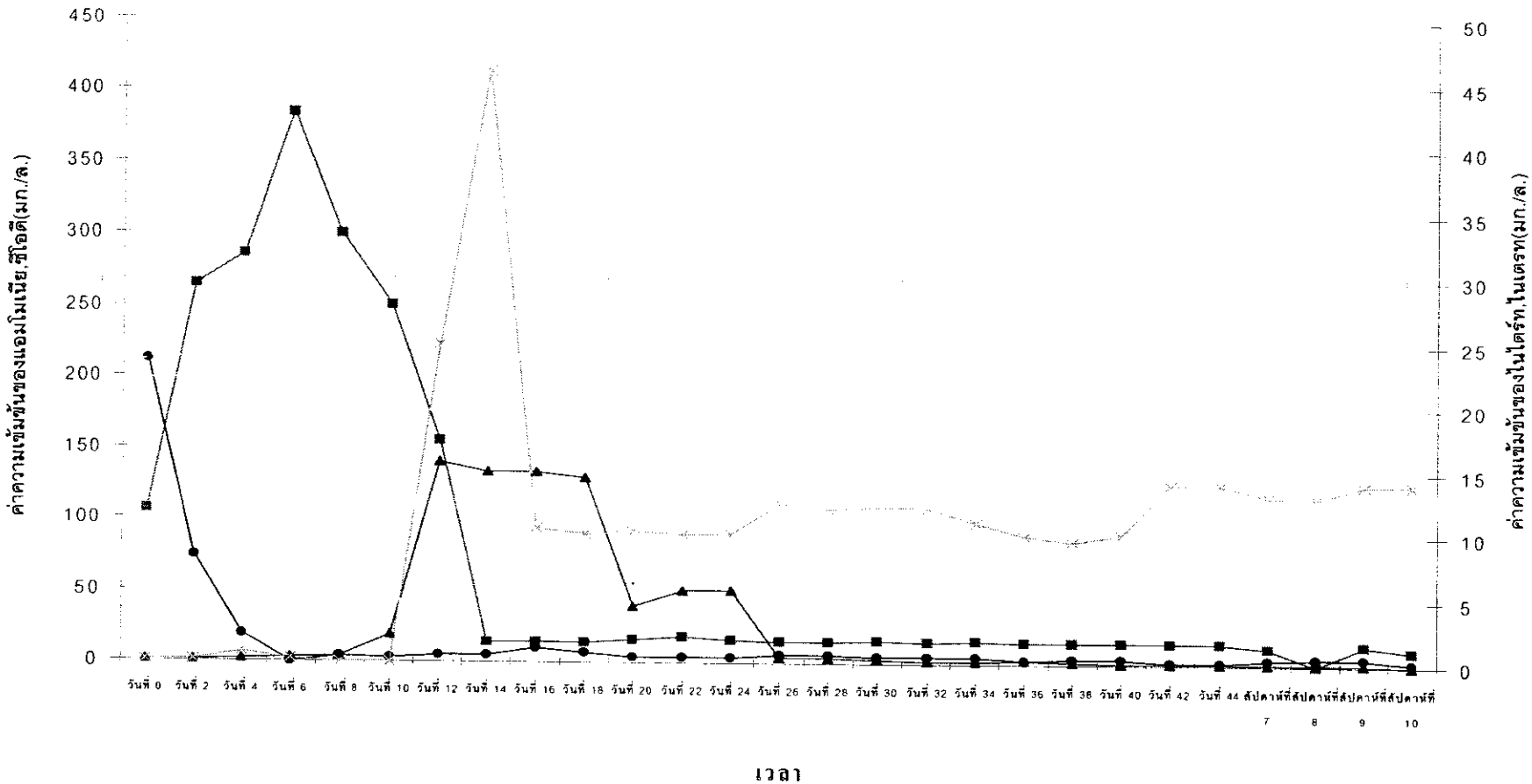
8. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดตัวกลางยึดเกาะแบบ หลอด

เริ่มการทดลองโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ เติมหัวเชื้อจำนวน 10%ของปริมาตรน้ำเสีย (ปริมาตร 900 มิลลิลิตร) นำหลอดที่ใช้เป็นตัวยึดเกาะของจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากันในถังปฏิกิริยา แล้วจึงดำเนินการเริ่มระบบคือเติมอากาศ 24 ชั่วโมง และเปลี่ยนถ่ายน้ำเสียของระบบทุกวันโดยหยุดเติมอากาศ 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการตกตะกอน และนำน้ำเสียออกจากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่เตรียมใหม่ในแต่ละวันลงไป จึงเปิดเครื่องเติมอากาศ เมื่อนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ค่าซีโอดีลดลงจาก 213 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 73.40 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 66 ในวันที่ 2 ของการทดลอง และมีค่าซีโอดีเฉลี่ยประมาณ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตั้งแต่วันที่ 6 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 18

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 106.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งในวันที่ 6 ของการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (มีค่า 384 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่อจากนั้นปริมาณแอมโมเนียลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 14

