

ผลการทดลองและวิจารณ์ที่ใช้เครื่องทดลองต้นแบบ

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องทดลองต้นแบบซึ่งประกอบด้วยระบบบำบัดน้ำเสียสองระบบทำงาน ต่อเนื่องกันคือ ระบบถังกรองไร้อากาศและระบบคอนแทคส เตมิไลเซชัน การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย ในการศึกษาการทำงานของระบบรวมทั้งหาค่ากำหนดต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระบบ จริง ซึ่งจะได้แสดงผลการทดลองและวิจารณ์ดังต่อไปนี้

การบำบัดน้ำเสียของระบบถังกรองไร้อากาศ

ถึงแม้ว่าระบบถังกรองไร้อากาศจะอยู่นอกเหนือจากจุดประสงค์ของการวิจัยนี้ แต่ผล ที่ได้จากการวิจัยในส่วนนี้มีประโยชน์อย่างมากในการออกแบบระบบจริงของระบบบำบัดน้ำเสีย- จากโรงงานผลิตแอม്മอนิแอสฟอสเฟต รวมทั้งทำให้ทราบถึงลักษณะของน้ำเสียที่เข้าระบบคอนแทค ส เตมิไลเซชัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การควบคุมระบบถังกรองไร้อากาศในการวิจัย ซึ่งใช้ตัวกลางพลาสติกที่มีช่องว่าง ระหว่างตัวกลางคิดเป็นปริมาตร 480 ลบ.คม. หรือ 90 % ของปริมาตรทั้งหมด ได้ใช้อัตรา น้ำเสียเข้าระบบ 20 ลบ.คม./ชม. เวลาเก็บกักน้ำในถังกรองไร้อากาศ 24 ชม. การเดิน ระบบนี้ใช้เวลาประมาณ 3 เดือน ระบบจึงเข้าสู่สถานะสม่ำเสมอ สำหรับผลการวิจัยในส่วนนี้ สามารถแยกเป็นหัวข้อดังนี้

1. น้ำเสียเข้าระบบ ใช้น้ำเสียจากบ่อกักน้ำของโรงงานซึ่งน้ำเสียจะมาจาก เครื่อง แยกในการผลิตแอม്മอนิแอสฟอสเฟต จากการศึกษาพบว่าน้ำเสียในบ่อกักน้ำจะมีค่าซีโอดีสูงขึ้น เมื่อโรงงานไม่ ได้ทำการผลิตและมีพีเอชต่ำลง เนื่องจากมีชีวมวลตกตะกอนอยู่ในบ่อกัก จึงทำให้เกิดขบวนการ Liquefaction ภายในบ่อกทำให้ค่าซีโอดีของน้ำเสียสูงขึ้นดังกล่าว

2. ค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าระหว่าง 3.5 - 5 ซึ่งจำเป็นจะต้องปรับค่า พีเอชให้มีค่าประมาณ 6.0 โดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ระบบจึงจะสามารถ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและค่าพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบจะมีค่าประมาณ 7.0

3. เมื่อปรับค่าพีเอชแล้ว ระบบสามารถรับน้ำหมักบรททุกซีไอดีได้ถึง 7.7 กก.ซีไอดี/ลบ.ม.-วัน โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดยังสูงประมาณร้อยละ 83 นอกจากนี้ได้ควบคุมอัตราส่วนระหว่างซีไอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เป็น 100 : 1.1 : 0.2

4. เมื่อปรับพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบแล้วค่าอัตราส่วนของกรดระเหย/ความเป็นด่าง (Volatile acid/alkalinity) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.8 และในน้ำทิ้งจากระบบอัตราส่วนจะมีค่าประมาณ 0.15 โดยมีค่ากรดระเหยในน้ำเสียเข้าระบบและในน้ำทิ้งจากระบบเป็น 1,245 - 3,480 มก./ลบ.คม. เทียบกับ CaCO_3 และ 145 - 995 มก./ลบ.คม. เทียบกับ CaCO_3 ตามลำดับ และค่าความเป็นด่างมีค่า 2,320 - 3,800 มก./ลบ.คม. เทียบกับ CaCO_3 สำหรับน้ำเสียเข้าระบบ และ 2,680 - 4,125 มก./ลบ.คม. เทียบกับ CaCO_3 สำหรับน้ำทิ้งจากระบบ

5. ในช่วง 30 ชม.แรกจากกันดั๊งกรองไร้อากาศจะมีการบำบัดน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับที่ SAIPHANICH (5) ได้ทำการวิจัยไว้

6. ปริมาณตะกอนที่หลุดออกมากับน้ำทิ้งออกจากระบบส่วนใหญ่จะเป็น เซลล์ของจุลินทรีย์มีลักษณะเป็นสีค้ำ แต่จะมีปริมาณไม่มากนักและจะมีค่าเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ นอกจากนี้ตะกอนที่หลุดออกมาจะ เบาลอยอยู่ผิวหน้าของน้ำเสีย

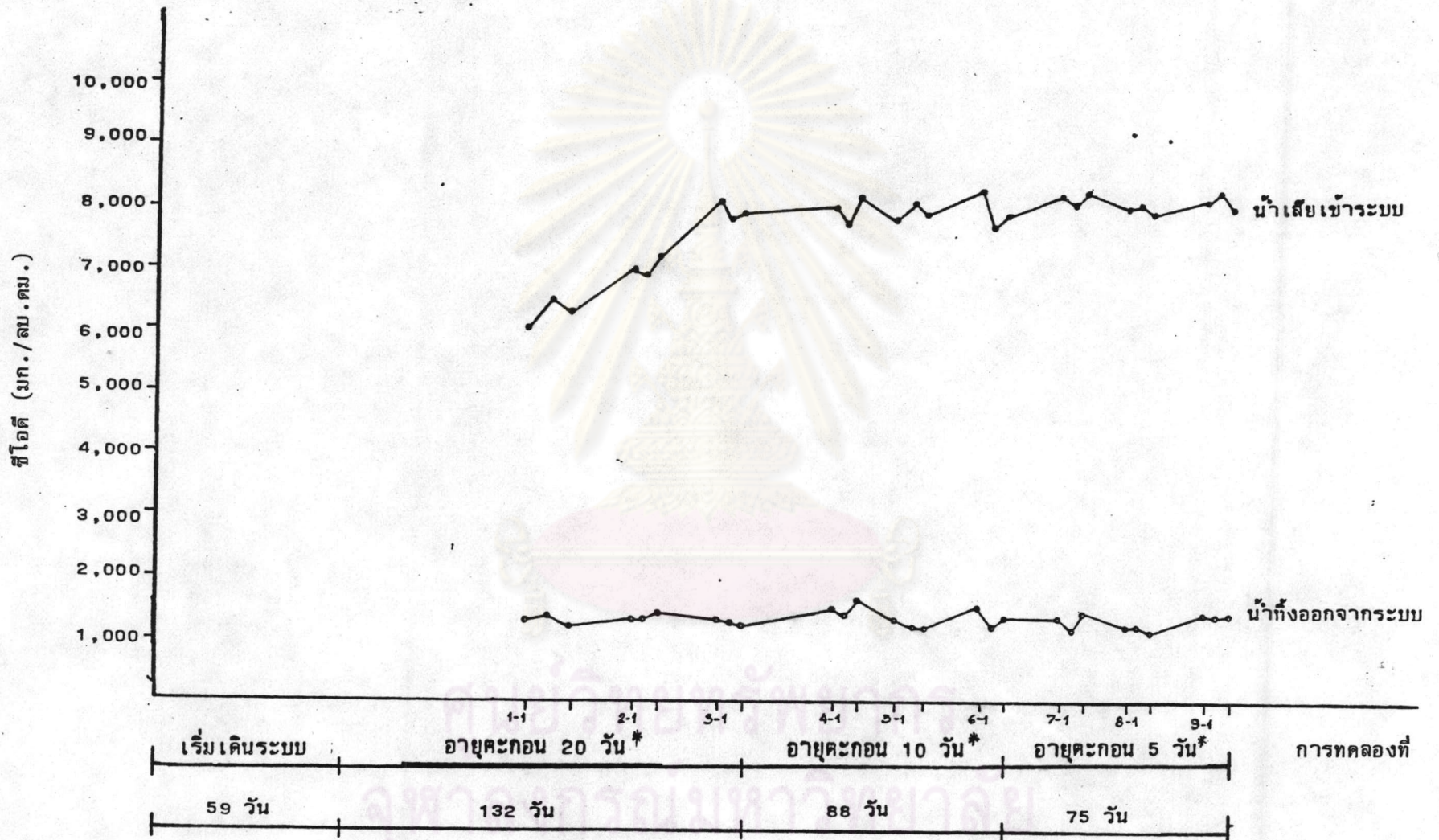
7. ก๊าซที่เกิดขึ้นมีปริมาณประมาณ 2 ลบ.ม./วัน และจะมีกลิ่นของก๊าซไข่เน่าเนื่องจากในน้ำเสียเข้าระบบจะมีกำมะถันจากขบวนการผลิตปะปนมาด้วย

ค่าซีไอดีของส่วนต่างๆ ในระบบดั๊งกรองไร้อากาศได้แสดงในรูปที่ 5.1

การทำงานของระบบคอนแทคสเดบิลิเซชัน

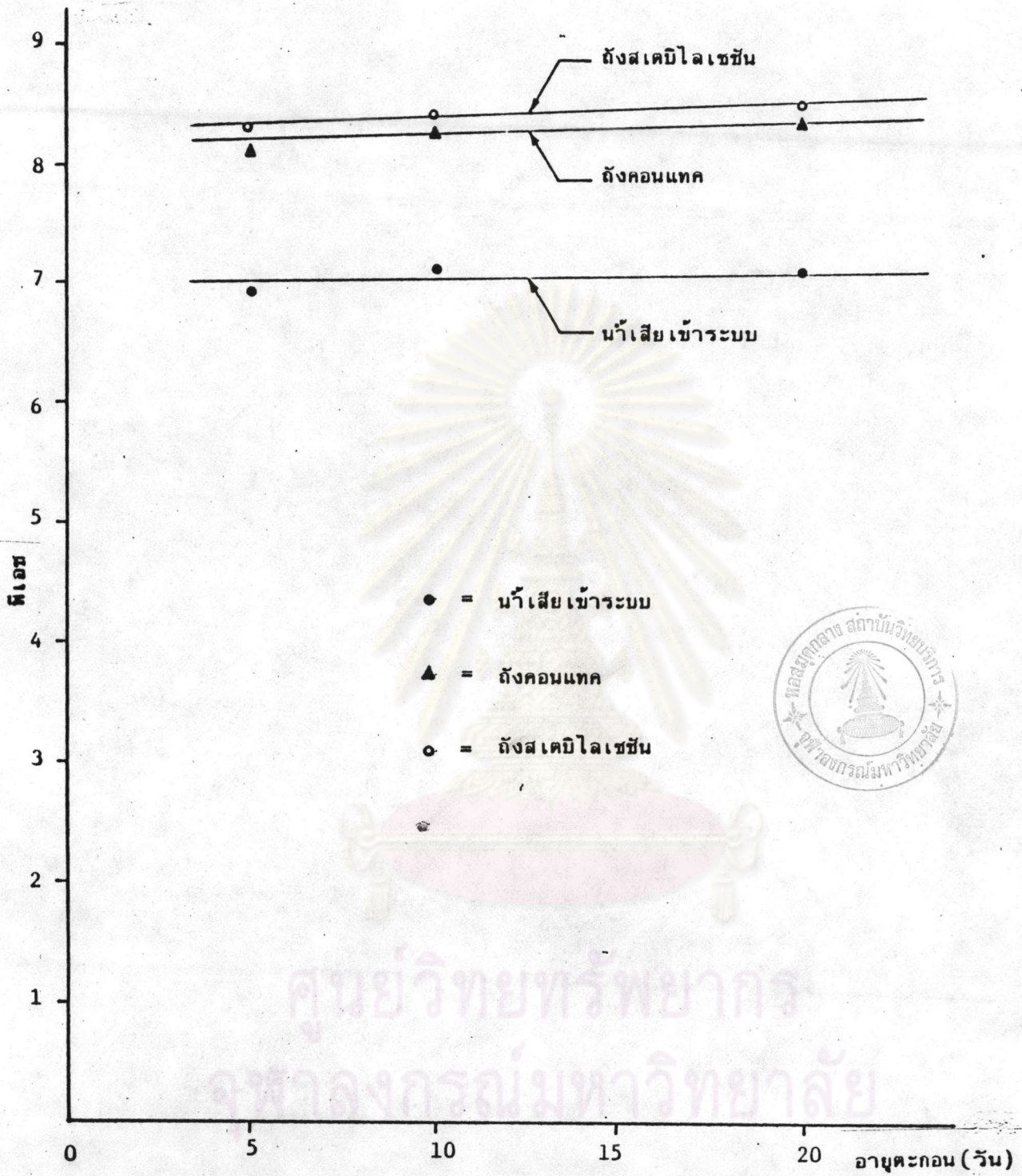
1. ค่าพีเอชในระบบ

ค่าพีเอชในแต่ละค่าของอายุตะกอนและในดั๊งคอนแทคที่ได้จากการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 , 5.3 , 5.4 , 5.5 ทั้งนี้เนื่องจากค่าพีเอชของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าค่อนข้างคงที่ จากผลการวิจัยที่ได้พบว่าค่าพีเอชจะลดลงเล็กน้อยเมื่ออายุตะกอนลดลง โดยในดั๊งคอนแทคมีค่าพีเอชจะลดลงจาก 8.36 เหลือ 8.15 เมื่ออายุตะกอนลดลงจาก 20 วัน เหลือ 5 วัน และในดั๊งสเดบิลิเซชันมีค่าพีเอชจะลดลงจาก 8.51 เหลือ 8.34

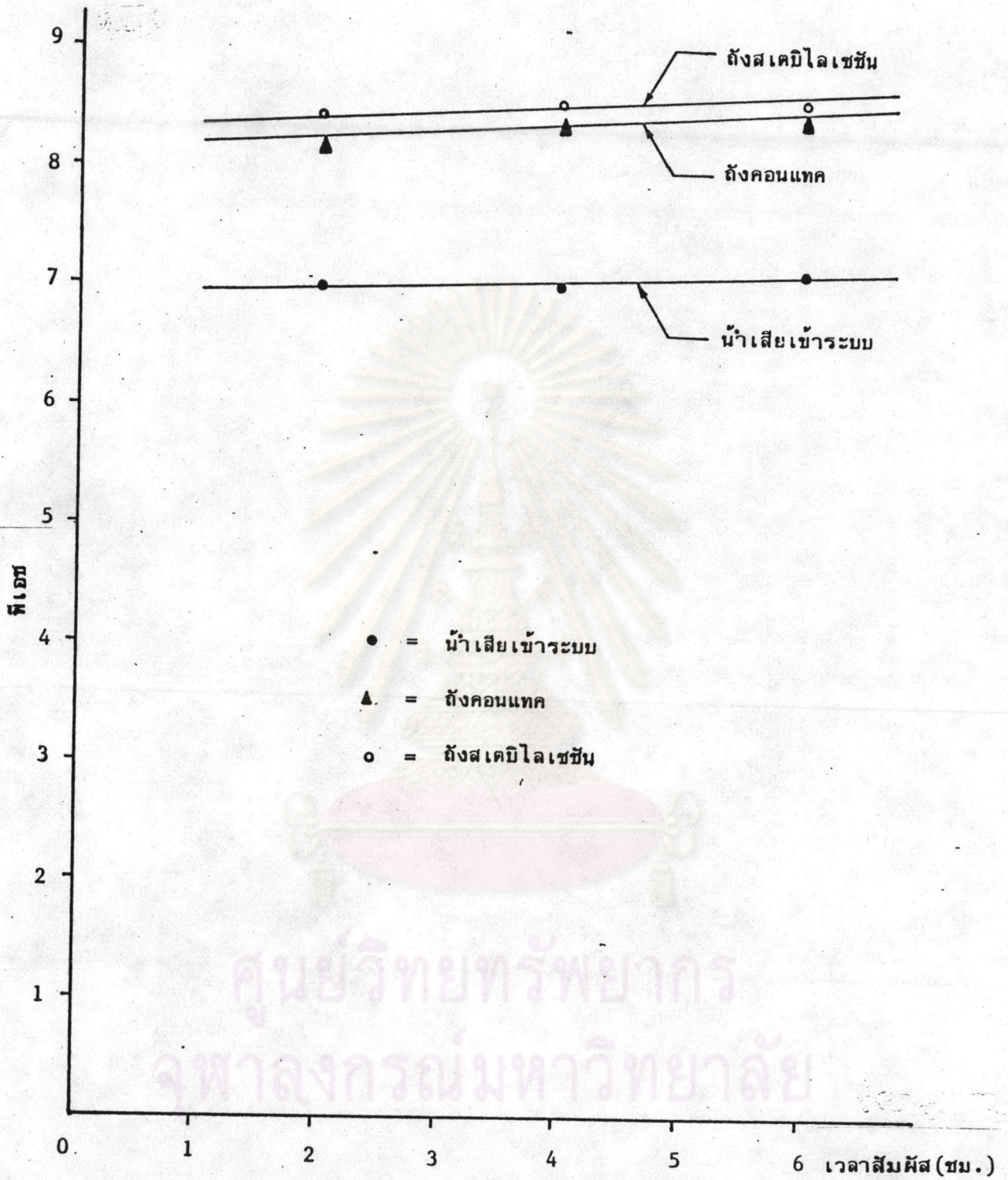


รูปที่ 5.1 ค่าซีไอดีของน้ำเสียเข้าระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบที่การทดลองต่าง ๆ ของระบบถังกรองไร้อากาศ

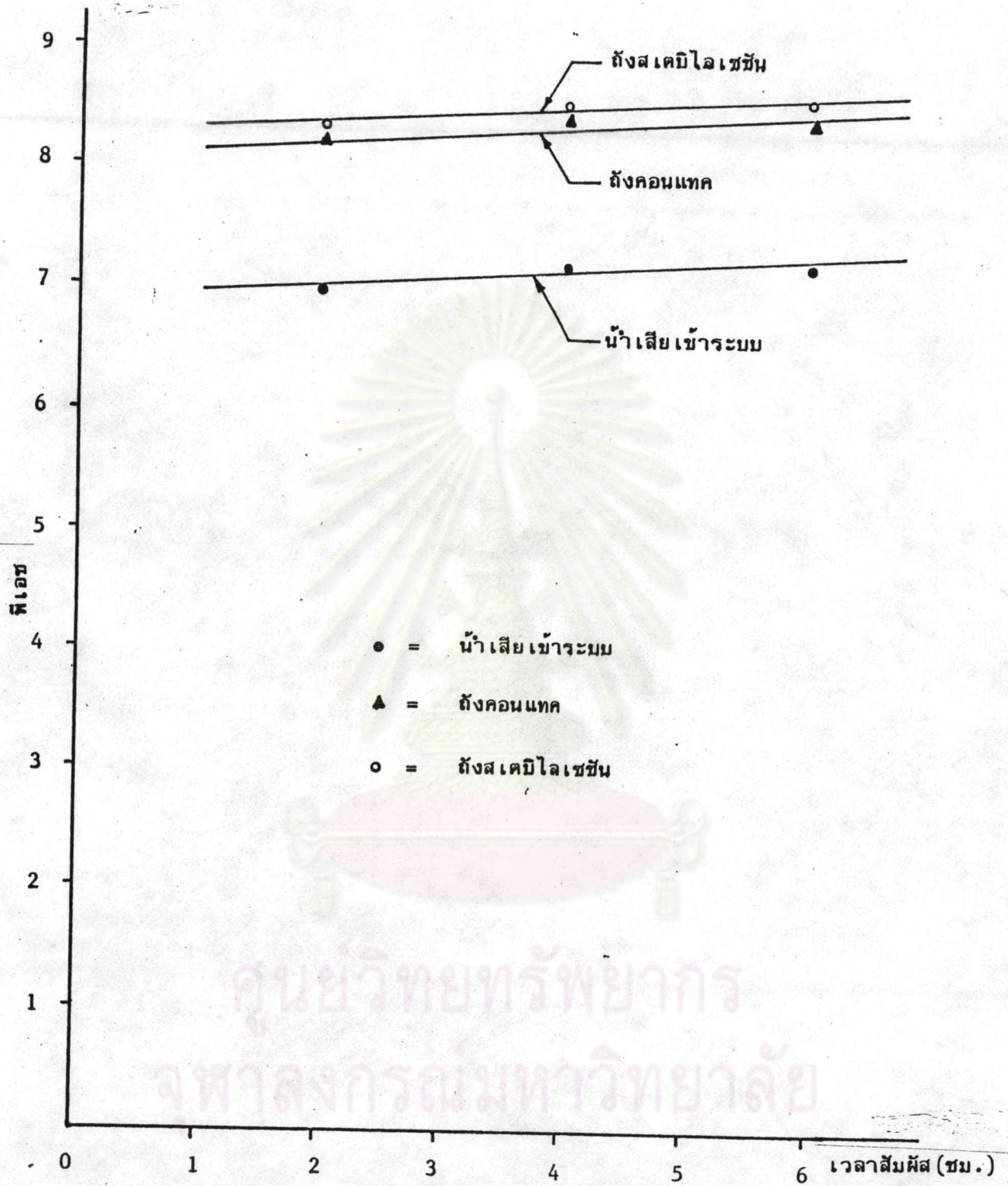
* หมายถึงอายุตะกอนในระบบคอนแทคส เตมิไลเซชัน