สำหรับการศึกษาค่าไนไตร์ท-ไนโตรเจนพบว่า ในระหว่าง 8 วันแรกของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทอยู่ในช่วงประมาณ 0.09-0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และในวันที่ 12 ของการทดลอง ปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (มีค่า 15.60 มิลลิกรัมต่อลิตร) และคงที่ที่ระดับนี้เป็นเวลา 6 วัน จนกระทั่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 26 และคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง

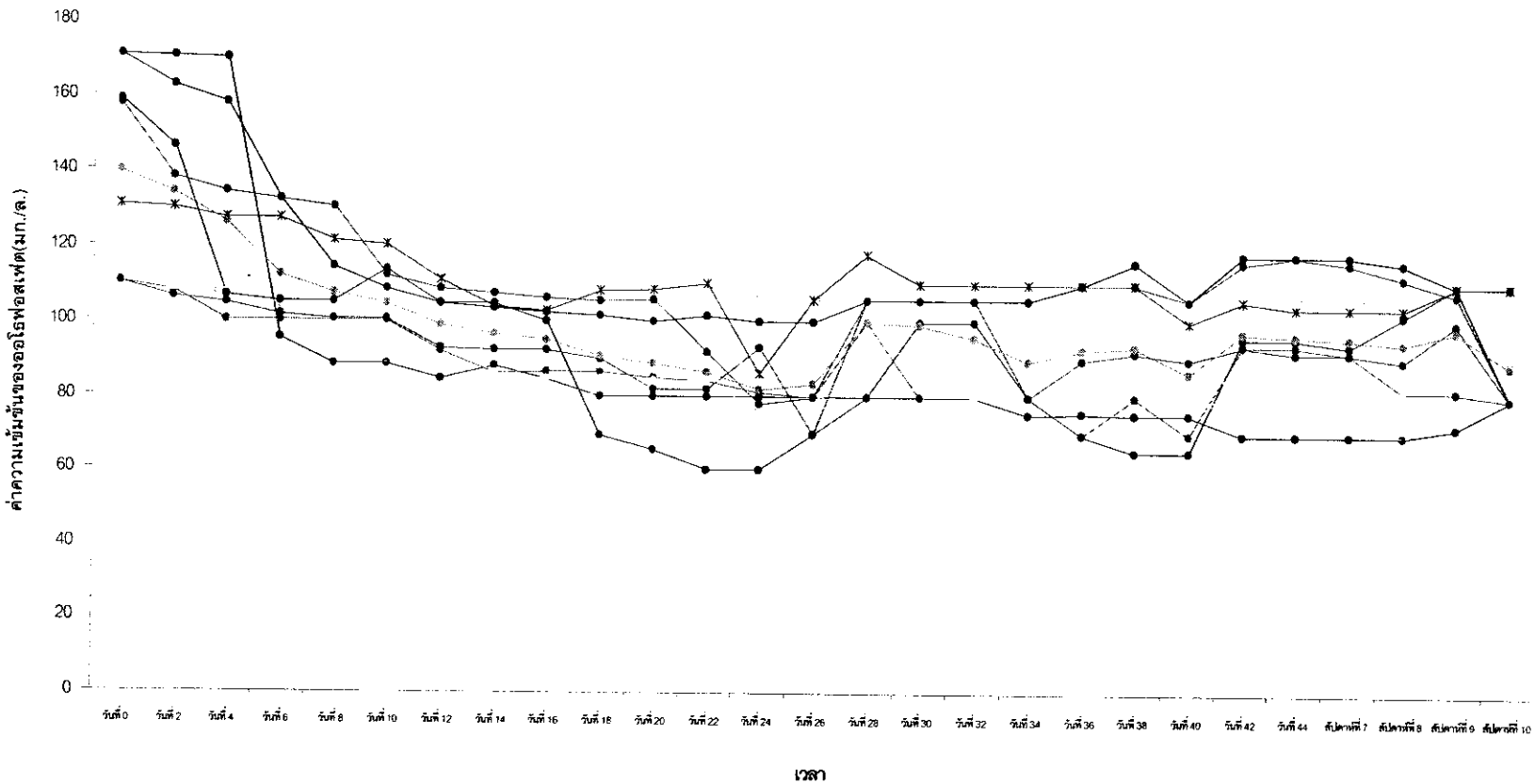
และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ในช่วง 10 วันแรกของการทดลองมีค่าไนเตรทอยู่ระหว่างช่วง 0.13-0.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 14 ของการทดลองปริมาณไนไตร์ทเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 46 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อจากนั้นปริมาณไนเตรทลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งมีไนเตรทเฉลี่ยประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 16 และมีค่าคงที่ที่ระดับนี้ตลอดการทดลอง ดังแสดงดังภาพที่ 18



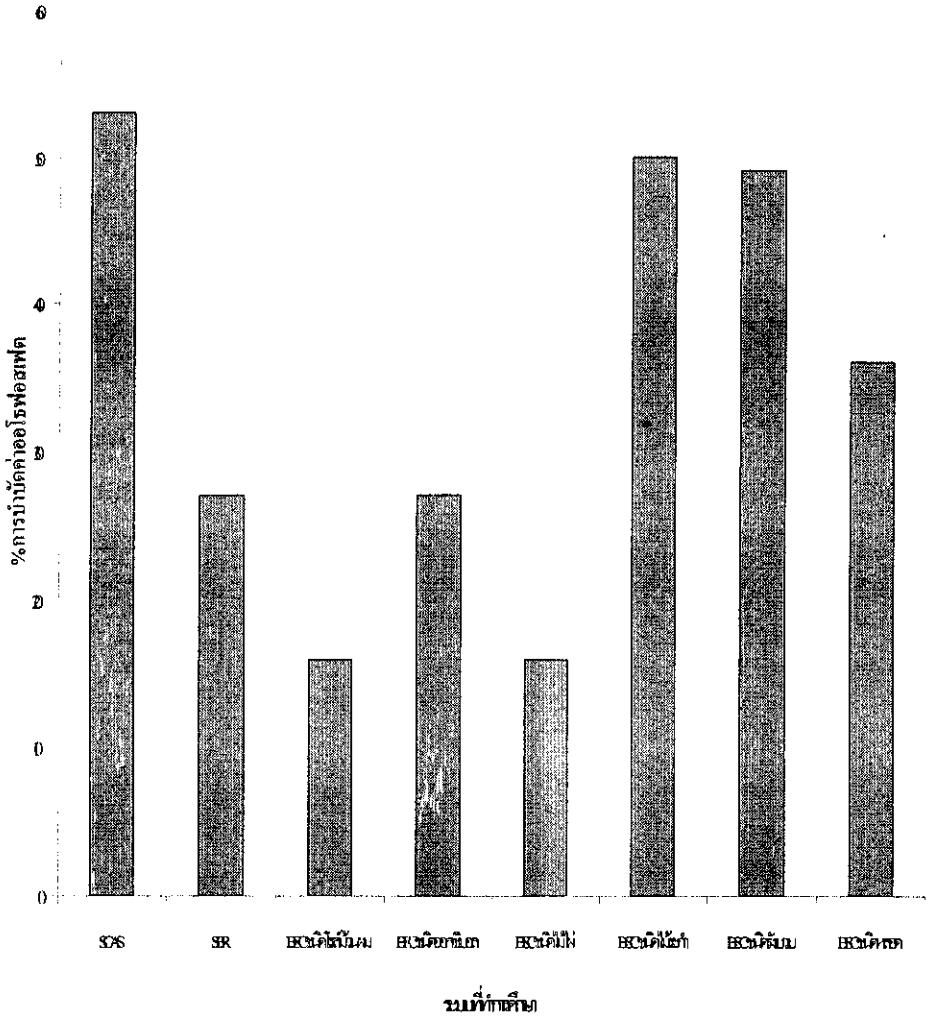
ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของซีโอดี แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตร์ท-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ BSC ชนิดหลอด (● ซีโอดี ■ แอมโมเนีย ▲ ไนไตร์ท-ไนโตรเจน ✕ ไนเตรท-ไนโตรเจน) n = 3

การกำจัดฟอสฟอรัส

จากการทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย 3 แบบในงานวิจัยนี้ เริ่มต้นโดยนำน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 9 ลิตรใส่ในโหลแก้วที่เตรียมไว้ แล้วเติมน้ำเสียที่เก็บจากระบบบำบัดน้ำเสีย (10% ของปริมาตรน้ำเสีย) ผสมให้เข้ากัน และจึงทำการทดลองดำเนินระบบต่อไป ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสในรูปของ ออโธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ได้ผลการทดลองคือ ค่าออโธฟอสเฟตจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SCAS SBR และ BSC ชนิดที่มีตัวกลางได้แก่ โรล์ม้วนผม ออกซิบอล ไม้ไผ่ ไม้ระกำ รังบวบ และหลอด มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 171 110 107 110 131 159 158 และ 171 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออโธฟอสเฟตของทุกระบบมีค่าลดลงเฉลี่ยอยู่ระหว่างช่วง 60-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 10 ของการทดลอง แสดงดังภาพที่ 19 ค่าออโธฟอสเฟตของทุกระบบมีค่าเฉลี่ยประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SCAS BSC ชนิดไม้ระกำ และ BSC ชนิดรังบวบมีประสิทธิภาพการบำบัดประมาณร้อยละ 50 (มีค่าเท่ากับร้อยละ 53 50 และ 49 ตามลำดับ) เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง แสดงดังภาพที่ 20



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของออโธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ในน้ำตัวอย่าง จากระบบบำบัดน้ำเสียชนิด SCAS, SBR และ BSCแบบต่าง ๆ (● SCAS ● SBR โรล์ม้วนผม ● ออกซิบอล ● ไม้ไผ่ ● ไม้ระกำ ● รังบวบ และ ● หลอด) n = 3