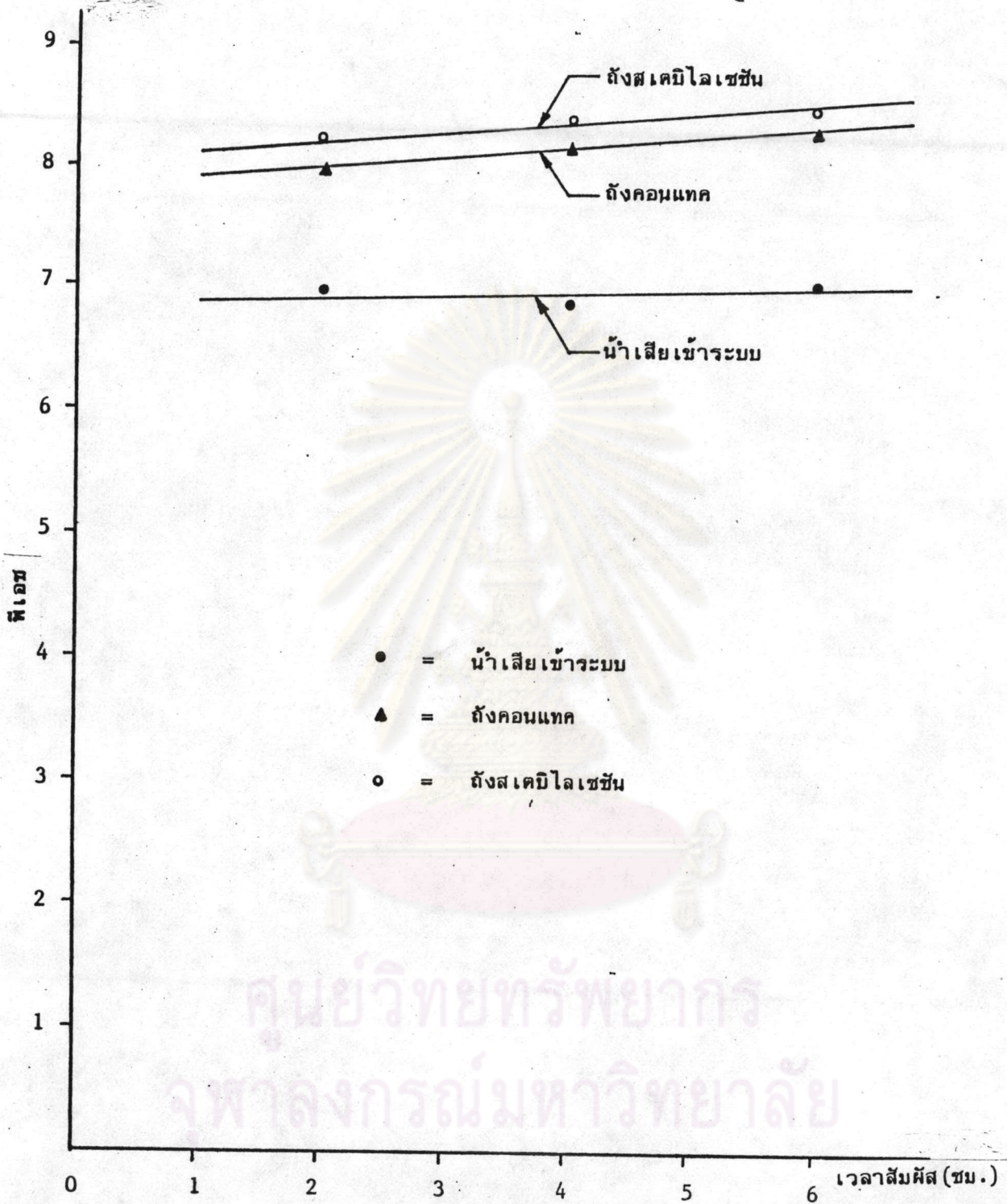
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอายุตะกอนและถี่เลขในด้งปฏิบัติการต่าง ๆ



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมพัทธ์และทีเอชที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสและพิเชษที่ค่าอายุตะกอน 10 วัน



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสและพีเอชที่ค่าอายุตะกอน 5 วัน

ในการวิจัยส่วนนี้พบว่าค่าพีเอชที่ได้มีทั้งส่วนที่แตกต่าง และเหมือนกับผลที่ได้จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการกล่าวคือ ค่าพีเอชในถังคอนแทคจะสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียเข้าระบบเช่นเดียวกับผลที่ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการ การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชนี้คาดว่าเนื่องมาจากการที่กรดระเหย (Volatile acid) ในน้ำเสียเข้าระบบถูกกำจัดไปจึงทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น สำหรับในส่วนที่ต่างกันคือค่าพีเอชในถังสเคมิไลเซชันในการวิจัยส่วนนี้พบว่าค่าพีเอชในถังสเคมิไลเซชันจะสูงกว่าค่าพีเอชในถังคอนแทค ส่วนในการวิจัยในห้องปฏิบัติการผลที่ได้จะเป็นไปในทางตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้นำปริมาณไนโตรเจนมีจำกัดจึงไม่สามารถเกิดขบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ในถังย่อยสลายอันเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้ค่าพีเอชลดลงได้

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่วัดในระหว่างการทดลองนี้เป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลอง ซึ่งผลที่ได้แสดงว่าอุณหภูมิต่างกันไม่มากนักตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 28 - 32 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใกล้เคียงกับการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 29.5 ± 2.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นค่ากำหนดต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองนี้ จึงถือว่าไม่มีผลจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาเกี่ยวข้อง

3. ออกซิเจนละลาย

ในขณะที่เริ่มต้นการวิจัยค่าออกซิเจนละลายในถังปฏิกริยาต่างๆ วัดโดยใช้วิธีดีเครด แต่เมื่อระบบเกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลงและมีการเติมเพอร์ริคคลอไรด์ในถังสัมผัส การวัดค่าออกซิเจนละลายโดยวิธีนี้ใช้ไม่ได้ผล จึงได้เปลี่ยนมาใช้วิธีการวัดโดยเครื่องวัดแทน และได้ค่าออกซิเจนละลายในถังสัมผัสและถังย่อยสลายมีค่ามากกว่า 1 มก./ลบ.คม. ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ปัญหาตะกอนจมไม่ลงเนื่องจากเกิดจุลินทรีย์แบบเส้นใยจึงไม่ควรจะมีสาเหตุมาจากปริมาณออกซิเจนละลายต่ำ

4. ความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์ในระบบ

ความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์รวมในระบบที่ได้จากการวิจัยมีค่าค่อนข้างคงที่ในแต่ละค่าของอายุตะกอน ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (3.37) เช่นเดียวกับที่ได้ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาในถังคอนแทคลดลง ผลการวิจัยที่ได้ไม่แสดงถึงการลดลงของมวล

จุลินทรีย์รวมในระบบดังเช่นผลที่ได้ในห้องปฏิบัติการที่ลดลง 7 - 12% เมื่อเวลาในถังคอนแทก
ลดลงจาก 4 ชั่วโมงเหลือ 0.25 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทกและถังสเติมไลเซชัน แสดงในรูปที่ 5.6
5.7 และ 5.8 ซึ่งความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในถังคอน
แทกลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่างมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทก/มวลจุลินทรีย์ในถังสเติมไลเซชัน
เท่ากับ 0.59 ซึ่งจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการหาโดยใช้สมการที่ (3.4) ซึ่งจะได้อัตรา
ส่วนดังกล่าวเป็น 0.5 เมื่อไม่คิดค่า $k_c t_c$

5. การกระจายของมวลจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา

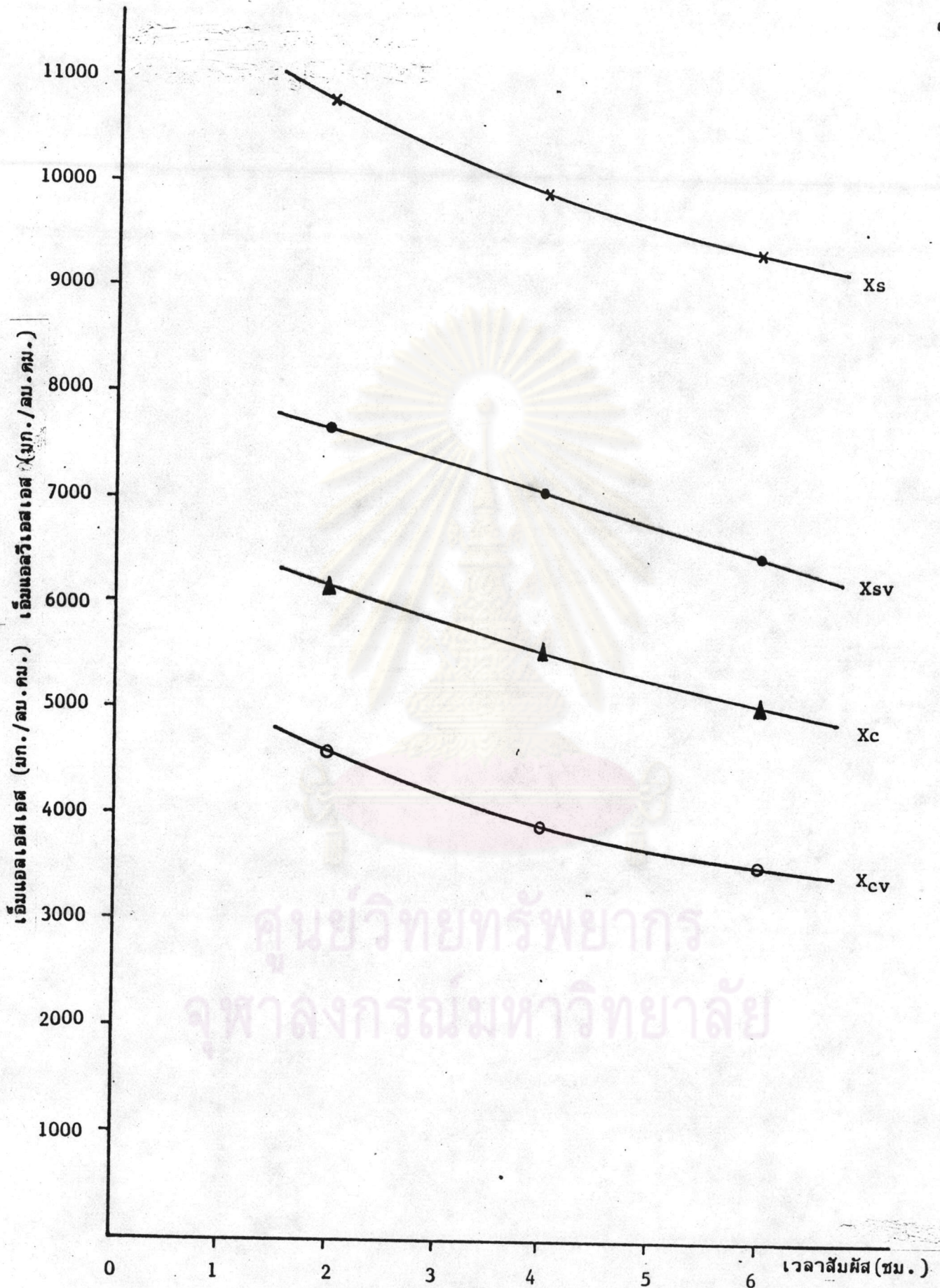
การควบคุมการทำงานของระบบสำหรับการวิจัยนี้ ตัวแปรตัวหนึ่งที่ใช้คือเวลาสัมผัส
ในถังคอนแทก ดังนั้นสัดส่วนของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทกและถังสเติมไลเซชันจะมีผลมาจาก
การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของถังคอนแทกโดยตรง

สัดส่วนของจุลินทรีย์ในถังคอนแทกและถังสเติมไลเซชันจะอยู่ระหว่าง 12 - 30 %
และ 70 - 88 % ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.9 , 5.10 และ 5.11 โดยในที่นี้ถือว่า
ปริมาณมวลจุลินทรีย์ในถังตกตะกอนมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับมวลจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยาทั้งสองการ
กระจายของมวลจุลินทรีย์นี้จะมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละค่าของเวลาสัมผัสที่อายุตะกอนต่างๆ กัน

6. อัตราส่วนระหว่างเอ็มแอลวีเอส เอส/เอ็มแอลเอส เอส

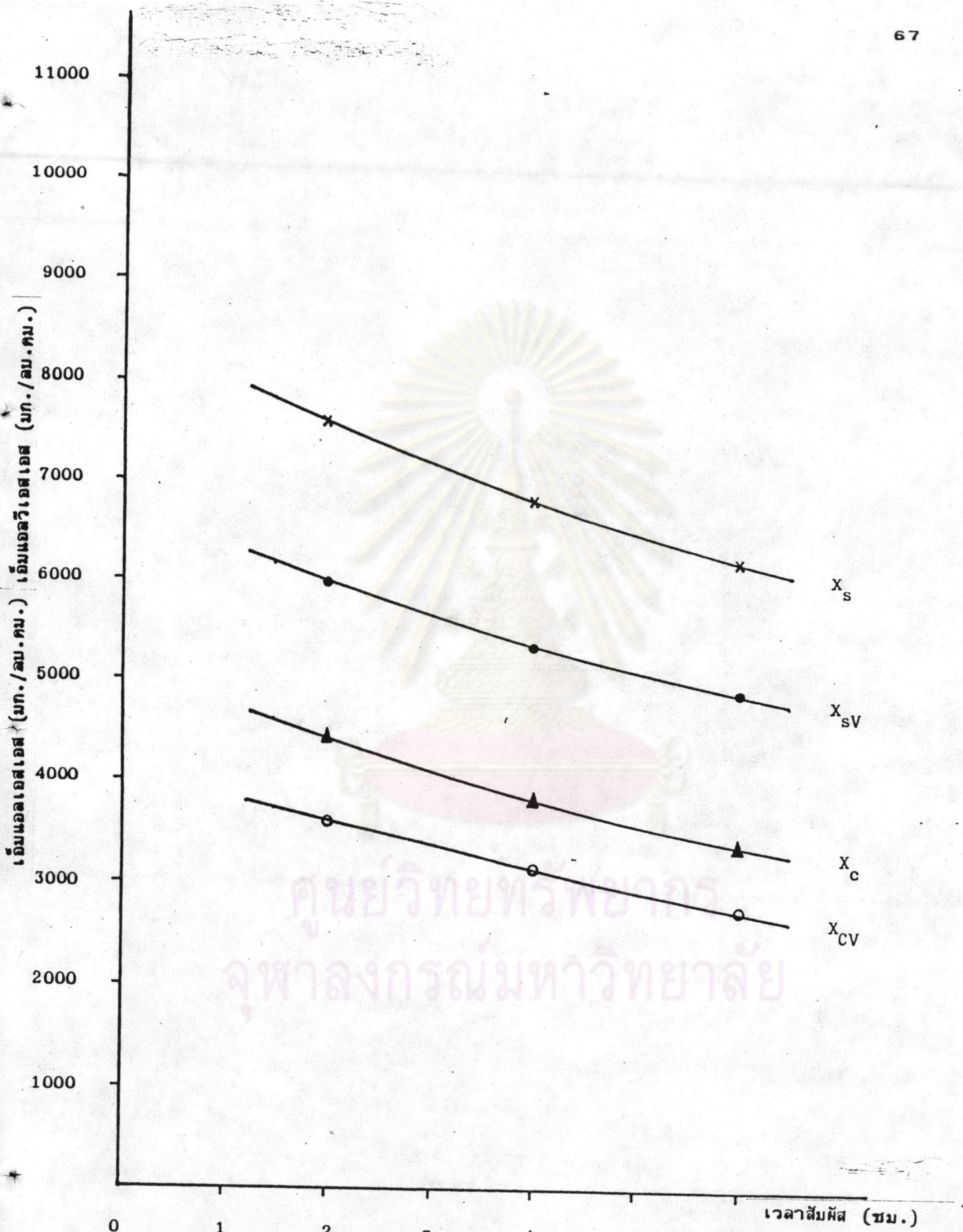
อัตราส่วนระหว่างเอ็มแอลวีเอส เอส/เอ็มแอลเอส เอส ของระบบคอนแทกสเติมไล
เซชันที่ได้ในการวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ย 0.78 ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้ในการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ดัง
แสดงในตารางที่ 5.1 อัตราส่วนที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.71 - 0.86 เมื่ออายุตะกอนลดลงจาก
20 วัน เหลือ 5 วัน การที่อัตราส่วนดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุตะกอนลดลงนั้น เนื่องจากที่
ค่าอายุของตะกอนสูงระบบจะมีอัตราการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจนของจุลินทรีย์ต่ำ อีกทั้งจะมีสาร
เหนียวและสารที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ตกค้างอยู่ในระบบมาก

ผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.12 ซึ่งสามารถเขียนสมการของอัตราส่วน
ระหว่างเอ็มแอลวีเอส เอส/เอ็มแอลเอส เอสได้เป็น $VSS/SS = 0.896 - 0.01 \theta_c$



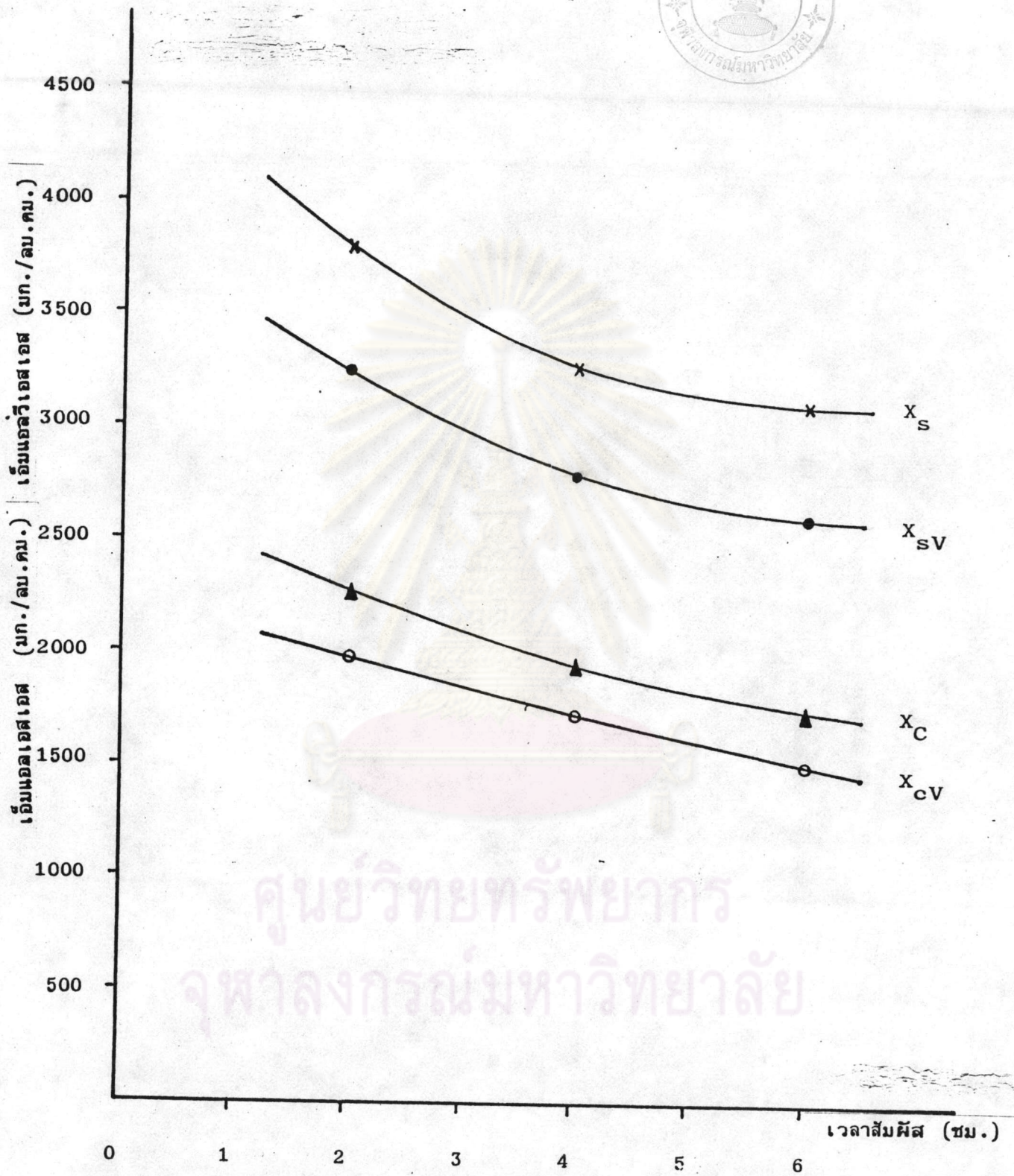
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.6 ความเข้มข้นของมวลสารอินทรีย์ในถังคอนแทคและถังส เดบิไลเซชันที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ กัน ที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน

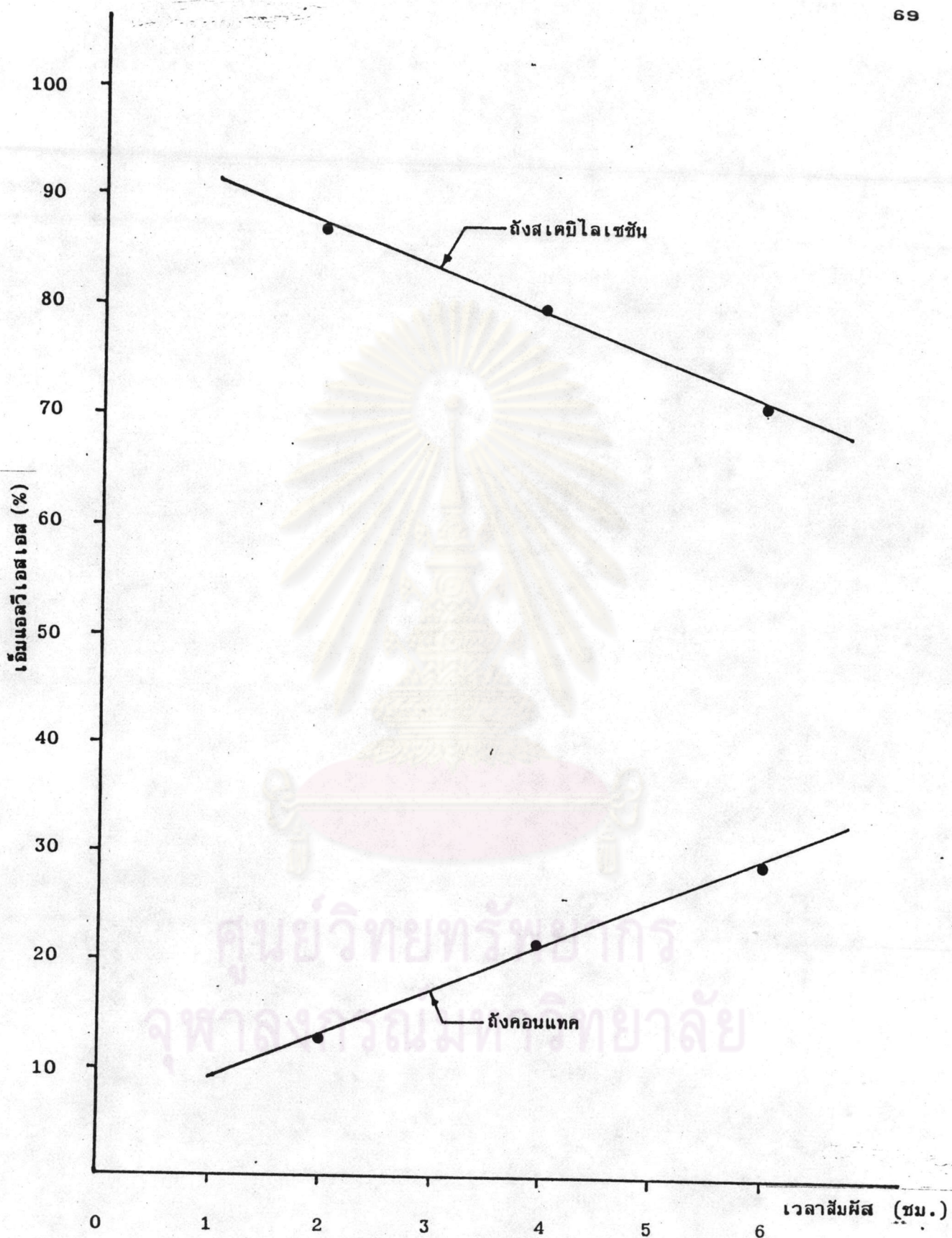


รูปที่ 5.7

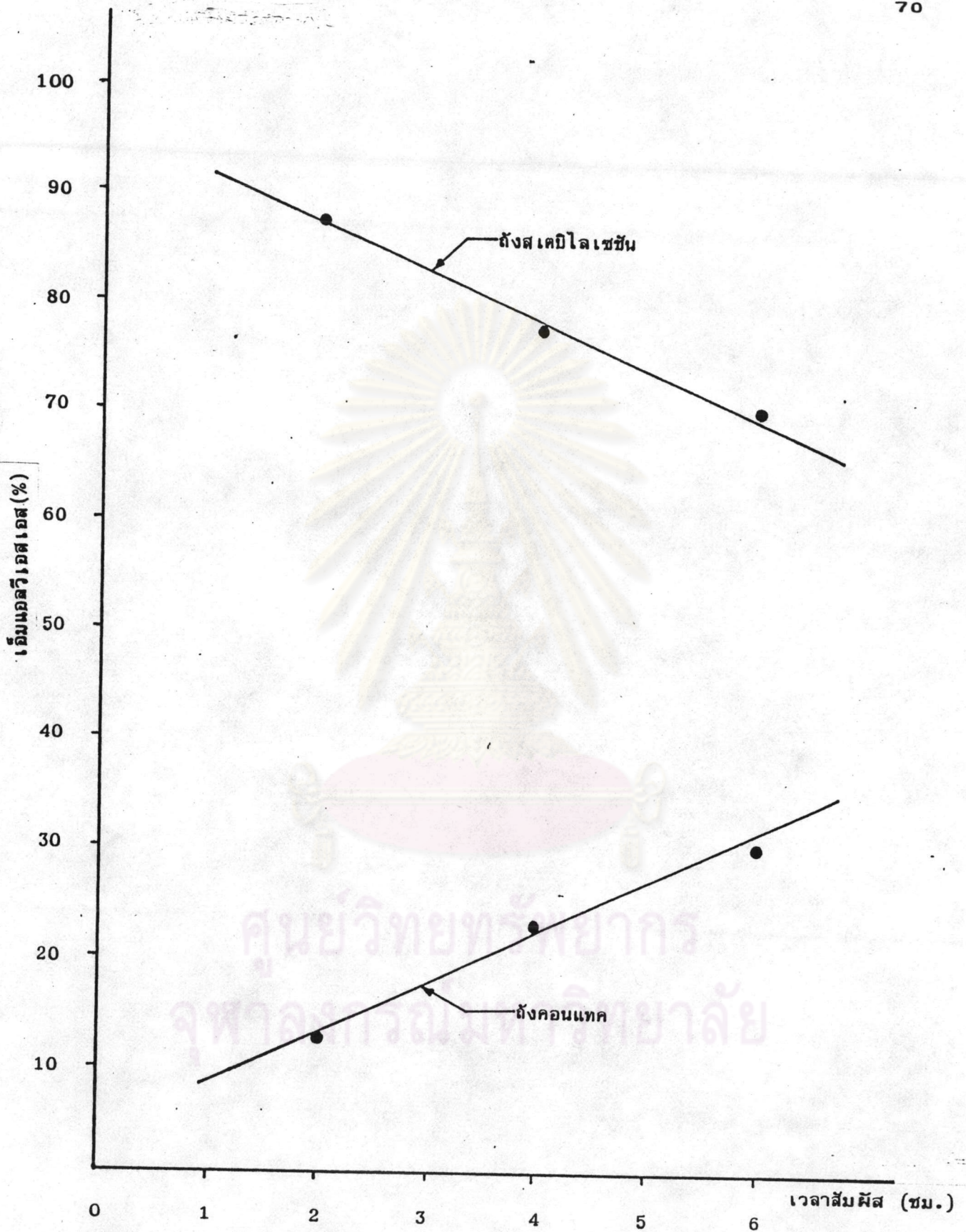
รูปแสดงความสัมพันธ์ของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทคและถังสเคมิโลเซชันที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ กัน ที่ค่าอายุตะกอน 10 วัน



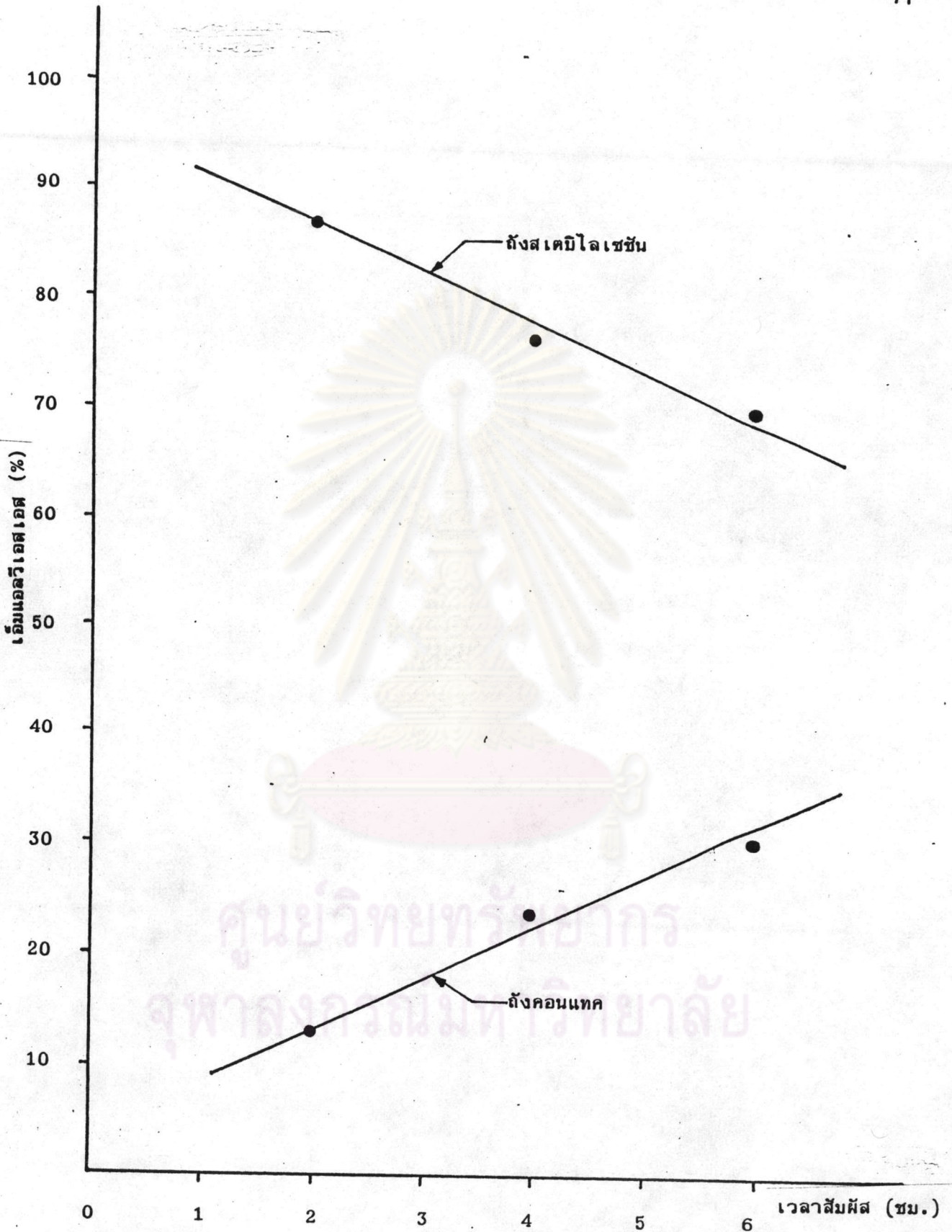
รูปที่ 5.8 ความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทกและถังสคิลโลเซชันที่เวลาสัมพัทธ์ต่าง ๆ กัน ที่ค่าอายุตะกอน 5 วัน



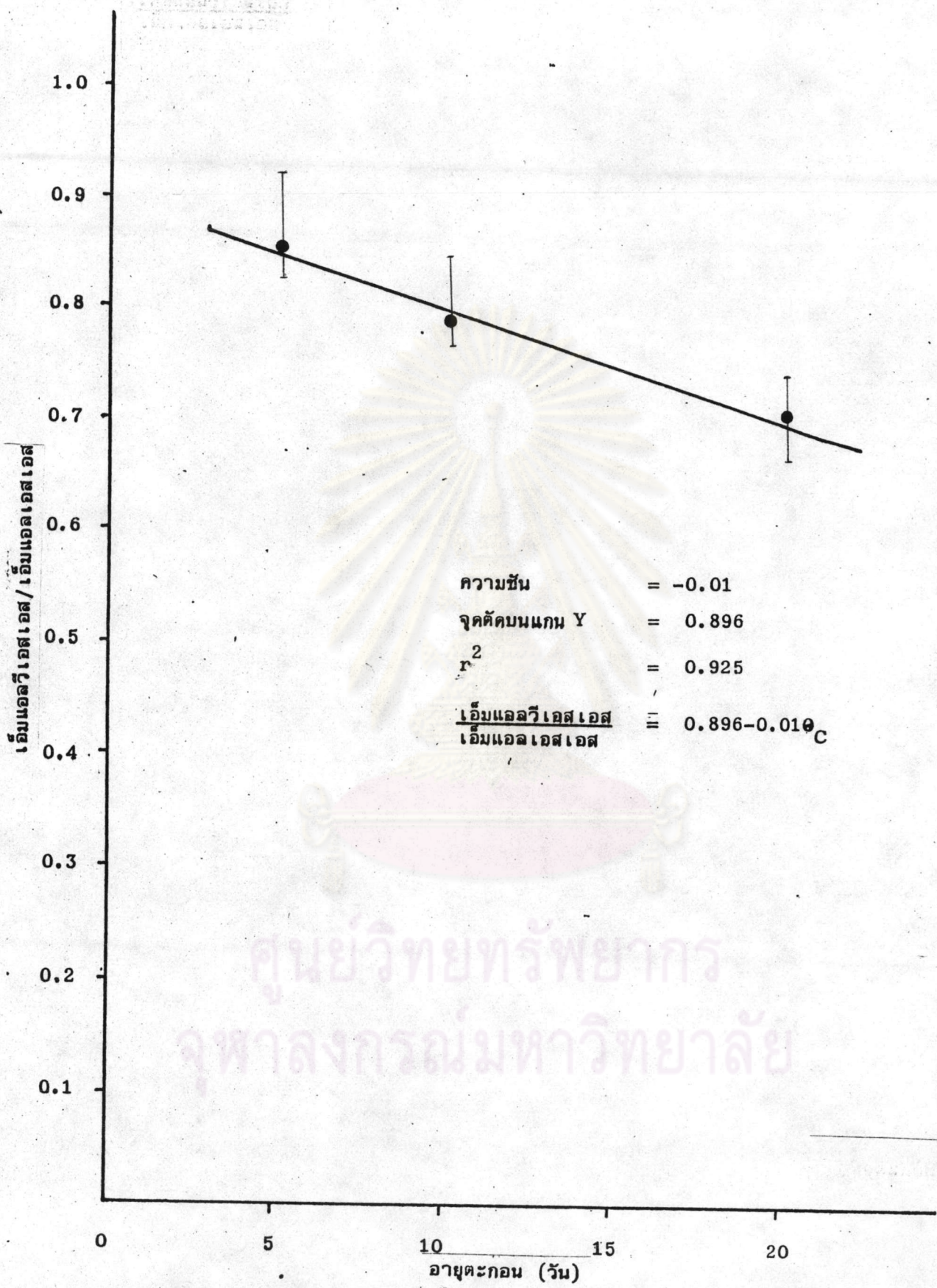
รูปที่ 5.9 สัดส่วนของมวลจุลินทรีย์ในถึงคอนแทคและถึงสเตรปโตค็อกคัสที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน



รูปที่ 5.10 สัดส่วนของมวลจุลินทรีย์ในดังคอนแทคและดังสเคปิโลเซชันที่ค่าอายุตะกอน 10 วัน



รูปที่ 5.11 สัดส่วนของมวลจุลินทรีย์ในถึงคอนแทคและถึงสเคบิลเซชันที่ค่าอายุตะกอน 5 วัน



ความชัน = -0.01
 จุดตัดบนแกน Y = 0.896
 r^2 = 0.925
เอ็มแอลวีเอตเอต
เอ็มแอลเอตเอต = $0.896 - 0.010C$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.12 อัตราส่วนระหว่างเอ็มแอลวีเอตเอต/เอ็มแอลเอตเอตที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ

สำหรับดังปฏิกิริยาแต่ละดังอัตราส่วนระหว่าง เอ็มแอลวีเอส เอส/ เอ็มแอลเอส เอสจะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย คือ มีค่า 0.712 - 0.876 สำหรับดังคอนแทค และในดังสเคมิไลเซชัน จะมีอัตราส่วนเป็น 0.708 - 0.853 ในช่วงอายุของตะกอนระหว่าง 5 - 10 วัน ซึ่งจากผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นว่าศักยภาพของจุลินทรีย์ ของตะกอนในดังสเคมิไลเซชันจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดังคอนแทค

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบอัตราส่วน เอ็มแอลวีเอส เอส/ เอ็มแอลเอส เอส ที่ได้จากการวิจัยนี้กับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ

อายุ ตะกอน	เอ็มแอลวีเอส เอส/ เอ็มแอลเอส เอส ที่ได้จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการ				เอ็มแอลวีเอส เอส/ เอ็มแอลเอส เอส ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี่			
	จำนวน การ ทดลอง	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	จำนวน การ ทดลอง	เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
2	7	0.919	0.835	0.949	-	-	-	-
5	9	0.874	0.818	0.929	9	0.855	0.830	0.892
10	16	0.789	0.750	0.816	9	0.790	0.776	0.800
20	17	0.716	0.646	0.780	9	0.708	0.675	0.725
รวมรวม	49	0.798	0.646	0.949	27	0.784	0.675	0.892