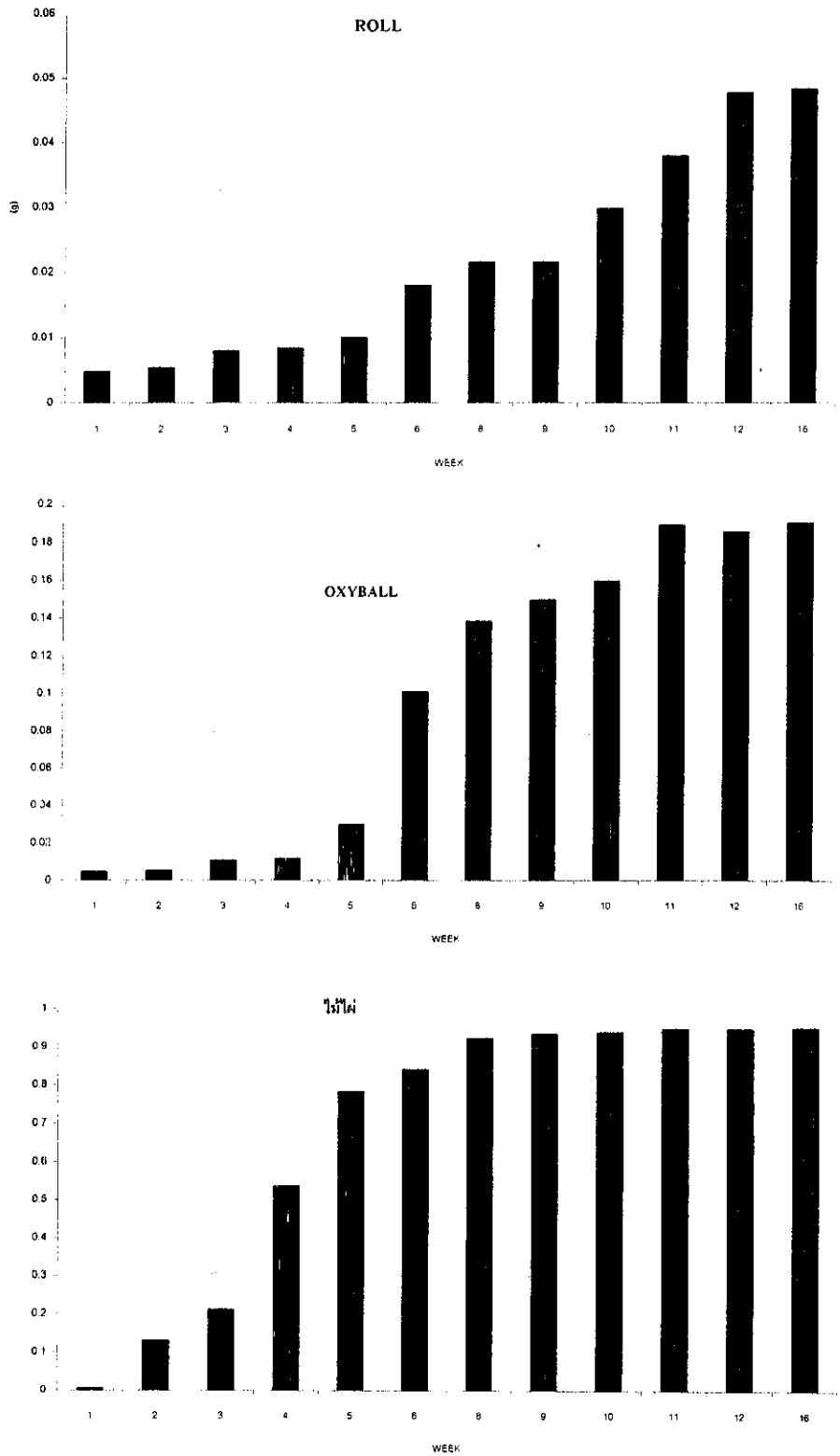
ภาพที่ 20 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออโธฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการศึกษา

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะ

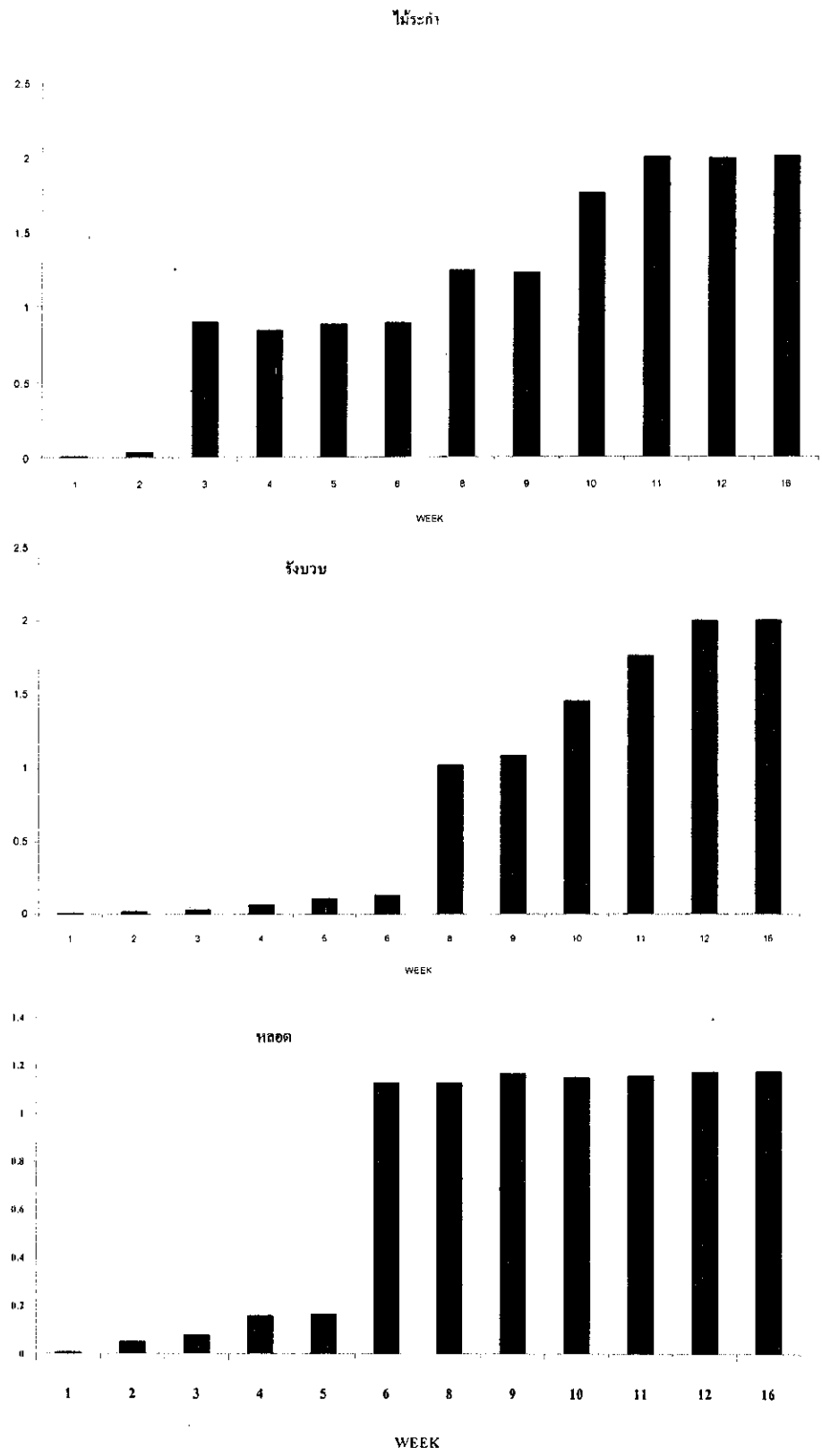
จากการศึกษาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะชนิดต่าง ๆ โดยนำตัวกลางที่ศึกษาใส่ในถังปฏิกิริยาของแต่ละระบบ เป็นระยะเวลา 100 วันพบว่า ตัวกลางได้แก่ โรล์ม้วนผม ออกซิบอล ไม้ไผ่ ไม้ระกำ รังบวบ และหลอด ได้ผลการทดลองคือ มีค่าเริ่มต้นของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะเฉลี่ยเท่ากับ 0.0048 0.0048 0.0056 0.0058 0.0054 และ 0.0067 กรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ค่าการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลา แสดงดังภาพที่ 21-22

จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิด โรล์ม้วนผม พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.0048 กรัม และเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลองค่าการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.04 กรัม หลังการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลางมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน และน้ำหลังการบำบัดมีลักษณะใสเมื่อปล่อยให้ตกตะกอน

จากผลการทดลอง การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิดออกซิบอลพบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-5 ของการทดลอง มีค่าการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางเฉลี่ยอยู่ระหว่างช่วง 0.0048-0.0296 กรัม ต่อมาในสัปดาห์ที่ 6 มีค่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1006 กรัม) โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 95.22 และเริ่มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.19 กรัม ทำให้สีของน้ำหลังการบำบัดมีลักษณะใส เช่นเดียวกับตัวกลางชนิดโรล์ม้วนผม แสดงดังภาพที่ 23



ภาพที่ 21 การเจริญของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะชนิด โรล์ม้วนผม ออกซิบอล และไม้ไผ่ (เรียงลำดับจากภาพบนลงล่าง) n = 3



ภาพที่ 22 การเจริญของจุลินทรีย์บนตัวกลางยึดเกาะชนิด ไม้ระกำ รังบวบ และหลอด (เรียงลำดับจากภาพบนลงล่าง) n = 3

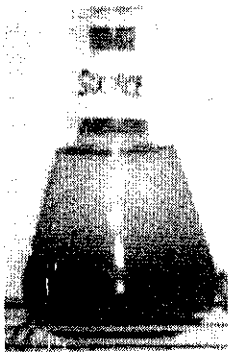
จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิดไม้ไผ่พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ของการทดลองมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว (มีค่า 0.5358 กรัม) โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 98.95 และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 8 ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.9 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลางมีลักษณะนิ่มสีน้ำตาลอ่อน หลังจากทำให้ตกตะกอนพบว่าน้ำมีสีใสไม่ขุ่น

จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิดไม้ระกำพบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลองมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (มีค่า 0.8901 กรัม) โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 99.34 จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 11 จึงเริ่มคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.9 กรัม หลังสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลางมีลักษณะนิ่มสีน้ำตาลเข้ม หลังจากทำให้ตกตะกอนพบว่าน้ำมีสีใสไม่ขุ่นเช่นเดียวกับตัวกลางยึดเกาะชนิดไม้ไผ่