7. ประสิทธิภาพของระบบ

การหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบคอมแทคสเคมิไลเซชัน ถือว่าไม่มีปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดขึ้นในดังตกตะกอน โดยหาค่าประสิทธิภาพของระบบจากสมการ

$$n_T = \frac{x_i - x_c}{x_i} \times 100$$

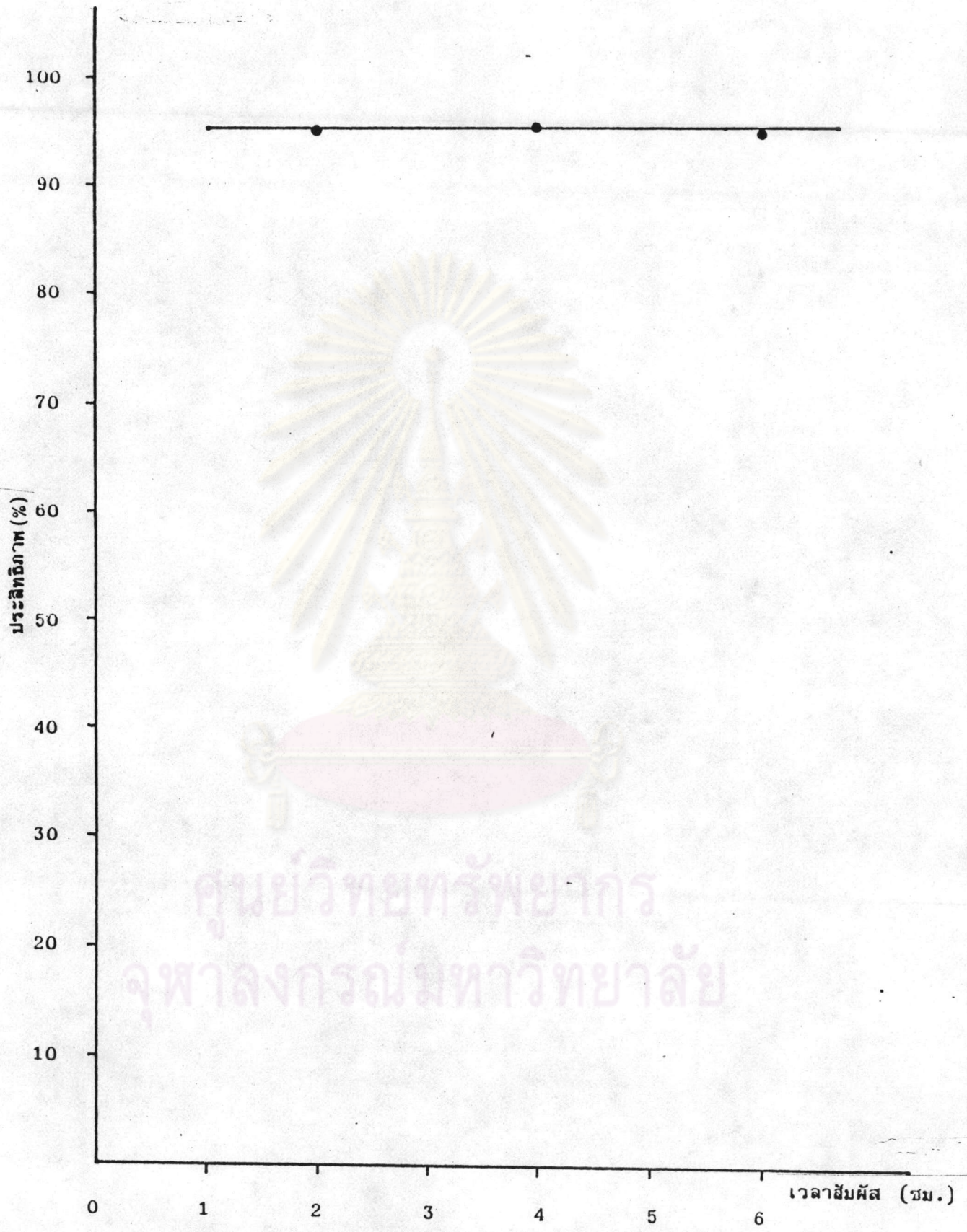
ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่าค่าซีไอคิของน้ำใส (ที่ผ่านการกรองโดยกระดาษกรอง GF/C) ในดังคอนแทคและดังตกตะกอนมีค่าใกล้เคียงกันมาก สมบัติฐานดังกล่าวจึงใกล้เคียงกับความจริง

ประสิทธิภาพของระบบที่ได้จากการวิจัยนี้จะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 92 - 95% ดังแสดงในรูปที่ 5.13 , 5.14 โดยจะมีค่าลดลงเมื่ออายุตะกอนลดลง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตามผลการวิจัยที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการจะมีข้อแตกต่างกันอยู่หลายประการดังแสดงในตารางที่ 5.2

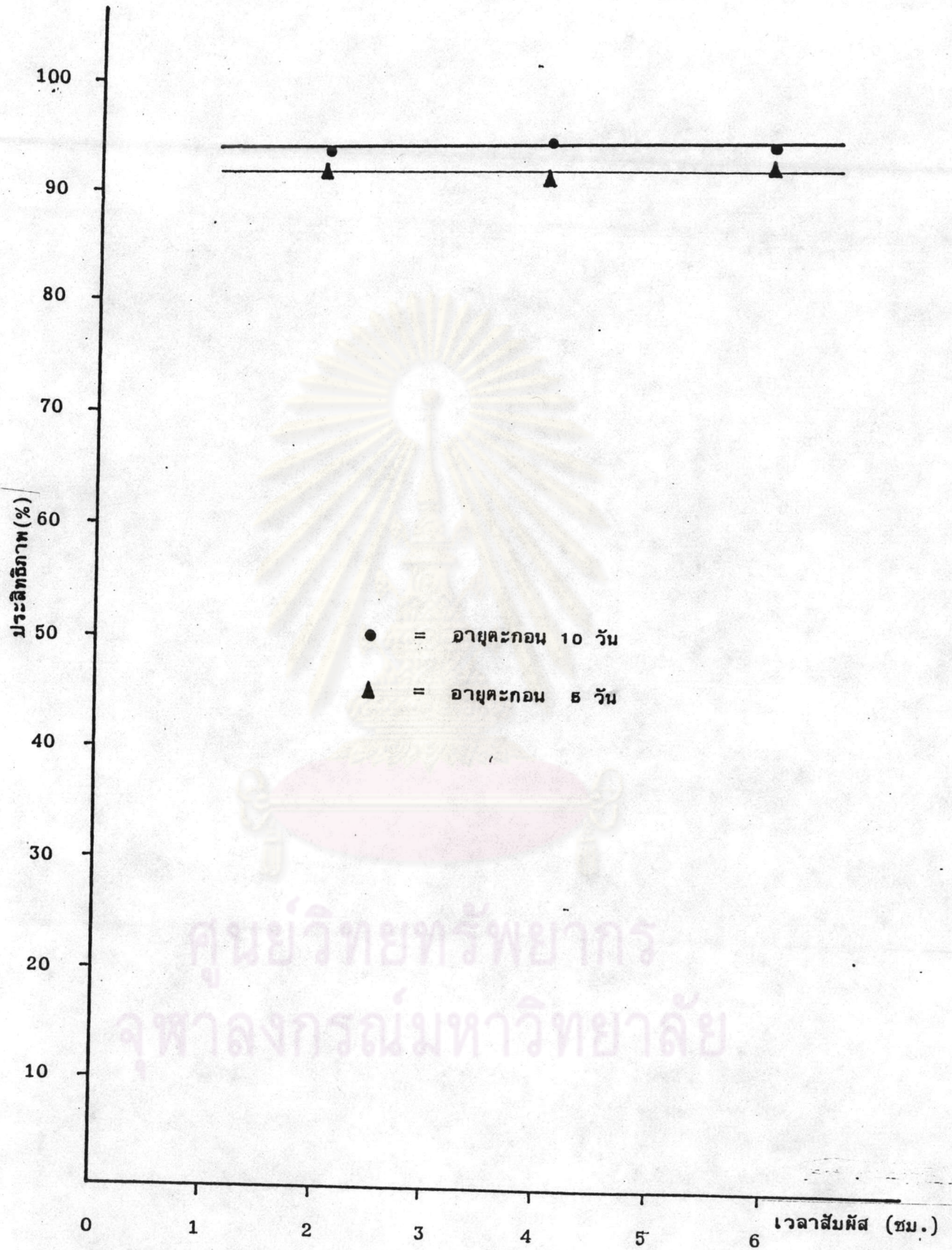
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องทดลองค้นแบบกับเครื่องทดลองในห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของเครื่องทดลองค้นแบบ	ผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการ
1. ในแต่ละค่าของอายุตะกอน ประสิทธิภาพของระบบจะไม่แตกต่างกัน เมื่อเวลาสัมผัสต่างกัน	1. ในแต่ละค่าของอายุตะกอน ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเวลาสัมผัสลดลง
2. ประสิทธิภาพของระบบที่อายุตะกอน 20 และ 10 วัน มีค่าใกล้เคียงกันมากและจะลดลงเมื่ออายุตะกอนมีค่าต่ำกว่า 10 วัน	2. ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงเมื่ออายุตะกอนลดลงโดยจะเป็นไปตามสมการ $\eta_T = 86.6 + 0.36 \theta_c$
3. ประสิทธิภาพสูงสุดที่อายุตะกอน 20 วันมีค่าในการกำจัด COD ร้อยละ 95	3. ประสิทธิภาพสูงสุดที่อายุตะกอน 20 วันมีค่าในการกำจัด COD ร้อยละ 97
4. ความเข้มข้นของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าสูงกว่าและมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการวิจัย	4. ความเข้มข้นของน้ำเสียเข้าระบบมีค่าต่ำกว่าและขึ้นอยู่กับ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียในแต่ละครั้ง

สาเหตุของความแตกต่างของผลการวิจัยทั้งสอง เนื่องจากในการวิจัยนี้ทำการวิจัยโดยควบคุมระบบให้ทำงานในสภาวะที่มีอายุตะกอนและเวลาสัมผัสที่เหมาะสม จึงไม่สามารถเห็นการลดลงของประสิทธิภาพของระบบเมื่อเวลาสัมผัสลดลงได้อย่างเด่นชัด และความเข้มข้นของน้ำเสียเข้าระบบที่ใช้ในการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่สภาวะอื่น ๆ ที่ใช้ในการควบคุมระบบมีค่าใกล้เคียงกัน ประสิทธิภาพระบบในการวิจัยนี้จึงมีค่าน้อยกว่าที่ได้ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 5.13 ประสิทธิภาพของระบบที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ ที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน



รูปที่ 5.14 ประสิทธิภาพของระบบที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ ที่ค่าอายุตะกอน 10 และ 5 วัน

อนึ่งในการวิจัยนี้ประสิทธิภาพระบบที่อายุตะกอนสูงกว่า 10 วัน มีค่าใกล้เคียงกันมากเนื่องจากอิทธิพลของอายุตะกอนที่มีต่อค่าซีไอคิของน้ำทิ้งจากระบบจะมีน้อยมาก เมื่อควบคุมระบบให้มีค่าอายุตะกอนที่เหมาะสม ดังนั้นผลการวิจัยที่ได้จากการวิจัยนี้จึงไม่สามารถแสดงการลดลงของค่าซีไอคิในน้ำทิ้งจากระบบเมื่ออายุตะกอนมากขึ้นให้เห็นได้อย่างเด่นชัด

8. น้ำหนักรรทุกซีไอคิ

การวิจัยนี้ใช้น้ำเสียเข้าระบบที่มีค่าซีไอคิค่อนข้างคงที่ ดังนั้น ค่าน้ำหนักรรทุกซีไอคิจะขึ้นอยู่กับอายุตะกอน โดยค่าน้ำหนักรรทุกซีไอคิของระบบจะลดลงจาก 1.10 กรัม ซีไอคิ/กรัมวีเอสเอส-วัน ที่อายุตะกอน 5 วัน เหลือ 0.45 กรัมซีไอคิ/กรัมวีเอสเอส-วัน ที่อายุตะกอน 20 วัน ความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักรรทุกซีไอคิกับอายุตะกอนแสดงในรูปที่ 5.15 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

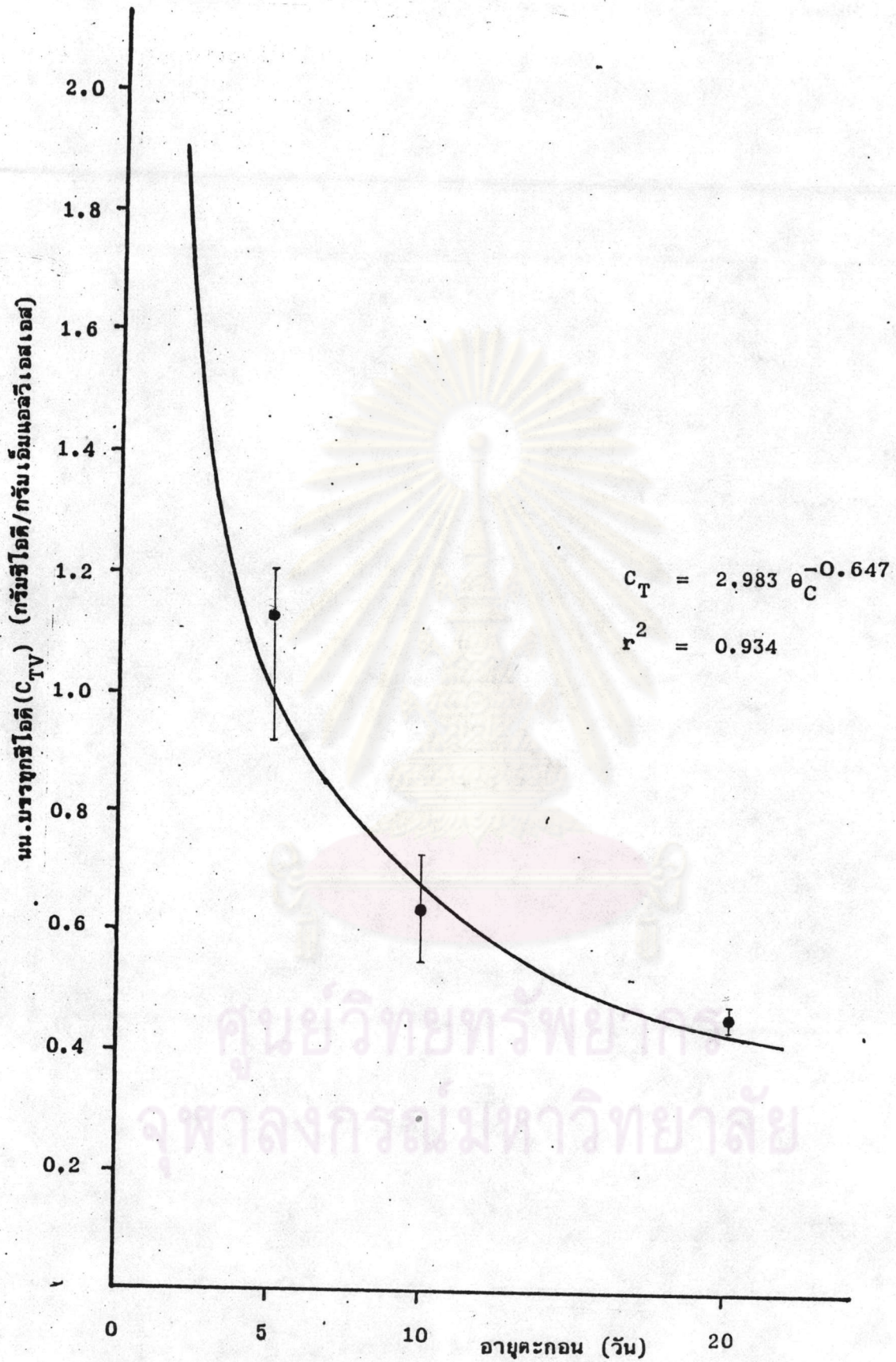
$$C_T = 2.983 \theta_c^{-0.647}$$

โดยค่าน้ำหนักรรทุกซีไอคิของการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าที่ใช้ในการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่าน้ำหนักรรทุกซีไอคิเป็นไปตามสมการ

$$C_T = 3.056 \theta_c^{-0.804}$$

9. อิทธิพลของเพอร์ริคคโลไรด์ที่มีต่อจุลินทรีย์แบบเส้นใย

ในช่วงการเริ่มต้นการทำงานของระบบได้ เกิดปัญหาตะกอนจมไม่ลง เนื่องจากเกิดจุลินทรีย์แบบเส้นใย เช่นเดียวกับที่ได้เกิดขึ้นในการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ถึงแม้ว่าการวิจัยนี้จะควบคุมปริมาณอาหารเสริมโดยใช้อัตราส่วนของ ซีไอคิ : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เป็น 100 : 5 : 1 แล้วก็ตาม อัตราส่วนดังกล่าวนี้จะมากกว่าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้อัตราส่วน 150 : 5 : 1 ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองมีการหาค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทำเฉพาะการทดลองที่ 1-1 , 2-1 , 3-2 , 4-1 , 5-1 , 6-1 , 7-1 , 8-1 และ 9-1 เท่านั้น ดังนั้น เพื่อให้แน่ใจว่าปัญหาตะกอนจมไม่ลงไม่ได้เกิดจากสาเหตุของการขาดอาหารเสริมคือไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จึงได้ใช้อัตราส่วน ซีไอคิ : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เป็น 100:5:1



รูปที่ 5.15

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบราบทุกชีไอติกับค่าอายุตะกอน

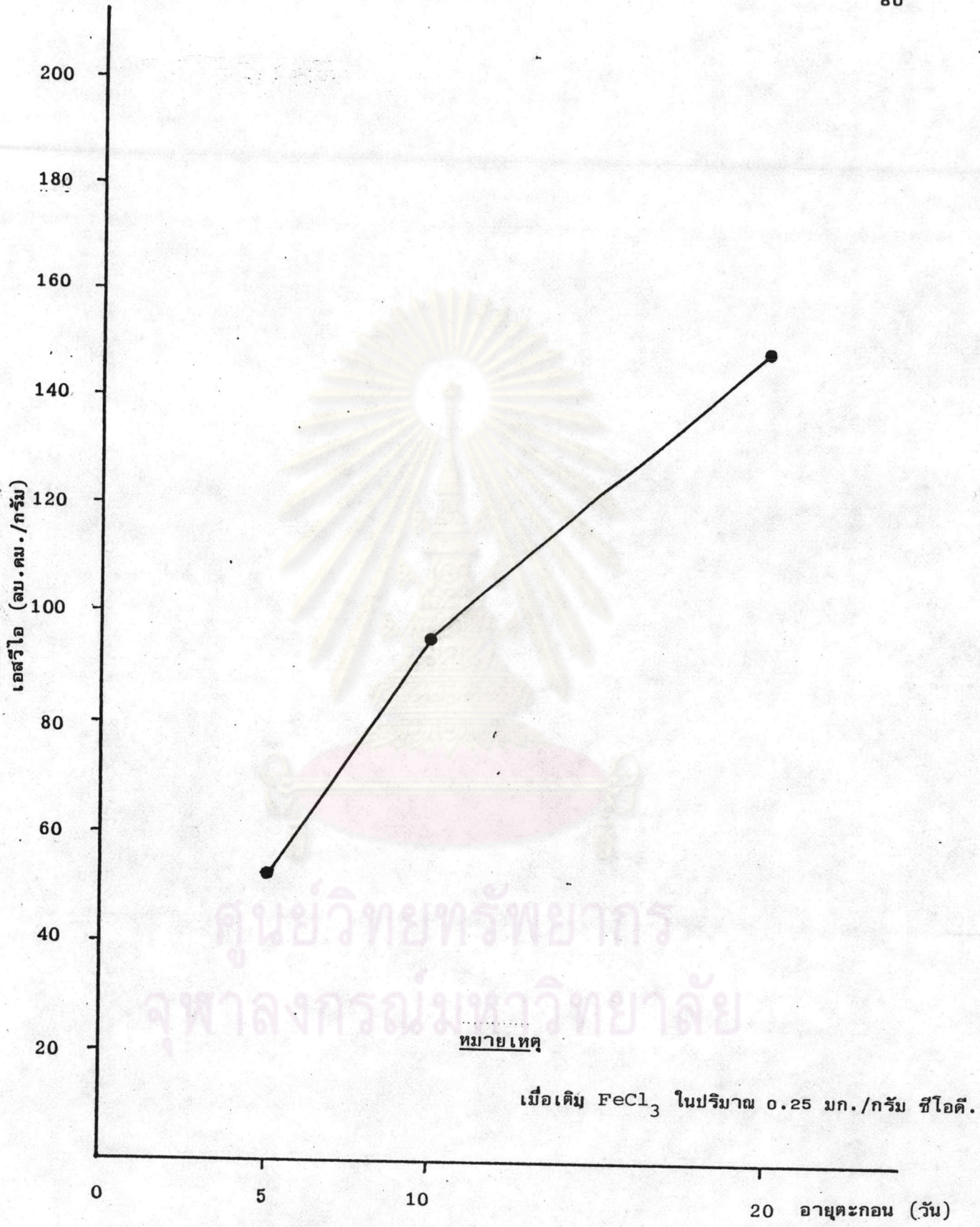
การแก้ปัญหาคะกอนจมไม่ลงที่เกิดขึ้น ทำโดยการเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ลงไปในถังคอนแทคในปริมาณ 0.25 มก./1,000 มก.ซีโอดี ซึ่งปัญหาคะกอนจมไม่ลงจะหมดได้ ในเวลา 3 สัปดาห์ และหลังจากนั้นก็เติมเฟอร์ริกคลอไรด์ในปริมาณที่ลดการวิจัย ซึ่งผลที่ได้พบว่าค่าดัชนีปริมาตรตะกอน (sludge volume index , SVI) จะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุตะกอนดังแสดงในรูปที่ 5.16 โดยลดลงจาก 160 ลบ.คม./กรัมเอสเอส ที่อายุตะกอน 20 วัน เหลือประมาณ 40 ลบ.คม./กรัมเอสเอส ที่อายุตะกอน 5 วัน ผลการวิจัยที่ได้นี้ตรงกันข้ามกับผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการซึ่งค่าเอสวีไอจะลดลงเมื่ออายุตะกอนมากขึ้น เมื่อเติม $FeCl_3$ ในปริมาณเท่ากัน

ผลการวิจัยที่ได้ชี้ให้เห็นว่าค่าพิกัดบรทุกซีโอดีที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุตะกอนลดลง ซึ่งเนื่องมาจากปริมาณมวลจุลินทรีย์ลดลงนั้นไม่ใช่สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาคะกอนจมไม่ลง สำหรับการทดลองนี้ หรืออีกนัยหนึ่งคือ ระบบสามารถทำงานได้ดีภายในช่วงของน้ำพิกัดบรทุกซีโอดีระหว่าง 0.45 - 1.10 กรัมซีโอดี/กรัมวีเอสเอส-วัน ปัญหาคะกอนจมไม่ลงที่เกิดขึ้นน่าจะมีสาเหตุมาจากลักษณะของน้ำเสียที่เข้าถังคอนแทคซึ่งอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนและยังมีกรควอลา-ไทลอยู่ในน้ำเสียมากกว่า ดังนั้นการเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ซึ่งเชื่อว่าเป็นตัวช่วยให้จุลินทรีย์ชนิดที่รวมตัวเป็นฟล็อกเจริญเติบโตได้ดี เพื่อแก้ปัญหาคะกอนจมไม่ลงโดยใช้ความเข้มข้นคงที่ตลอดการวิจัย จะทำให้ค่าอัตราส่วนของปริมาณเฟอร์ริกคลอไรด์/มวลจุลินทรีย์ ในระบบที่อายุตะกอนต่ำมีค่าสูงกว่าอัตราส่วนดังกล่าวที่อายุตะกอนสูง ผลของเฟอร์ริกคลอไรด์ในการช่วยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นฟล็อกค่อนหนึ่งหน่วยของมวลจุลินทรีย์ที่อายุตะกอนต่ำจึงสูงกว่า ค่าเอสวีไอที่วัดได้จึงมีค่าลดลงเมื่ออายุตะกอนลดลงนอกจากนี้เฟอร์ริกคลอไรด์ยังเป็นสารช่วยตกตะกอน (coagulant) อีกด้วย จึงอาจจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้ตะกอนรวมตัวกันได้ดีและตกตะกอนเร็วขึ้น

การหาค่ากำหนดต่าง ๆ

1. สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (a) และสัมประสิทธิ์การตาย (k_2)

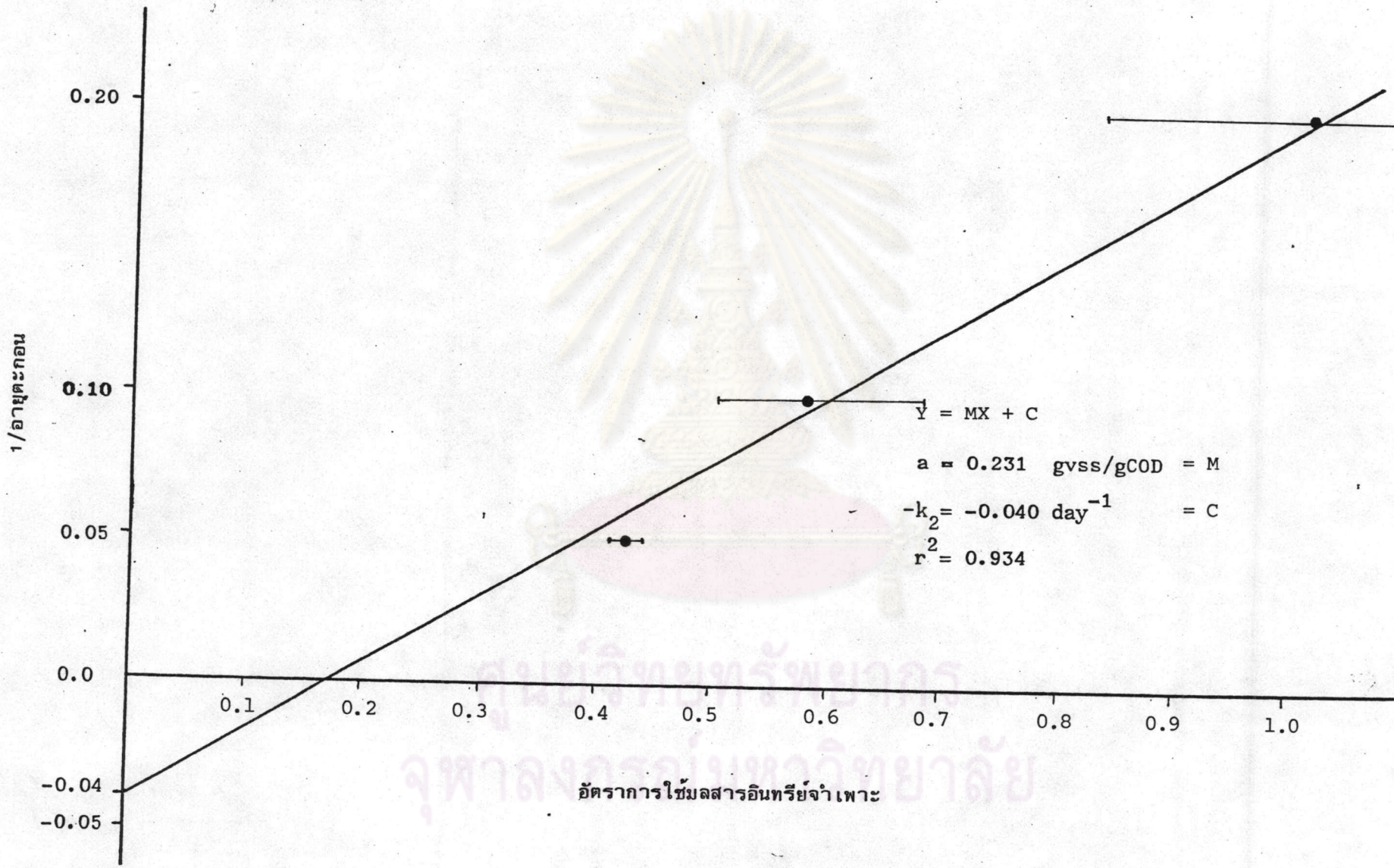
จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้มวลสารอินทรีย์จำเพาะ และอายุตะกอนของระบบซึ่งเขียนได้เป็น $k_T = \frac{1}{\theta_c} = aU_T - k_2$ เราสามารถหาค่า a และ k_2 ได้จากกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.17 โดยความชันของเส้นตรงที่ได้เป็นค่าของ a และจุดตัดของเส้นตรงบนแกนตั้งจะเป็นค่า k_2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หมายเหตุ

เมื่อเติม $FeCl_3$ ในปริมาณ 0.25 มก./กรัม ซีไอดี.

รูปที่ 5.16 ค่าเฮสรีโอที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ



รูปที่ 5.17

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้มลสารอินทรีย์จำเพาะและค่าอายุตะกอน

ค่าของ a และ k_2 ที่ได้จากการวิจัยนี้พบว่า มีค่า $a = 0.231$ กรัมวีเอสเอส/กรัมซีไอดี หรือ $a = 0.247$ กรัมเอสเอส/กรัมซีไอดี และ $k_2 = -0.04$ วัน⁻¹ เมื่อคิดโดยใช้วีเอสเอส หรือ $k_2 = -0.018$ วัน⁻¹ เมื่อคิดโดยใช้เอสเอส ผลการวิจัยที่ได้นี้จะได้อัตรา k_2 ที่ใกล้เคียงกับ k_2 ที่ได้ในท้องปฏิบัติการ เนื่องจากการวิจัยนี้ใช้เวลาเก็บกากในถังสเติมไลเซชันใกล้เคียงกับที่ใช้ในท้องปฏิบัติการ แต่ค่า a ที่ได้มีค่าต่ำกว่าที่ได้ในท้องปฏิบัติการ ทั้งนี้สามารถอธิบายได้โดยอาศัยสมการข้างต้น กล่าวคือ ที่อายุตะกอนเท่ากัน และค่า k_2 ใกล้เคียงกัน ค่าของ a จะขึ้นอยู่กับ U_T เท่านั้น ซึ่งในการวิจัยนี้ได้ค่า U_T สูงกว่าที่ได้ในท้องปฏิบัติการดังแสดงเปรียบเทียบในตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 ดังนั้นจึงทำให้ค่า a ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้ในท้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 5.3 ตารางเปรียบเทียบอัตราการไข่มลสารอินทรีย์จำเพาะ
(เมื่อคิดจากเอ็มแอลเอสเอส)

ผลที่ได้ในท้องปฏิบัติการ						ผลที่ได้ในการวิจัยนี้					
θ_c (วัน)	k_T (วัน ⁻¹)	จำนวน การ ทดลอง	U_T (วัน ⁻¹)			θ_c (วัน)	k_T (วัน ⁻¹)	จำนวน การ ทดลอง	U_T (วัน ⁻¹)		
			เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด				เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
2	0.50	5	1.528	1.200	1.925	-	-	-	-	-	-
5	0.20	8	0.667	0.541	0.769	5	0.20	9	0.874	0.727	0.926
10	0.10	15	0.327	0.250	0.411	10	0.10	9	0.460	0.406	0.543
20	0.05	12	0.197	0.157	0.231	20	0.05	9	0.302	0.283	0.325

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 5.4 ตารางเปรียบเทียบอัตราการใช้ผลสารอินทรีย์จำเพาะ
(เมื่อคิดจากเอ็มแอลวีเอส เอส)

ผลที่ได้ในห้องปฏิบัติการ						ผลที่ได้ในการวิจัยนี้					
θ_c (วัน)	k_T (วัน ⁻¹)	จำนวน จาก ทดลอง	U_T (วัน ⁻¹)			θ_c (วัน)	k_T (วัน ⁻¹)	จำนวน การ ทดลอง	U_T (วัน ⁻¹)		
			เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด				เฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด
2	0.50	5	1.648	1.292	2.138	-	-	-	-	-	-
5	0.20	8	0.760	0.604	0.879	5	0.20	9	1.020	0.837	1.116
10	0.10	15	0.415	0.325	0.515	10	0.10	9	0.582	0.508	0.689
20	0.05	12	0.276	0.276	0.347	20	0.05	9	0.426	0.416	0.448

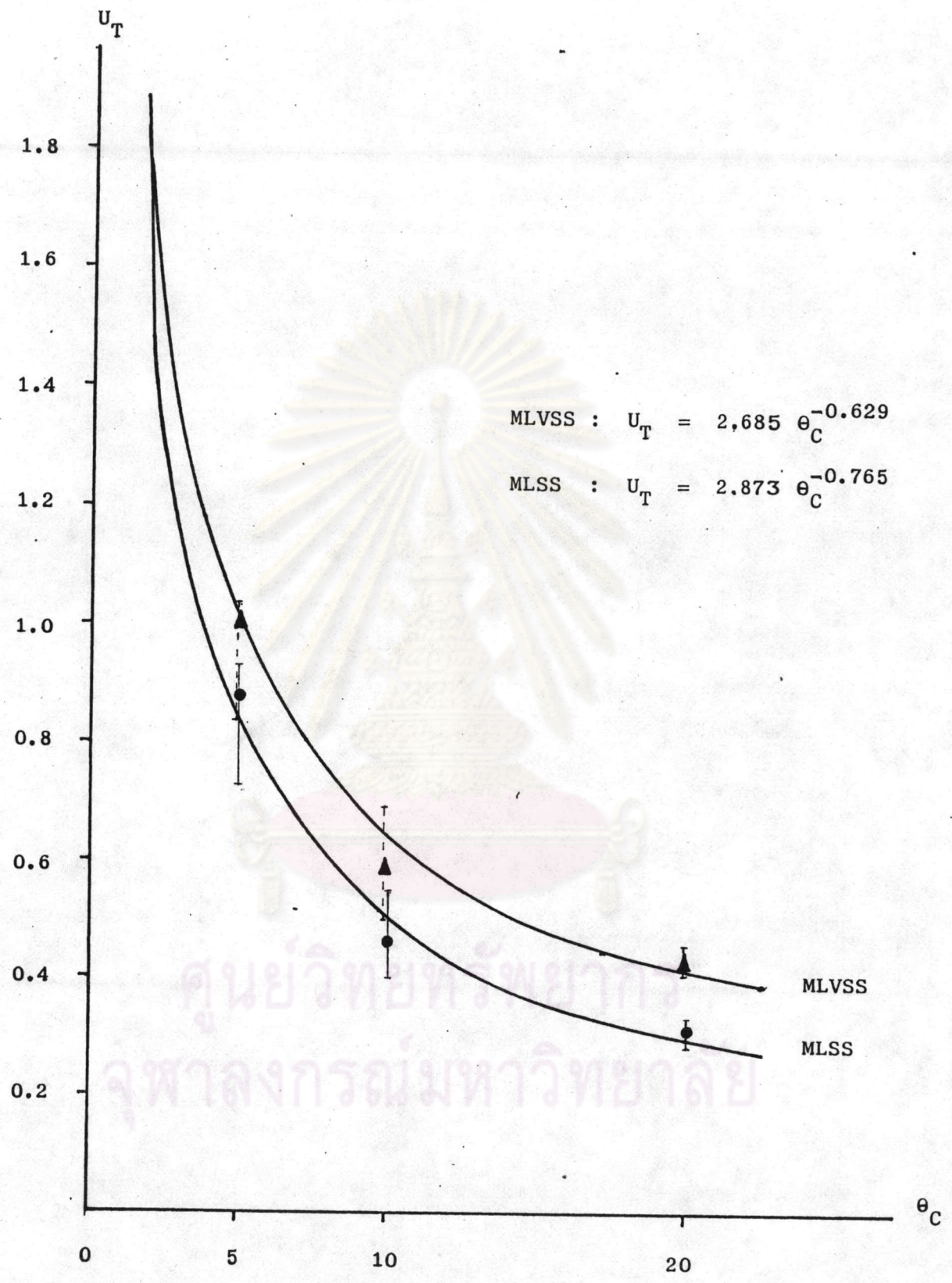
ค่าของ a และ k_2 นี้ได้เคยมีผู้ทำการศึกษาไว้ดังแสดงในตารางที่ 5.5 โดย GUJER และ JENKINS (18) พบว่า k_2 เป็นค่ากำหนดที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิในขณะที่ค่าของ a จะเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น คือ a จะมีค่า 0.48 กรัมวีเอสเอส/กรัมซีโอดี ที่ 11 องศาเซลเซียส และมีค่า 0.38 กรัมวีเอสเอส/กรัมซีโอดี ที่ อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ในขณะที่ k_2 มีค่าคงที่ที่ 0.07 วัน⁻¹ และ SAIPHANICH (14) ได้แสดงค่า a เท่ากับ 0.371 กรัมวีเอสเอส/กรัมซีโอดี และ k_2 เท่ากับ 0.053 วัน โดย ศึกษาจากน้ำทิ้งจากชุมชนเช่นเดียวกับ GUJER และ JENKINS (18)

ค่า k_2 ที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าต่างกันเมื่อคิดจาก MLSS และ MLVSS ซึ่งในทาง ทฤษฎี k_2 ควรจะมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างวีเอสเอสและเอสเอสมีค่าแตกต่างกันเมื่ออายุตะกอนเปลี่ยนแปลง จึงทำให้ได้ค่า k_2 ที่ได้แตกต่างกัน หากอัตราส่วนของ VSS/SS คงที่ควรจะมีเพียงค่า a เท่านั้นที่แตกต่างกัน

สำหรับค่า U_T ที่ได้จากการทดลองแสดงในรูปที่ 5.18 ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง U_T กับ θ_c ได้เป็น

$$U_T = 2.685 \theta_c^{-0.629} \quad (\text{เมื่อหาค่า } U_T \text{ โดยใช้ค่า MLVSS})$$

$$U_T = 2.873 \theta_c^{-0.765} \quad (\text{เมื่อหาค่า } U_T \text{ โดยใช้ค่า MLSS})$$



รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ_C กับ U_T .

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า U_T ที่ได้ในการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่ได้ในท้องปฏิบัติการ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการวิจัยนี้ใช้ค่าซีไอคิของน้ำเสียเข้าระบบสูงกว่าที่ใช้ในท้องปฏิบัติการ แต่ปริมาณมวลจุลินทรีย์ในระบบของการวิจัยทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้ได้ค่า U_T ที่สูงกว่า

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบค่า a และ k_2 ที่ได้เคยมีผู้ทำการศึกษาวิจัยกับงานวิจัยนี้

a กรัมวีเอสเอส /กรัมซีไอคิ	k_2 (วัน ⁻¹)	อุณหภูมิ (องศา- เซลเซียส)	น้ำเสียที่ใช้	ผู้ทำการวิจัย
0.480	0.07	11	น้ำทิ้งจากชุมชน	GUJER & JENKINS (1975)
0.380	0.07	21	"	GUJER & JENKINS (1975)
0.371	0.053	-	"	SAIPHANICH (1978)
0.327	0.041	-	น้ำเสียจากโรงงาน แป้งมันสำปะหลัง	จาก เครื่องทดลองในท้องปฏิบัติการ
0.231	0.040	-	"	จาก เครื่องทดลองค้นแบบ
0.336 กรัมเอสเอส /กรัมซีไอคิ	0.016	-	"	จาก เครื่องทดลองในท้องปฏิบัติการ
0.247	0.018	-	"	จาก เครื่องทดลองค้นแบบ

2. สัมประสิทธิ์การตายและสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตในถังคอนแทค [$(k_2)_c$ และ a_c]