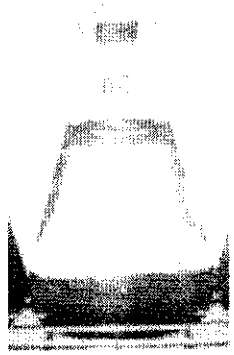
จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิดรังบวบพบว่า ช่วงสัปดาห์ที่ 1-6 ของการทดลองมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางอยู่ระหว่างช่วง 0.0054-0.1282 กรัม และในสัปดาห์ที่ 8 ของการทดลองมีค่าการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตลอดการทดลอง ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลางมีลักษณะนิ่มสีน้ำตาลดำยึดเกาะอย่างหนาแน่น จุลินทรีย์ที่ยึดเกาะมีลักษณะเป็นเส้น หลังจากปล่อยให้ตกตะกอนพบว่าน้ำหลังการบำบัดมีสีใสที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นที่ทำการศึกษา ดังภาพที่ 23

จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางชนิดหลอดพบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-6 มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนตัวกลางอยู่ระหว่างช่วง 0.0067-0.1623 กรัม และในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (มีค่า 1.1244 กรัม) โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 99.40 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ลักษณะของจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลางมีลักษณะนิ่มสีน้ำตาลอ่อน หลังจากปล่อยให้ตกตะกอนพบว่าน้ำมีสีใสไม่ขุ่น

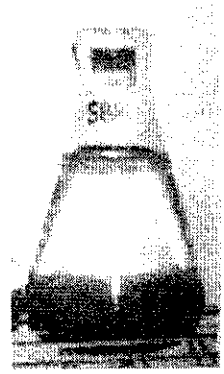
ส่วนลักษณะตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SCAS และ SBR มีลักษณะนิ่มเป็นเม็ดกลมเล็กลอยน้ำได้ดี สีน้ำตาลอ่อน และเมื่อปล่อยให้ตกตะกอนพบว่าน้ำทั้งสองระบบมีสีใสกว่าน้ำที่เก็บมาก่อนทำการบำบัดนี้ แสดงดังภาพที่ 23



น้ำเสียจริง

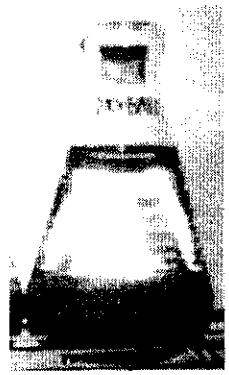


น้ำเสียจาก SCAS

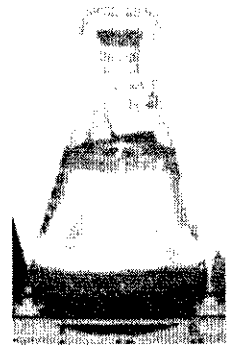


น้ำเสียจาก SBR

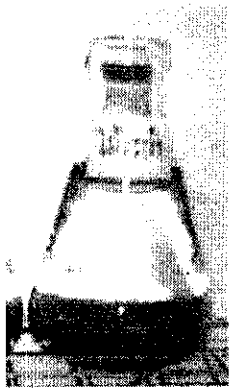
น้ำเสียจากโร่ลม้วนผม



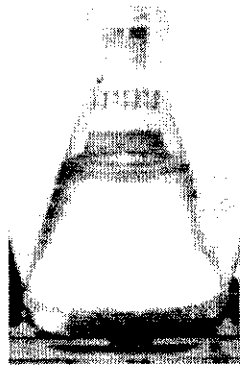
น้ำเสียจากออกซิบอล



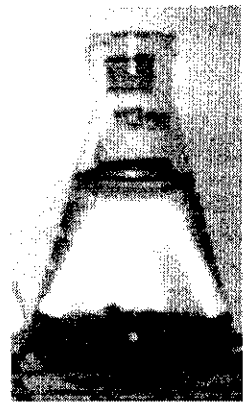
น้ำเสียจากไม้ไผ่



น้ำเสียจากไม้ระกำ

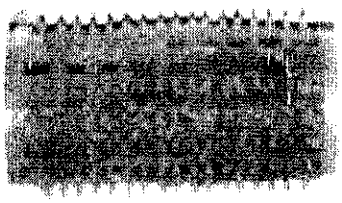


น้ำเสียจากรังบวบ

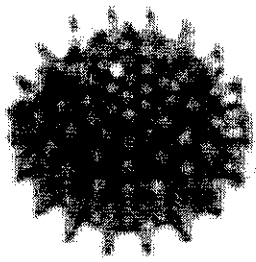


น้ำเสียจากหลอด

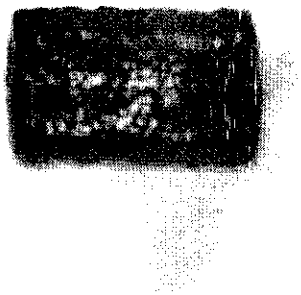
ภาพที่ 23 ลักษณะน้ำตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียหลังการบำบัด



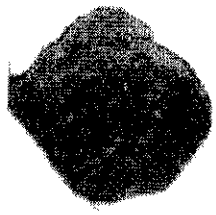
ก) โรล์ม้วนผม



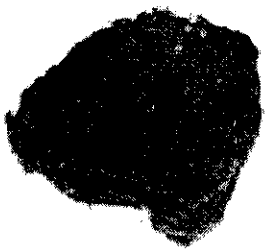
ข) ออกซิบอล



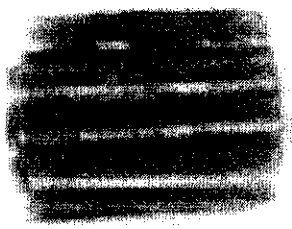
ค) ไม้ไผ่



ง) ไม้ระกำ

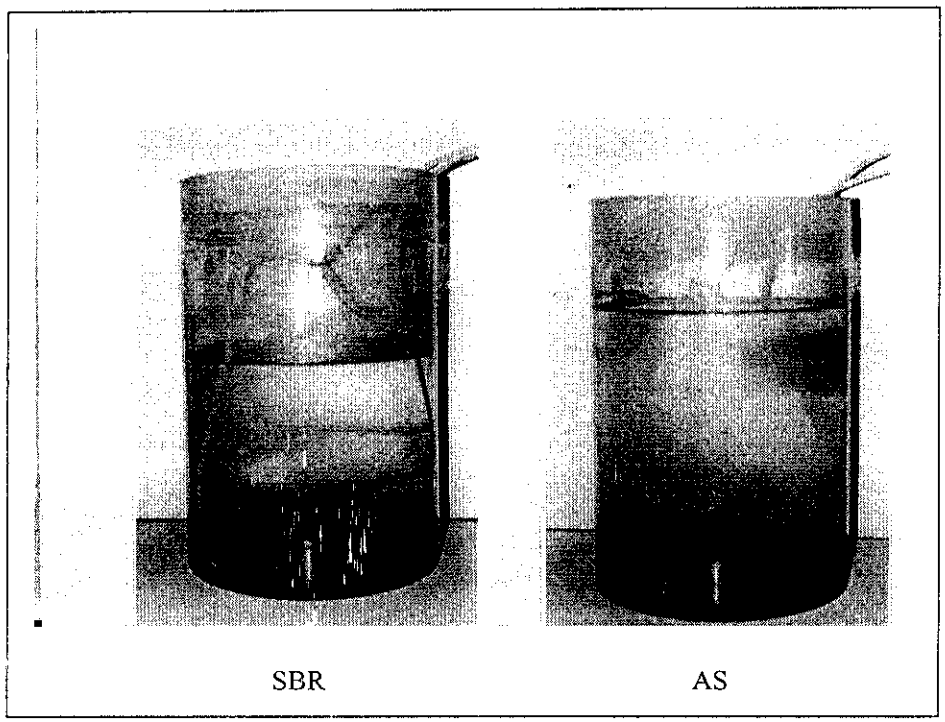


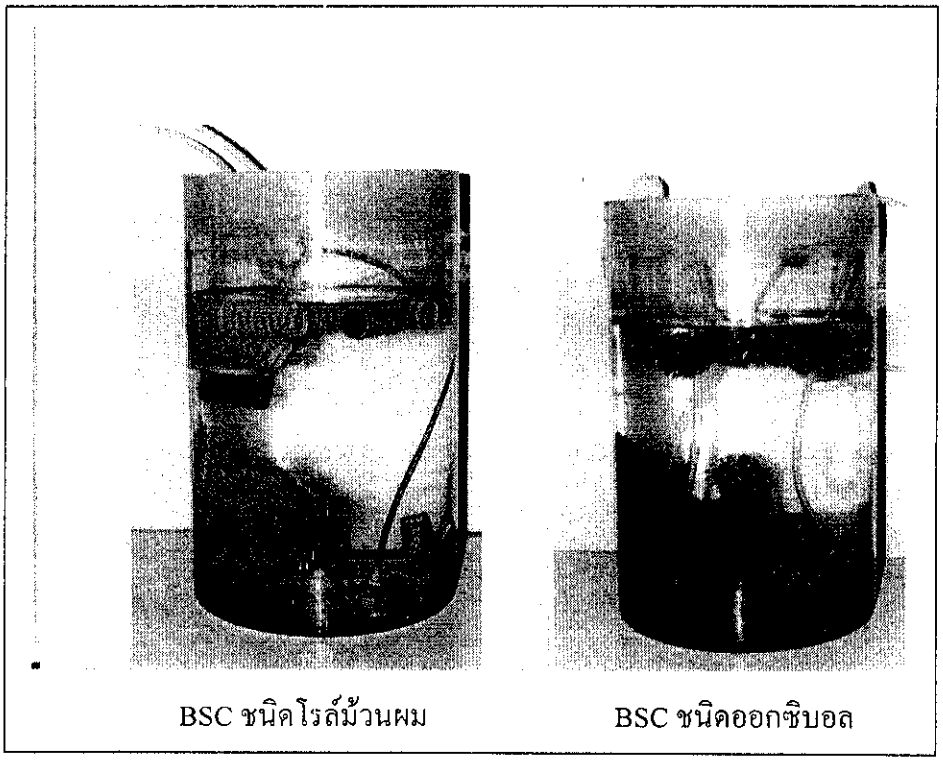
จ) รังบวบ



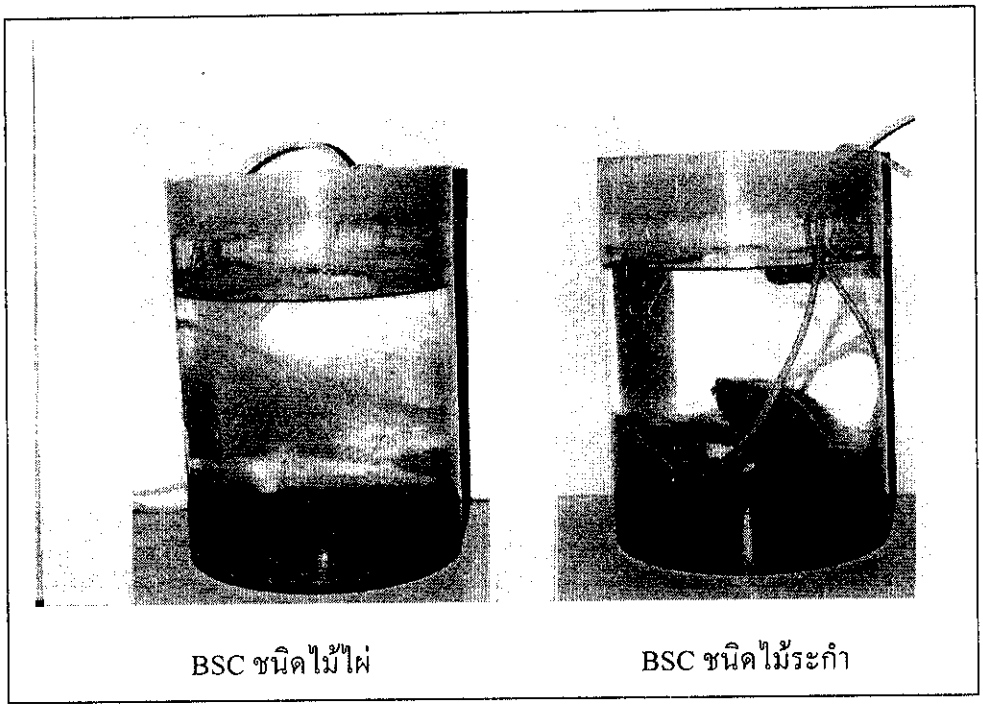