การหาค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต (a_c) และสัมประสิทธิ์การตาย $(k_2)_c$ ของจุลินทรีย์ในถังคอนแทค หาได้โดยอาศัยสมการที่ (3.17) เช่นเดียวกับการหาค่า a และ k_2 ของระบบ โดยสามารถเขียนสมการได้เป็น $k_c = a_c U_c - (k_2)_c$ ในที่นี้ อัตราการไหลลสารอินทรีย์จำเพาะในถังคอนแทค (U_c) สามารถหาได้ จากสมการ

$$U_c = Q [x_i + R x_s - (1 + R) x_c] / M_c$$

และค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในถังสัสม์ (k_c) หาได้โดยใช้สมการ

$$k_c = \frac{(1+R) X_c - R X_s}{X_c t_c}$$

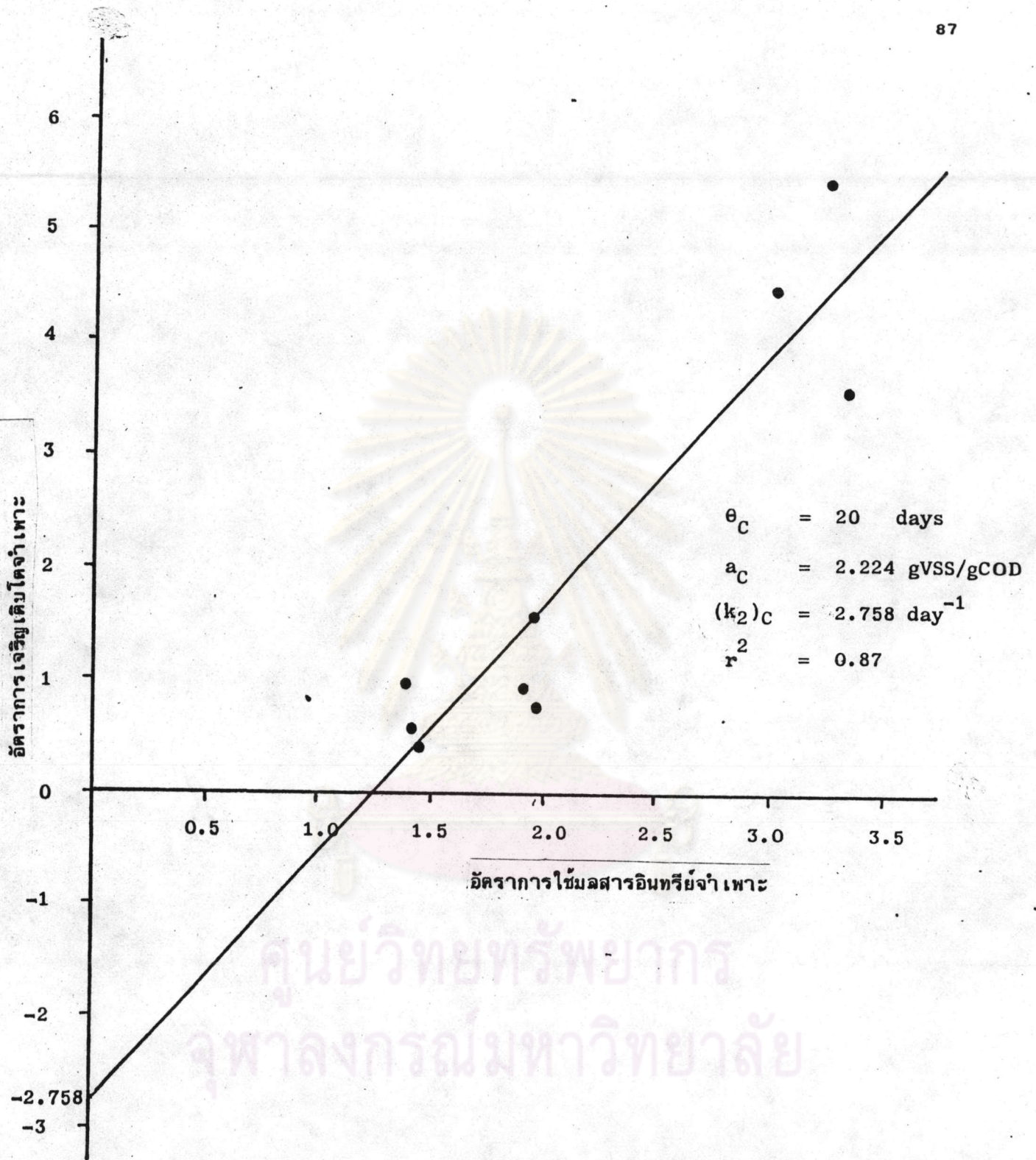
การหาค่าของ a_c และ $(k_2)_c$ สามารถหาได้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการหาค่าของ a และ k_2 คือ ความชันของเส้นตรงที่ได้ในกราฟจะเป็นค่าของ a_c และจุดตัดของเส้นตรงบนแกนแนวตั้งเป็นค่าของ $(k_2)_c$ ดังแสดงในรูปที่ 5.19 , 5.20 และ 5.21 ซึ่งค่าของ a_c และ $(k_2)_c$ ที่ได้แสดงในตารางที่ 5.6

จากสมการหาค่า k_c และ U_c จะเห็นได้ว่าค่าของ k_c และ U_c จะขึ้นอยู่กับเวลาสัสม์ (t_c) และความเข้มข้นของมวลจุลินทรีย์หรืออ็อกซิเจนหนึ่งก็คืออายุตะกอน ดังนั้นค่า $(k_2)_c$ และ a_c จึงมีค่าต่างกันเมื่ออายุตะกอนเปลี่ยนแปลงซึ่งต่างกับค่าของ a และ k_2 ที่มีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าเวลาสัสม์และอายุตะกอนเปลี่ยนไปเนื่องจาก U_T มีค่าค่อนข้างคงที่ในแต่ละค่าของอายุตะกอน

จากผลการวิจัยพบว่าค่า a_c และ $(k_2)_c$ จะลดลงเมื่ออายุตะกอนลดลงซึ่งแสดงว่า ถึงแม้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่อหนึ่งหน่วยซีไอคี่จะมีค่าต่ำเมื่ออายุตะกอนต่ำก็ตามแต่ อัตราการตายของจุลินทรีย์ก็จะต่ำด้วย ระบบจึงยังคงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้คืออยู่ เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่อยู่ในถังคอนแทคที่อายุตะกอนต่ำจะอยู่ในสภาพที่มีค่าความมีชีวิตสูง

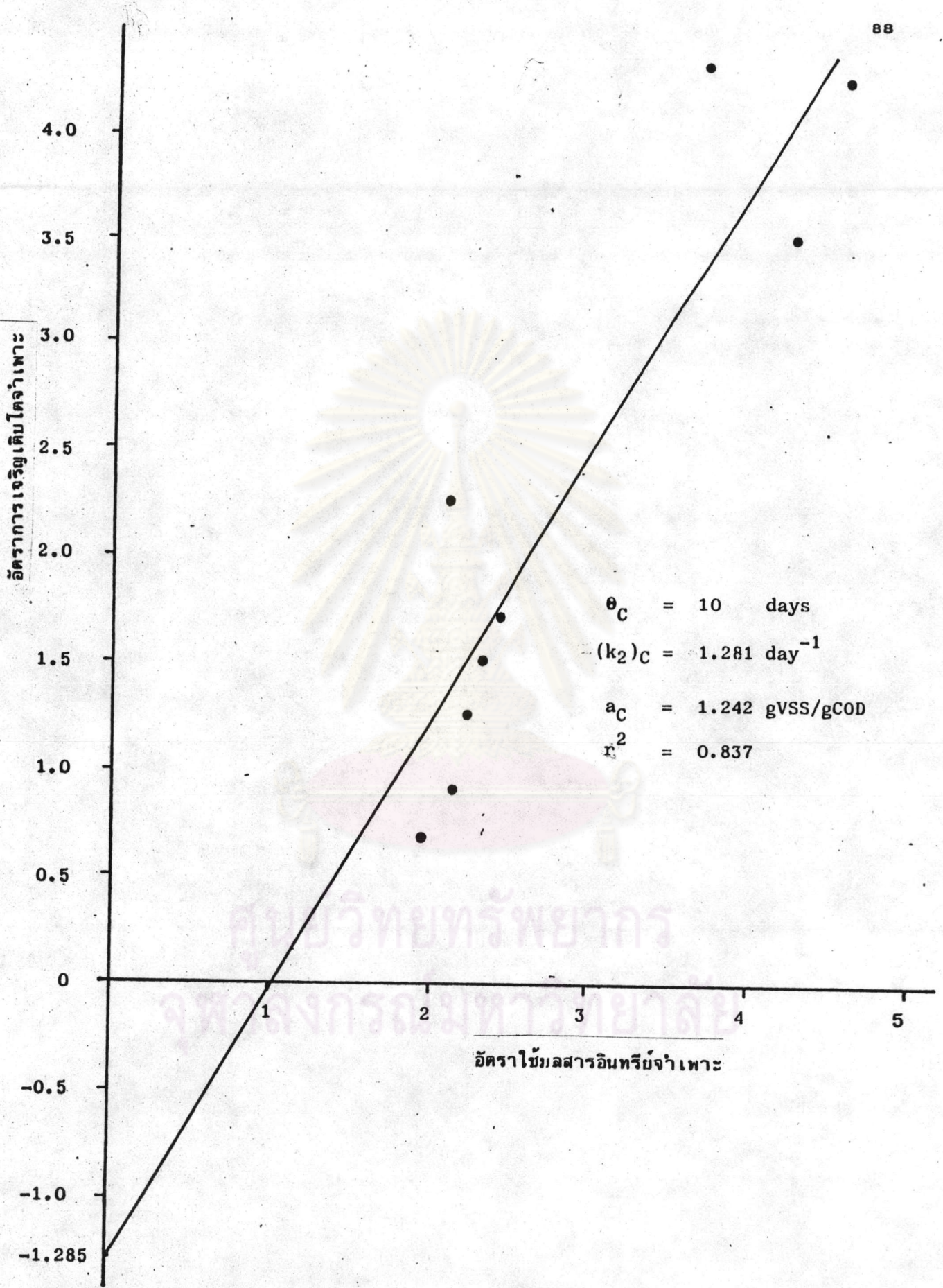
ตารางที่ 5.6 ค่า a_c และ $(k_2)_c$ ที่ได้ในห้องปฏิบัติการและที่ได้จากการวิจัยส่วนนี้

θ_c (วัน)	ผลที่ได้ในห้องปฏิบัติการ			ผลที่ได้จากการวิจัยส่วนนี้		
	a_c (กรัมวีเอสเอส/ กรัมซีไอคี่)	$(k_2)_c$ (วัน ⁻¹)	r^2	a_c (กรัมวีเอสเอส/ กรัมซีไอคี่)	$(k_2)_c$ (วัน ⁻¹)	r^2
5	0.695	1.398	0.776	0.603	0.483	0.880
10	1.958	0.405	0.740	1.242	1.281	0.837
20	2.033	1.326	0.896	2.224	2.758	0.870



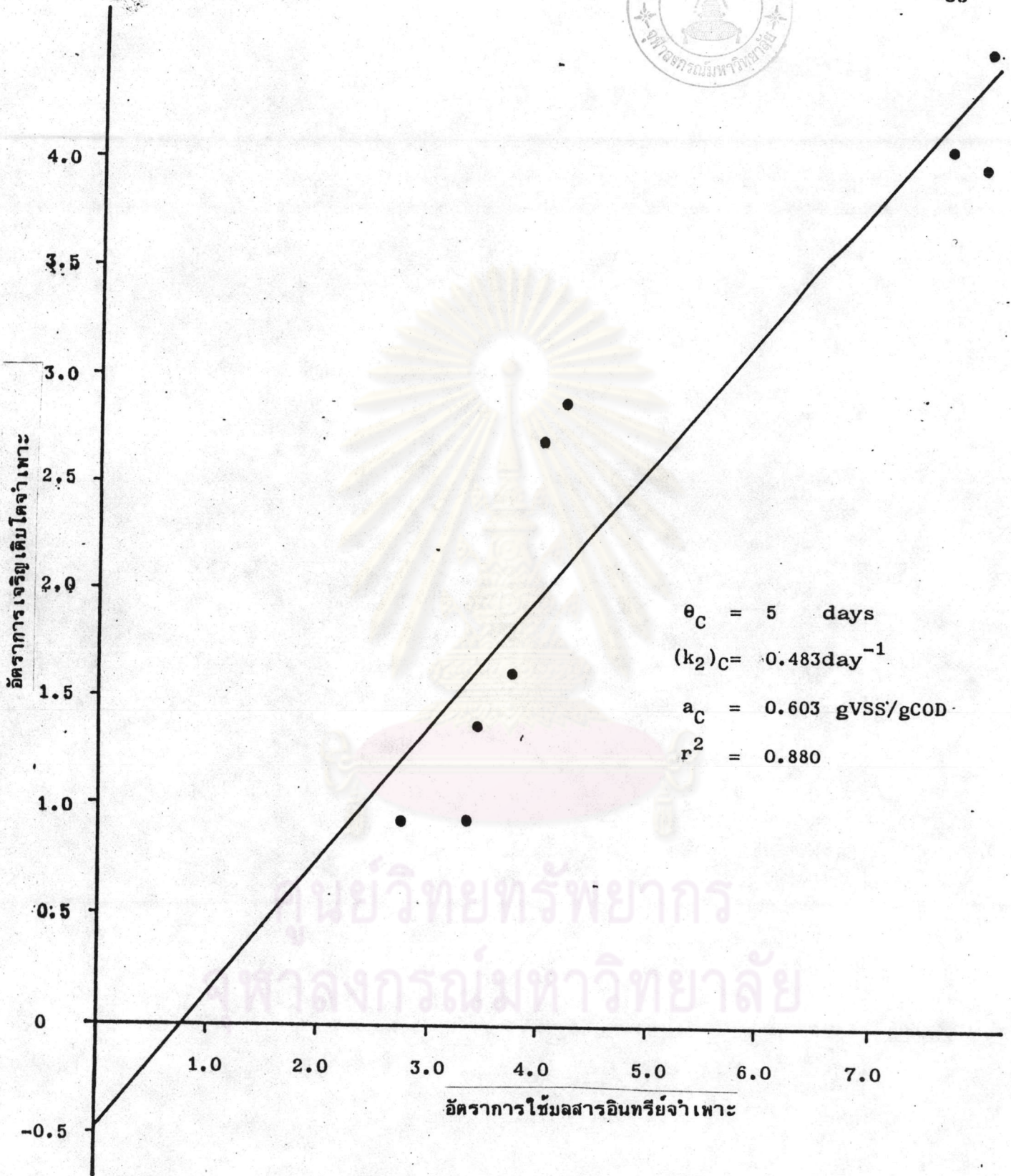
รูปที่ 5.19

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้มวลสารอินทรีย์จำเพาะกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในถังคอนแทกที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน



รูปที่ 5.20

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราใช้มวลสารอินทรีย์จำเพาะกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในถังคอนแทกที่ค่าอายุตะกอน 10 วัน



รูปที่ 5.21

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้มลสารอินทรีย์จำเพาะกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ในถังคอนแทกที่ค่าอายุตะกอน 5 วัน

3. อัตราการใช้ผลสารอินทรีย์สูงสุดของระบบ $(K'_O)_T$

อัตราการใช้ผลสารอินทรีย์จำเพาะของระบบ (U_T) สามารถเขียนเป็นสมการโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$U_T = \frac{(K'_O)_T \cdot C_T}{Y_T + C_T}$$

ซึ่งสมการข้างบนสามารถเขียนสมการผกผันได้เป็น

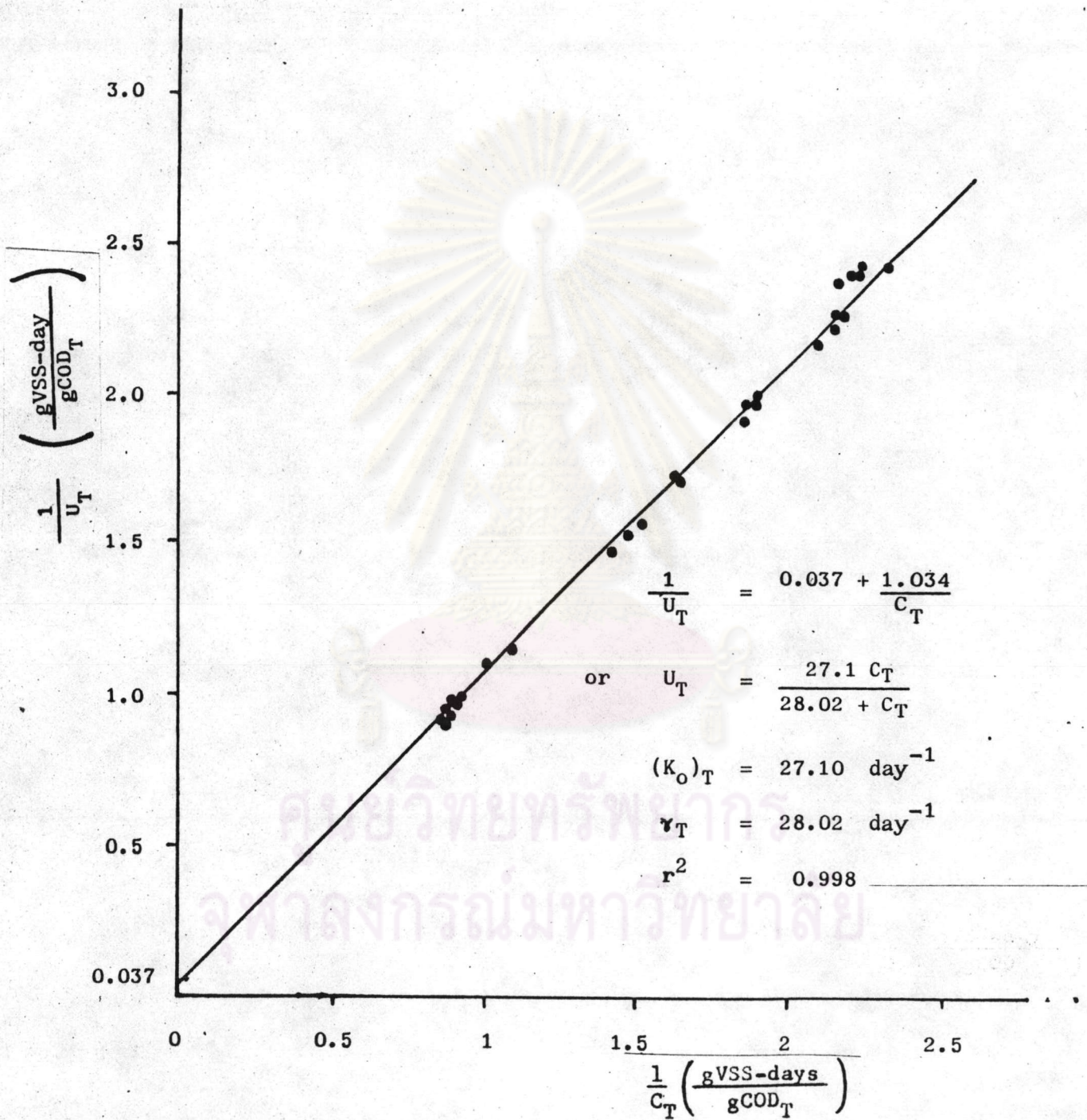
$$\frac{1}{U_T} = \frac{1}{(K'_O)_T} + \frac{Y_T}{(K'_O)_T} \cdot \frac{1}{C_T}$$

ในที่นี้

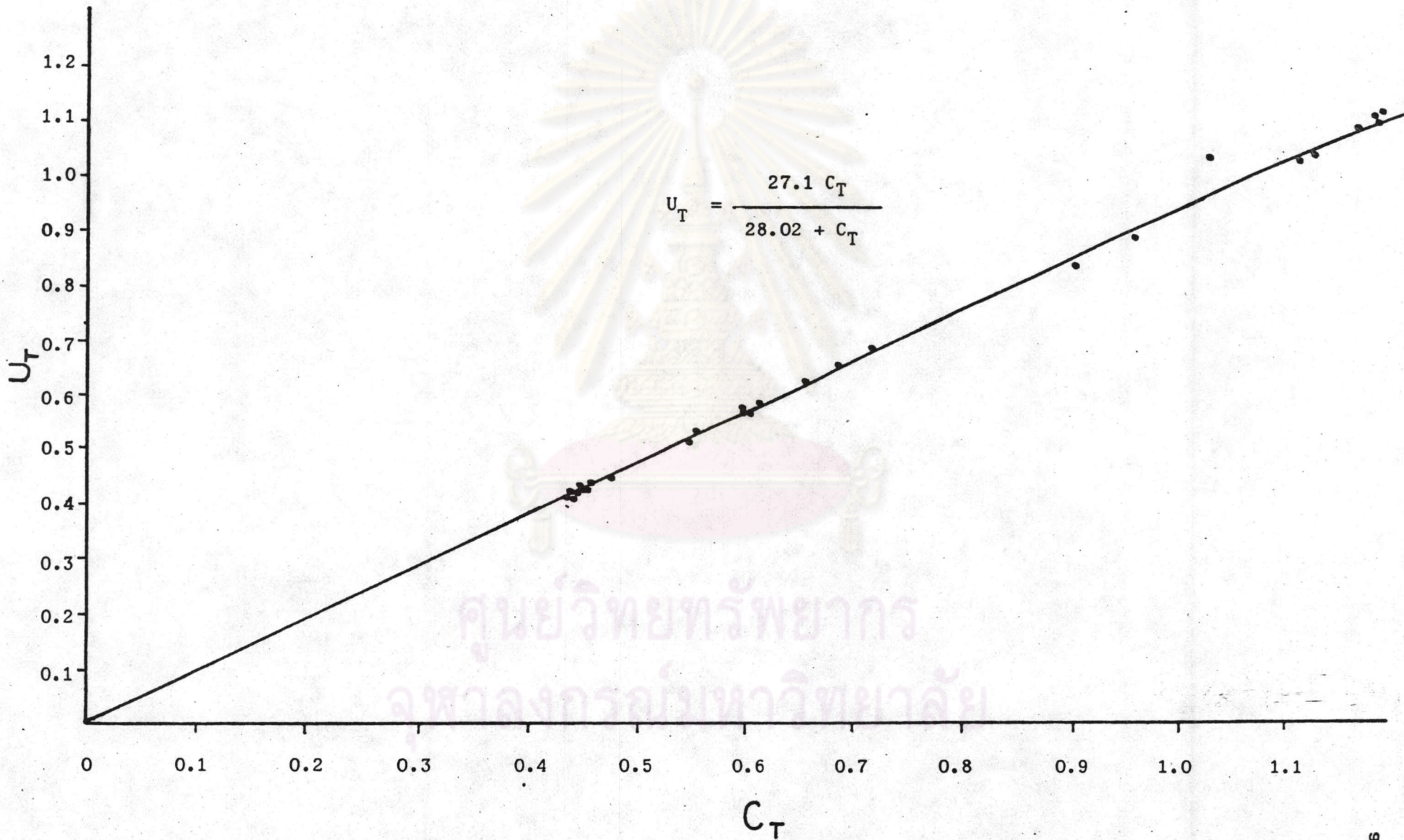
$$Y_T = \frac{K'_O}{(1-n_T)M_T}$$

ถ้ากำหนดให้ Y_T มีค่าคงที่สมการหาค่า $\frac{1}{U_T}$ จะเป็นสมการเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $Y_T / (K'_O)_T$ และจุดตัดบนแกนแนวตั้งมีค่าเท่ากับ $1/(K'_O)_T$ จากผลการวิจัยที่ได้เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/U_T$ และ $1/C_T$ ที่อายุตะกอนต่าง ๆ จะได้เส้นตรงที่มีความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r^2) = 0.998 ดังแสดงในรูปที่ 5.22 ซึ่งจะยืนยันข้อกำหนดที่ให้ Y_T เป็นค่าคงที่ และจากค่า Y_T และ $(K'_O)_T$ ที่ได้นี้ ทำให้เราสามารถเขียนรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง C_T และ U_T ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.23