ฉ) หลอด

ภาพที่ 24 วัสดุที่นำมาเป็นตัวกลางยึดเกาะของจุลินทรีย์หลังเสร็จการทดลอง

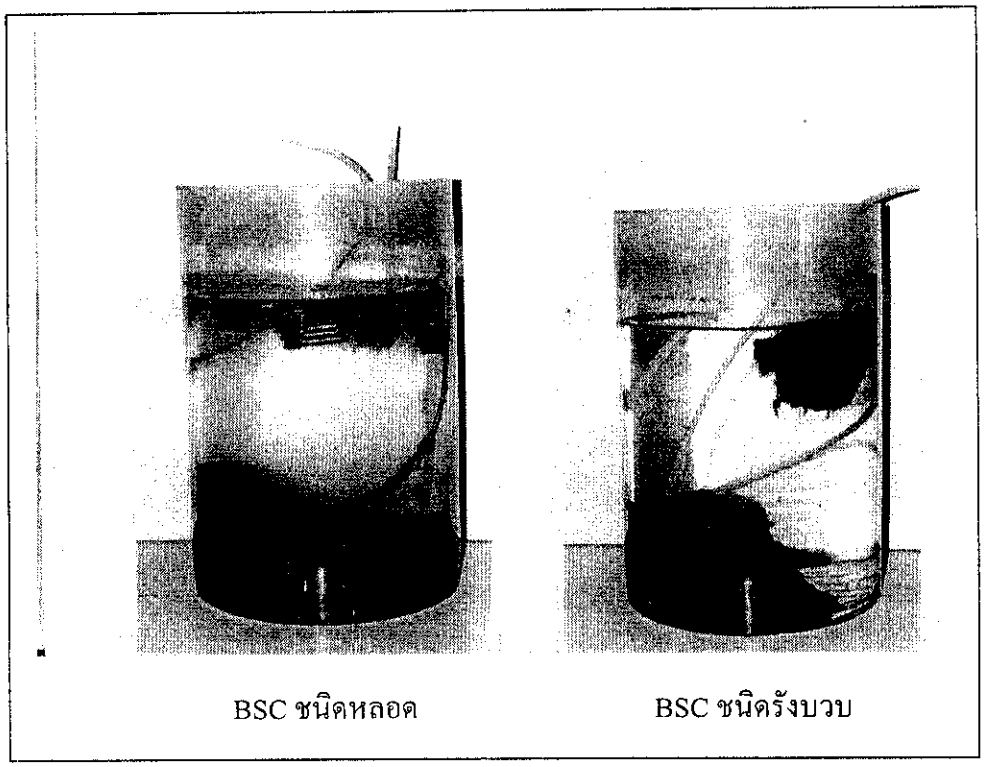




ภาพที่ 25 ลักษณะตัวกลางยึดเกาะของจุลินทรีย์ในแบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการศึกษา



BSC ชนิดไม้ไผ่ BSC ชนิดไม้ระกำ



BSC ชนิดหลอด BSC ชนิดรังบวบ

ภาพที่ 25 (ต่อ)