ค่า $(K'_O)_T$ และ Y_T ที่ได้จากการวิจัยนี้จะมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากห้องปฏิบัติการและค่าที่ได้จากการวิจัยโดยใช้น้ำทิ้งจากชุมชนเป็นน้ำเสียเข้าระบบซึ่งทำการศึกษาโดย SAIPHA - NICH (14) ดังแสดงในตารางที่ 5.7 เหตุที่ค่า $(K'_O)_T$ และ Y_T ที่ได้มีค่าสูงเนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้มีค่าความเข้มข้นของซีโอดีสูงกว่าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและน้ำทิ้งจากชุมชนโดยจะมีค่ามากกว่าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการประมาณ 1.5 เท่า และมากกว่าน้ำทิ้งจากชุมชนประมาณ 4.5 เท่า ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเราสามารถเพิ่มอัตราการใช้ผลสารอินทรีย์สูงสุดของระบบคอนแวนทส เติบไอเชชันให้มากขึ้นได้โดยไม่มีผลกระทบต่ออายุเติบโตและการตายของจุลินทรีย์



รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C_T}$ และ $\frac{1}{U_T}$ ที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ



รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_T และ U_T

ตารางที่ 5.7 ตารางเปรียบเทียบค่า $(K_0)_T$ และ γ_T จากการวิจัยต่าง ๆ

จำนวน การทดลอง	$(K_0)_T$ (วัน ⁻¹)	γ_T (วัน ⁻¹)	r^2	น้ำเสียที่ใช้	ผู้ทำการวิจัย
68	5.13	5.65	0.994	น้ำทิ้งจากชุมชน	SAIPHANICH
40	17.12	17.911	0.997	น้ำเสียแอม์มัน	ผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ
27	27.10	28.02	0.998	น้ำเสียแอม์มัน	ผลที่ได้จากการวิจัยส่วนนี้

4. อัตราการใช้มลสารอินทรีย์สูงสุดในถังคอนแทก $(K_0)_C$

ค่า $(K_0)_C$ และ γ_C สามารถทำได้โดยอาศัยวิธีการเช่นเดียวกันกับที่ใช้ในการหาค่า $(K_0)_T$ และ γ_T โดยสมการที่ใช้ในการหาค่า $(K_0)_C$ และ γ_C จะเป็น

$$\frac{1}{U_C} = \frac{1}{(K_0)_C} + \frac{\gamma_C}{(K_0)_C} \cdot \frac{1}{C_C}$$

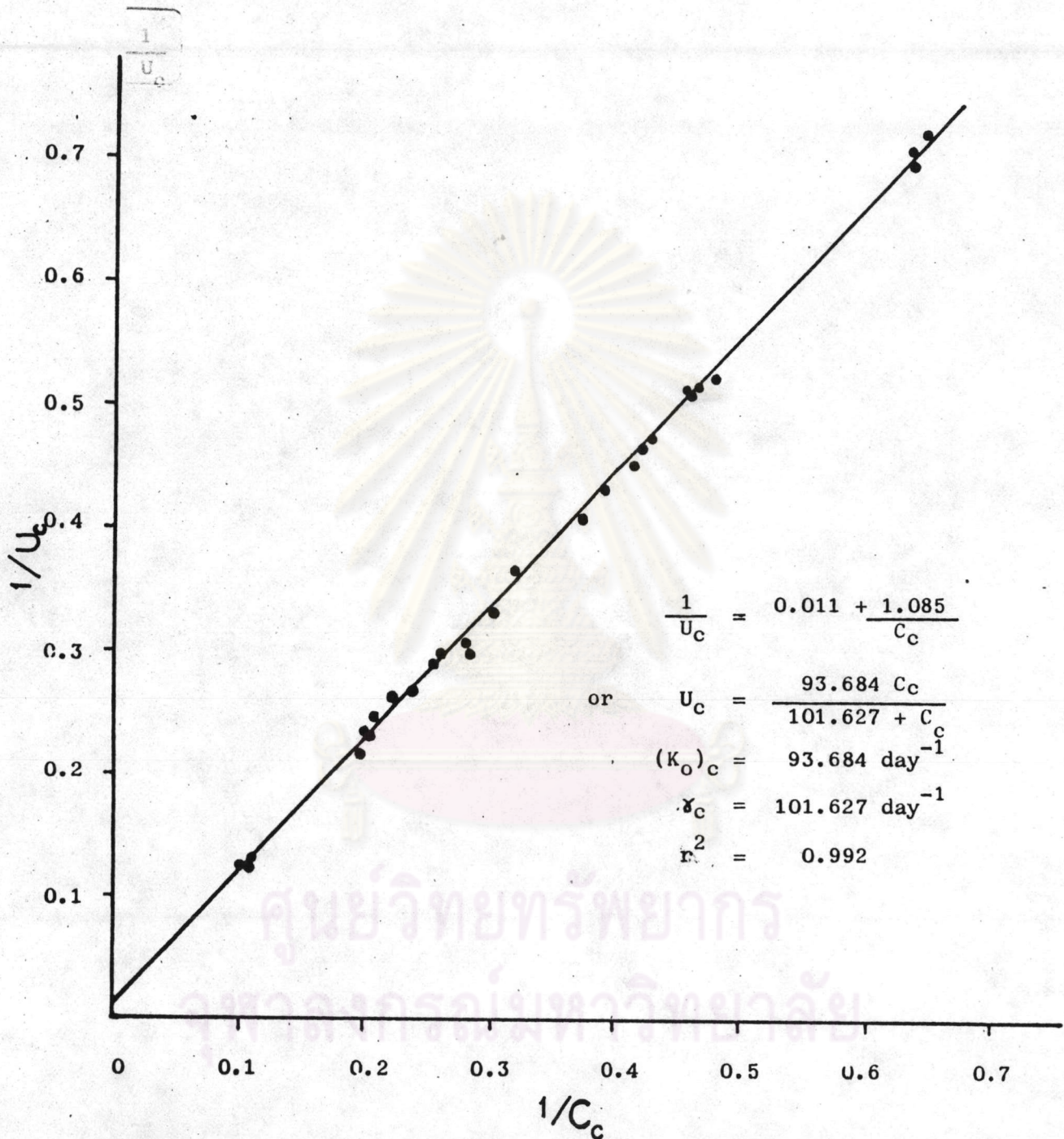
ในที่นี้

$$U_C = \frac{Q [x_i + Rx_s - (1 + R)x_c]}{M_C}$$

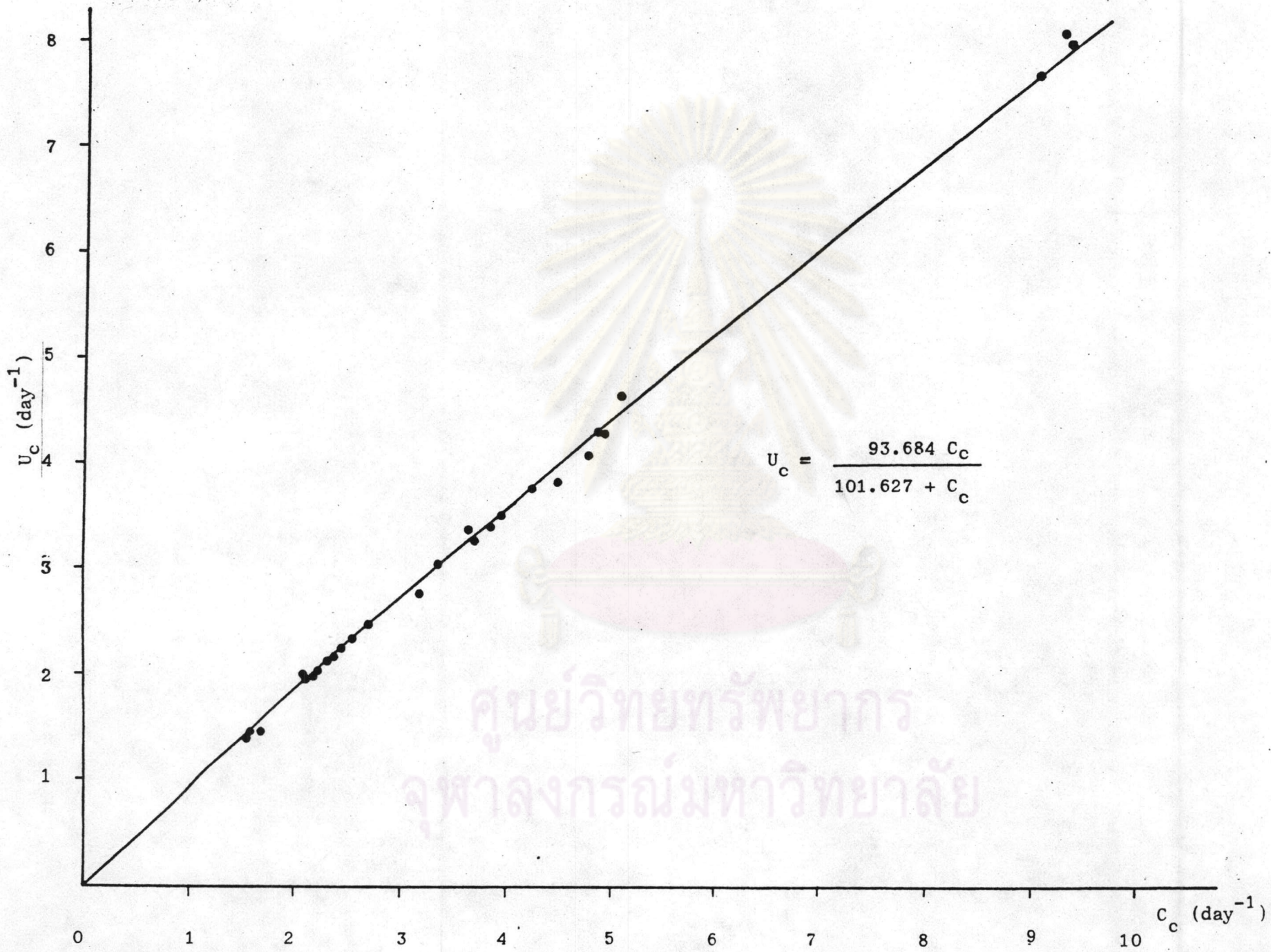
และ

$$C_C = \frac{Q(x_i + x_s)}{M_C}$$

ผลการวิจัยที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.24 และรูปที่ 5.25 ซึ่งค่าของ $(K_0)_C$ และ γ_C มีค่าคงที่เช่นเดียวกับที่ได้เคยมีผู้ทำการศึกษามาแล้ว ดังแสดงในตารางเปรียบเทียบที่ 5.8 ค่า $(K_0)_C$ และ γ_C ที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าผลที่เคยได้ ทั้งนี้โดยเหตุผลเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในการหาค่าของ $(K_0)_T$ และ γ_T



รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C_c}$ และ $\frac{1}{U_c}$ ที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ



รูปที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_c และ U_c ที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ

ตารางที่ 5.8 ตารางเปรียบเทียบค่า $(K_o)_c$ และ γ_c

จำนวน การทดลอง	$(K_o)_c$ (วัน ⁻¹)	γ_c (วัน ⁻¹)	r^2	ผู้ทำการวิจัย
68	25.91	34.00	0.986	SAIPHANICH
40	81.30	90.67	0.985	การทดลองในห้องปฏิบัติการ
27	93.68	101.63	0.992	การวิจัยส่วนตัว

เมื่อเปรียบเทียบ อัตราการใช้มลสารอินทรีย์สูงสุดของจุลินทรีย์ในถังสัมผัส $(K_o)_c$ และของจุลินทรีย์ในระบบ $(K_o)_T$ ค่า $(K_o)_c$ จะมีค่ามากกว่า $(K_o)_T$ มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบำบัดมลสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในถังสัมผัส และถ้าหากเปรียบเทียบโดยใช้ γ_c และ γ_T ก็จะได้ข้อสรุปเช่นเดียวกัน

5. การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้มลสารอินทรีย์ $(K_s)_c$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้มลสารอินทรีย์ของถังสัมผัส $(K_s)_c$ ของการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาศัยสมการ

$$(K_s)_c = \gamma_c \cdot \frac{1}{C_c} \cdot x_c$$

พบว่า $\frac{1}{C_c}$ แปรเป็นตรงกับสัดส่วนของมวลชีวะในถังสัมผัส (α) ที่อายุตะกอนต่างๆ และความชันของกราฟระหว่าง α และ $\frac{1}{C_c}$ จะสัมพันธ์กับอายุตะกอน ซึ่งค่า $\frac{1}{C_c}$ สามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$\frac{1}{C_c} = a_1 \theta_c^{a_2} \cdot \alpha$$



สำหรับการวิจัยนี้ ค่าของ $(K_S)_C$ จะหาค่าโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการหาค่า $(K_S)_C$ ในห้องปฏิบัติการ โดยการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ $\frac{1}{C_C}$ ที่อายุตะกอนต่าง ๆ กันดังแสดงในรูปที่ 5.26 และนำค่าความชันของเส้นตรงที่ได้ในแต่ละค่าของอายุตะกอนจากกราฟแสดงความสัมพันธ์นี้ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุตะกอนกับความชัน ดังแสดงในรูปที่ 5.27 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{C_C}$, θ_C และ α สามารถเขียนเป็นสมการคือ

$$\frac{1}{C_C} = 0.325 \theta_C^{0.652} \cdot \alpha$$

ดังนั้นค่า $(K_S)_C$ จะเป็นไปตามสมการ

$$(K_S)_C = 0.325 \theta_C^{0.652} \cdot \alpha \cdot x_C \cdot Y_C$$

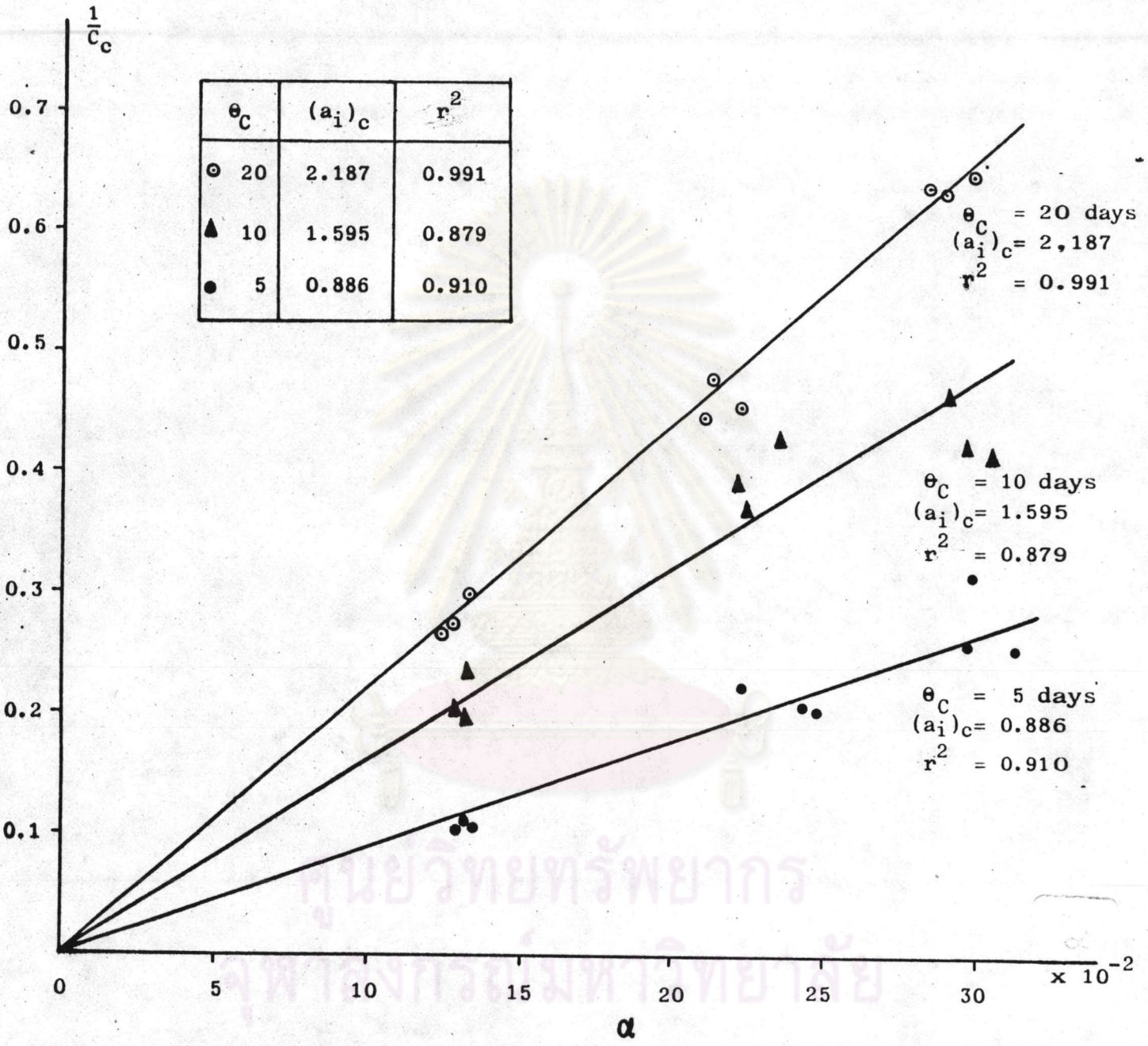
หรือเขียนเป็นสมการทั่วไปได้เป็น

$$(K_S)_C = a_1 \theta_C^{a_2} \cdot \alpha \cdot x_C \cdot Y_C$$

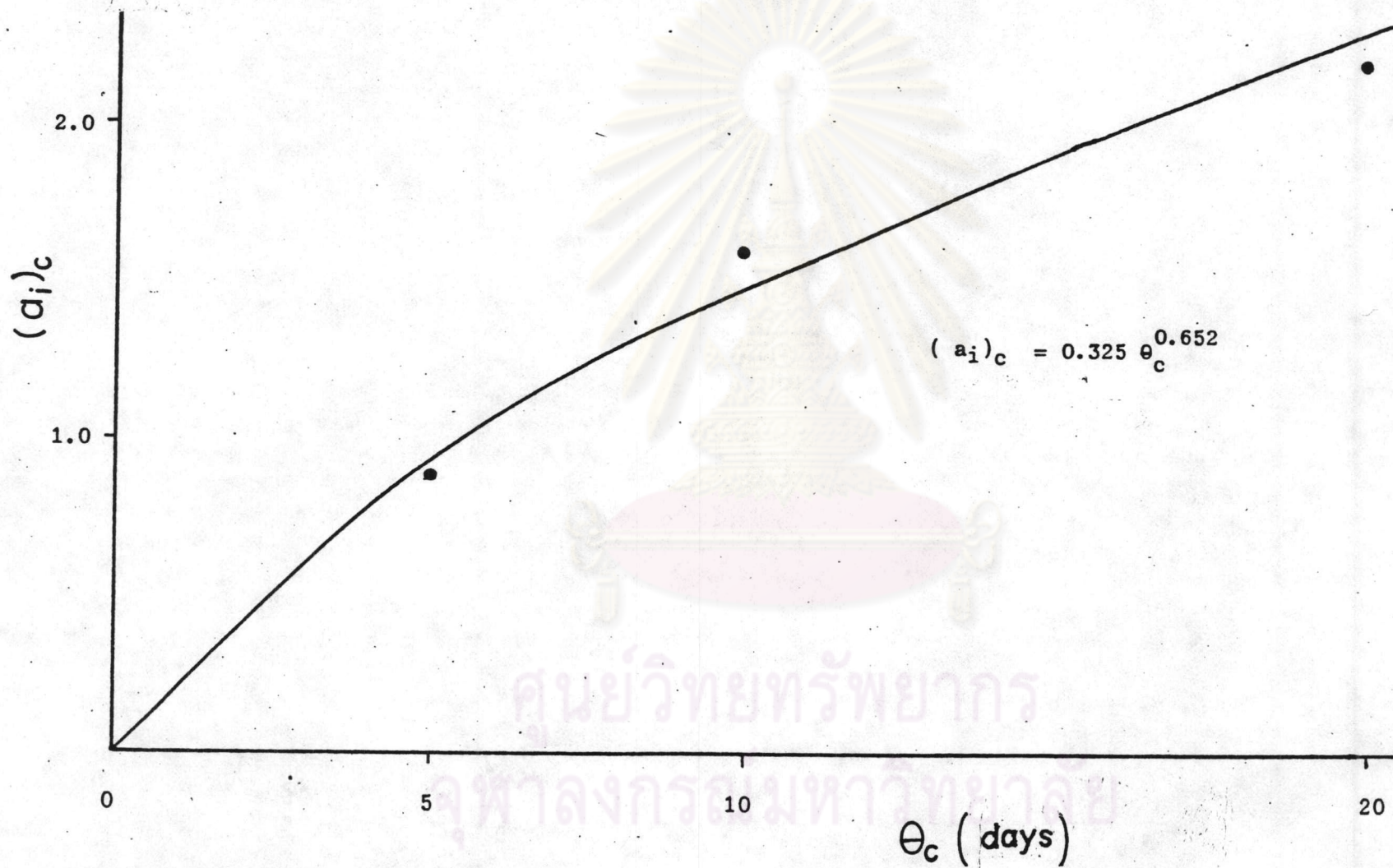
จากผลการทดลองที่ได้ดังได้กล่าวมาแล้วว่า $C_T = 2.983 \theta_C^{-0.647}$ หรือเขียนในรูปสมการทั่วไปได้เป็น $C_T = a_1^* \theta_C^{a_2^*}$ แทนค่า $\frac{1}{C_C}$ และ C_T ในสมการที่ (3.54) จะได้

$$n_C = 1 - a_1 a_1^* \theta_C^{a_2 + a_2^*} (1 - n_T) (1 + R)$$

จากค่า $(K_S)_C$ ที่ได้จากการทดลองซึ่งเท่ากับ $0.325 \theta_C^{0.652} \cdot Y_C \cdot \alpha \cdot x_C$ ถ้าใช้ค่า $Y_C = 101.63 \text{ วัน}^{-1}$ ตามที่ได้จากการวิจัยนี้และแทนค่า α และ x_C ที่ได้ในแต่ละการทดลองสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_S)_C$ กับ α ดังแสดงในรูปที่ 5.28 จากรูปที่ได้จะเห็นได้ว่าค่า $(K_S)_C$ แปรผันกับ θ_C , α และ x_C โดยเมื่อ α มีค่าเท่ากับค่า $(K_S)_C$ จะสูงขึ้น เมื่ออายุตะกอนสูงขึ้น



รูปที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ $\frac{1}{C_C}$ ที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ



รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ_c กับ $\frac{1}{C_c \cdot \alpha}$

เนื่องจากสมการที่ได้ในการหาค่า $(K_S)_C$ จะเห็นได้ว่าเมื่อ α มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่า $(K_S)_C$ ควรจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย แต่จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้เวลาสัมผัสเข้าใกล้ ศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่ง α เข้าใกล้ศูนย์ (เพราะว่า $V_C = 0$) ระบบยังสามารถบำบัดน้ำเสียโดยมีประสิทธิภาพถึง 62 % ซึ่งแสดงว่ามีการใช้มลสารอินทรีย์อยู่ถึงแม้ว่าค่า α จะมีค่าเข้าใกล้ ศูนย์มาก ๆ ดังนั้นจึงควรมีค่า $(K_S)_C$ ค่าหนึ่งที่ α เท่ากับศูนย์ นั่นคือ เส้นกราฟระหว่าง $(K_S)_C$ กับ α จะไม่ตัดที่จุดศูนย์ แต่ในการวิจัยนี้ข้อมูลที่ได้นั้นเพียงพอที่จะลากเส้นให้ตัดกับแกน ได้ เส้นตรงที่แสดงในรูปที่ 5.28 จึงเป็นเส้นตรงที่ลากเฉพาะในส่วนที่หาค่า α ได้ในการวิจัย นี้เท่านั้น

สำหรับการหาค่าของ $(K_S)_T$ จะเป็นไปในทำนองเดียวกับการหาค่าของ $(K_S)_C$ กล่าวคือเมื่อใช้ค่า $C_T = 2.983 \theta_C^{-0.647}$ ตามที่ได้จากการวิจัยนี้แทนค่าลงไปในสมการที่ (3.44) จะได้

$$(K_S)_T = 0.335 \theta_C^{0.647} \cdot Y_T \cdot x_C \quad (\text{เมื่อ } x_C = x_e)$$

จากสมการที่ได้จะเห็นได้ว่า $(K_S)_T$ จะแปรผันกับ θ_C และ x_C เท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 5.29 ซึ่งหาค่า $(K_S)_T$ โดยใช้ค่า $Y_T = 28.02 \text{ วัน}^{-1}$

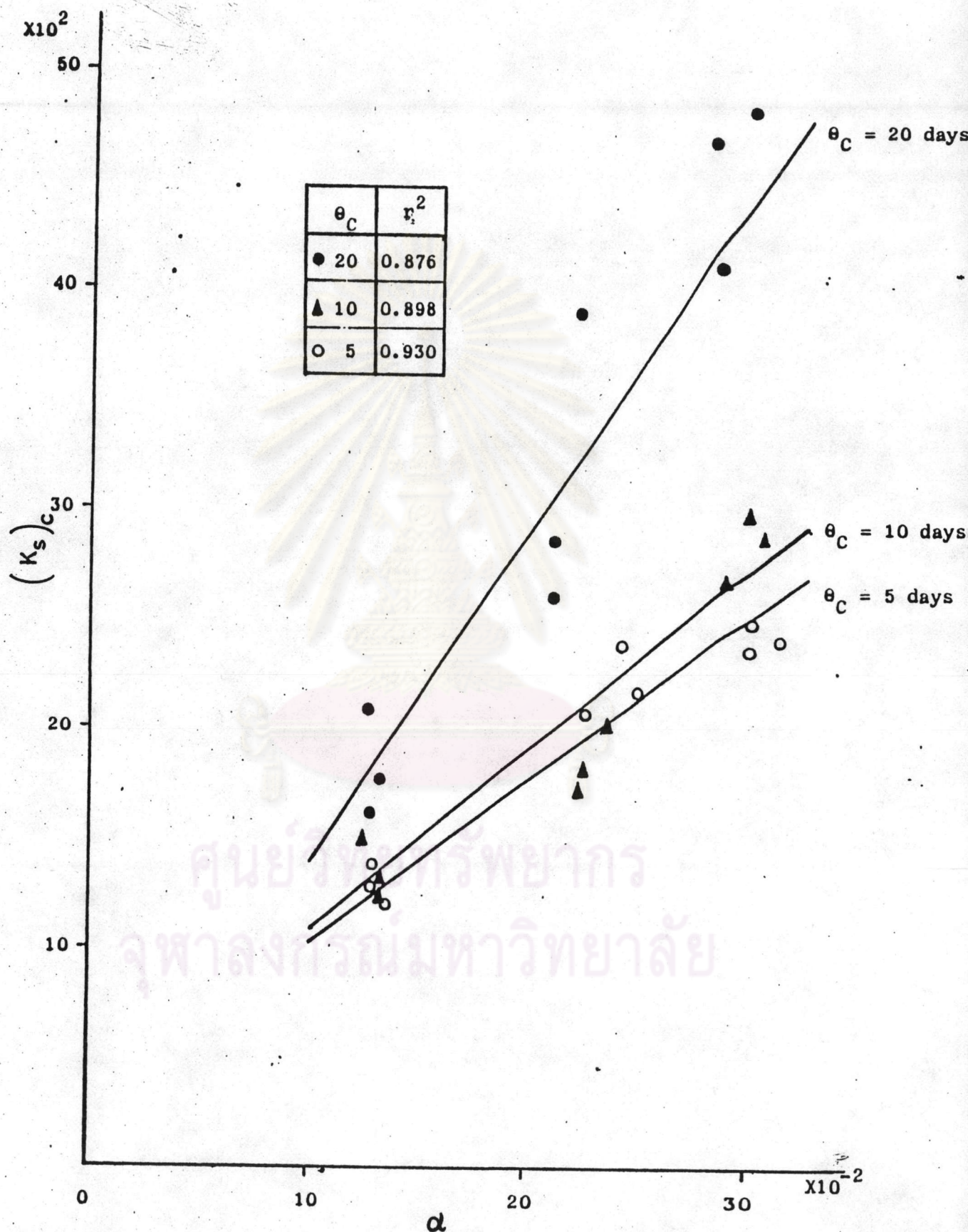
6. อัตราการใช้มลสารอินทรีย์จำเพาะในถังสเติมโลเซชัน (U_S)

มลสารอินทรีย์ที่ไม่ถูกบำบัดในถังคอนแทกจะถูกบำบัดในถังสเติมโลเซชัน ซึ่งอัตราการการใช้มลสารอินทรีย์จำเพาะในถังสเติมโลเซชันสามารถหาได้จากสมการ

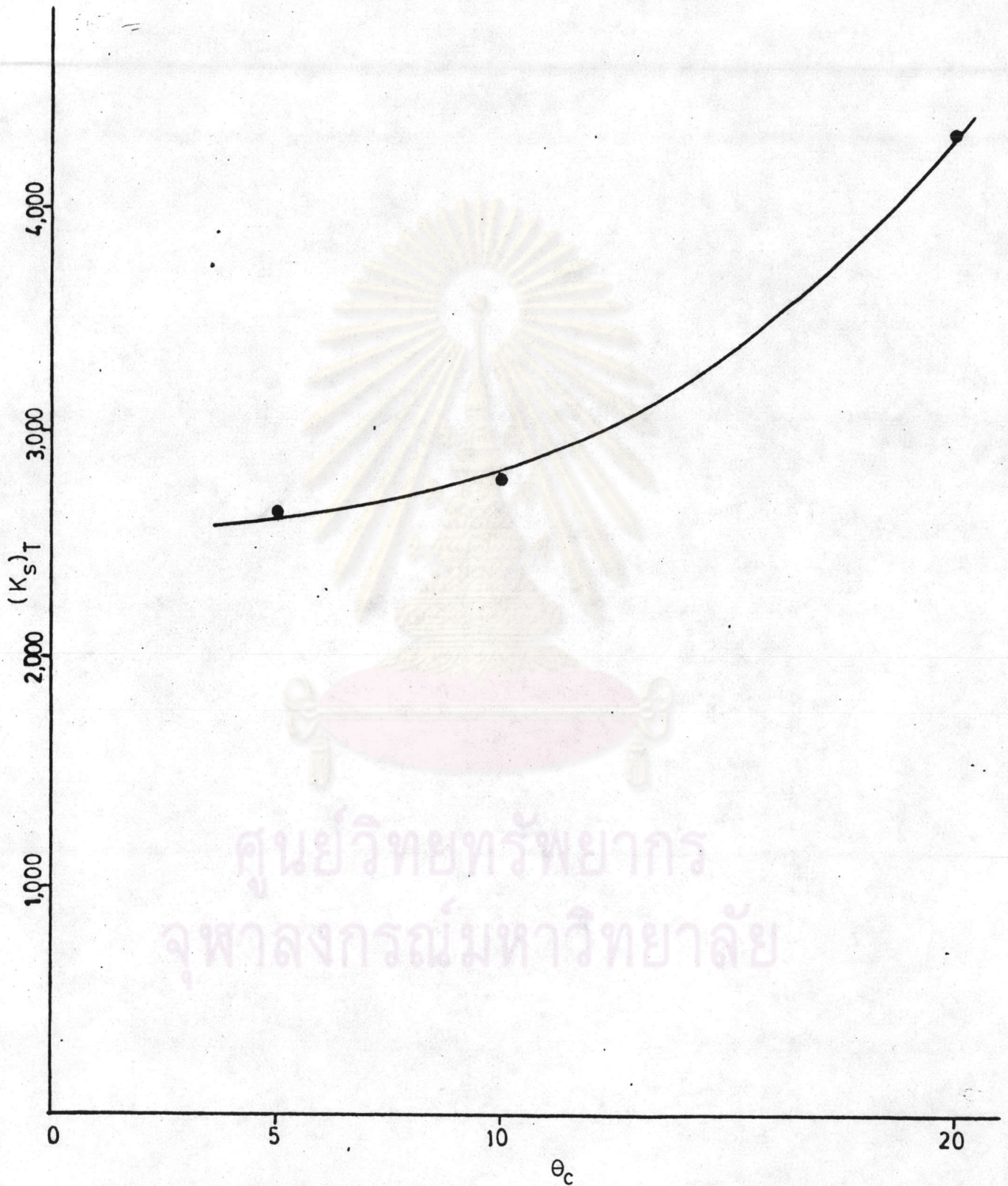
$$U_S = \frac{RQ(x_C - x_S)}{M_S}$$

ผลการวิจัยที่ได้ค่า U_S จะลดลงเมื่ออายุตะกอนเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.30 ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง θ_C และ U_S ได้เป็น

$$U_S = 0.139 \theta_C^{-0.765}$$

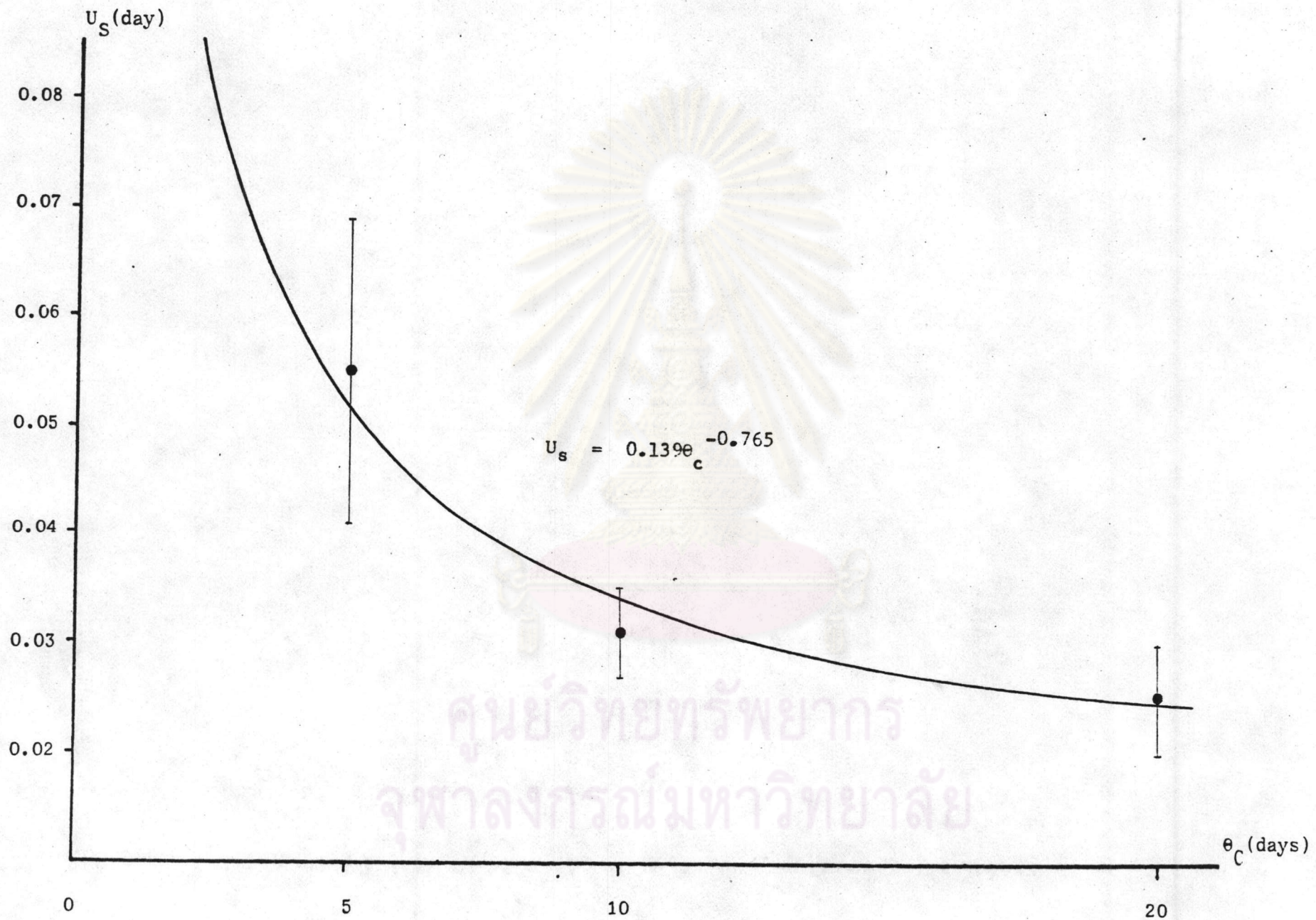


รูปที่ 6.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_s)_C$ กับ α ที่ค่าอายุตะกอนต่าง ๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่าง $(K_s)_T$ กับ θ_c



รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ_C กับ U_S

หรือเขียนในรูปของสมการทั่วไปได้เป็น

$$U_s = a_3 \theta_c^{a_4}$$

ค่า U_s ที่ได้จากการวิจัยนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่า $U_s = 0.249 \theta_c^{-1.057}$ เนื่องจากค่า M_s ที่ได้จากการวิจัยทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน และจะมีค่ามากกว่าค่าของ $x_c - x_s$ มาก

ค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิจัยนี้

ในการวิจัยนี้ค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการในที่นี้ค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์คำนวณมาจากการหาค่าของผลสารอินทรีย์ในรูปของค่าซีไอดี และตะกอนในรูปของ MLVSS

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๘.๑ ตารางเปรียบเทียบค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิจัยกับที่ได้ในห้องปฏิบัติการ

ค่ากำหนดหรือ ค่าสัมประสิทธิ์	หน่วย	ผลที่ได้ในห้องปฏิบัติการ		ผลที่ได้จากการวิจัยส่วนนี้	
		ค่าที่ได้	r^2	ค่าที่ได้	r^2
VSS/SS	-	0.928-0.011 θ_c	0.957	0.896-0.01 θ_c	0.925
C_T	วัน ⁻¹	3.056 $\theta_c^{-0.804}$	0.994	2.983 $\theta_c^{-0.647}$	0.934
a_1	-	3.056	0.994	2.983	0.934
a_2	-	-0.804	0.994	-0.647	0.934
a	กรัมวีเอสเอส/กรัมซีไอดี	0.327	0.999	0.231	0.934
k_2	วัน ⁻¹	-0.041	0.999	-0.040	0.934
U_T	วัน ⁻¹	2.75 $\theta_c^{-0.788}$	0.994	2.689 $\theta_c^{-0.629}$	0.924
$(K_O)_T$	วัน ⁻¹	17.123	0.997	27.10	0.998
Y_T	วัน ⁻¹	17.911	0.997	28.02	0.998
$(K_O)_C$	วัน ⁻¹	81.301	0.985	93.684	0.998
Y_C	วัน ⁻¹	90.675	0.985	101.627	0.998
$\frac{1}{C_C}$	วัน ⁻¹	0.308 $\theta_c^{0.813}$	0.992	0.325 $\theta_c^{0.652}$	0.971
U_S	วัน ⁻¹	0.294 $\theta_c^{-1.057}$	0.969	0.139 $\theta_c^{-0.765}$	0.822
a_1	-	0.308	0.992	0.325	0.971
a_2	-	0.813	0.992	0.652	0.971
a_3	-	0.294	0.969	0.139	0.822
a_4	-	-1.057	0.969	-0.765	0.822

