

บทที่ 5

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองกระบวนการย่อยสลายเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของของแข็งที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลาย ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น และ อัตราของการไหลเวียนของของเหลวที่มีผลต่อระบบ โดยข้อมูลทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

5.1 ผลการวิเคราะห์หัตถุติบ จากการศึกษาร่องประกอบทางเคมีของเปลือกมันฝรั่ง โดยใช้เครื่องมือ Elemental Analyzer ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันฝรั่ง

องค์ประกอบ	คาร์บอน	ไฮโดรเจน	ไนโตรเจน
% (w/w)	44.07	6.35	1.46

เนื่องจากอัตราส่วนระหว่าง คาร์บอน:ไนโตรเจน มีค่าแตกต่างกันมากอาจทำให้ผลการทดลองจากการวิเคราะห์ด้วย Elemental Analyzer ผิดพลาด จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนอีกครั้งโดยวิธี Kjeldahl's method (ภาคผนวก ก.) ได้ค่าไนโตรเจนของเปลือกมันฝรั่งเท่ากับ 1.52 % (w/w) และวิเคราะห์ค่า COD ของหัตถุติบให้ผลการทดลองเท่ากับ 1 กรัมหัตถุติบ (น้ำหนักแห้ง) จะเปลี่ยนเป็น COD 1 กรัม

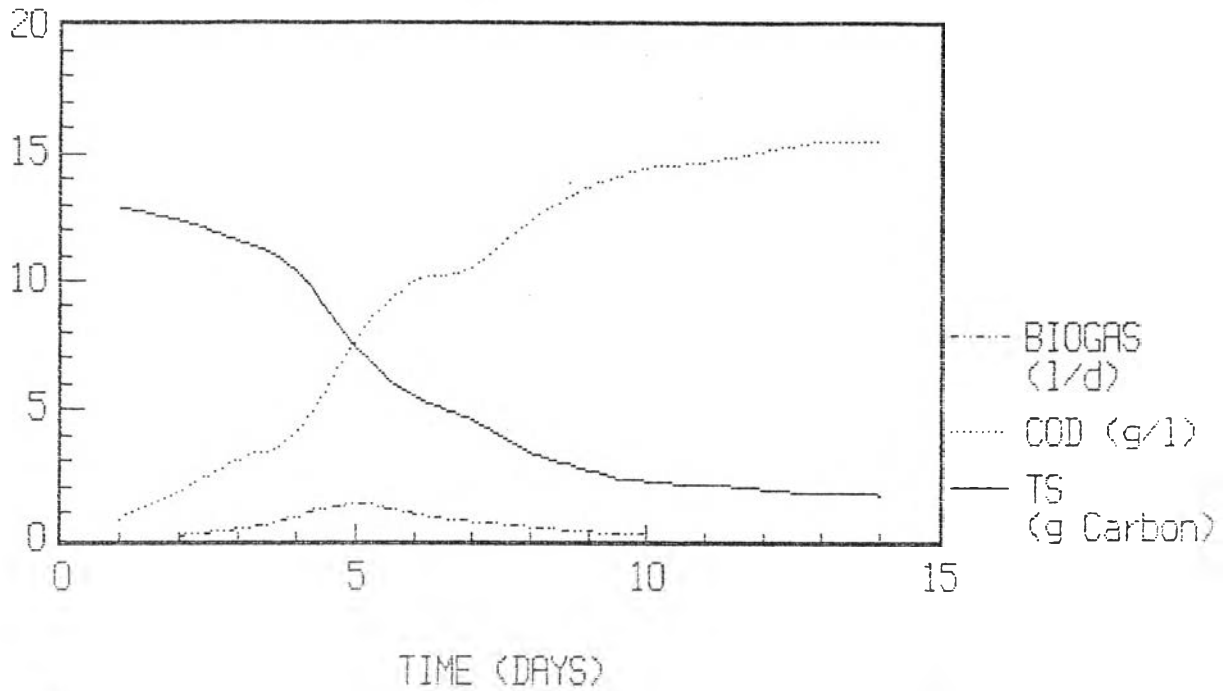
เมื่อพิจารณาค่า COD:N:P ของเปลือกมันฝรั่งพบว่าไม่เหมาะสมสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพจึงต้องทำการปรับค่า COD:N:P โดยเติมปุ๋ยเคมีสูตร N:P:K เท่ากับ 25:5:5 เพื่อปรับให้หัตถุติบเหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สชีวภาพ

5.2 ปริมาณของแข็งที่มีผลต่อกระบวนการย่อยสลาย เป็นการทดลองที่แปรค่าปริมาณของของแข็งเริ่มต้นในระบบตั้งแต่ 3-12 % โดยชุดการทดลองตั้งในรูป 4.1 ปรากฏว่าการทดลองที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้น 3 % ระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ทั้งหมดเท่ากับ 4.46 ลิตร เป็นปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 2.04 ลิตร จากรูป 5.1 พบว่าตลอดการทดลอง ค่า COD เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 4 - 9 และเริ่มคงที่ เมื่อวันที่ 10 และเมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปคาร์บอนได้ 87.92 % (การคำนวณได้จากภาคผนวก ข.) ส่วนค่าพีเอช และการผลิตแก๊สชีวภาพสัมพันธ์กับปริมาณกรดไขมันระเหย พบว่าเมื่อปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นมากกว่า 3,000 mg/l ซึ่งนอกจากจะทำให้การผลิตแก๊สลดลงแล้ว องค์ประกอบของแก๊สยังมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย (รูปที่ 5.1ก - 5.1ง)

สำหรับการทดลองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 4 % พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 7.79 ลิตร โดยมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 3.30 ลิตร การทดลองนี้ผลิตแก๊สได้มากที่สุดในวันที่ 5 ของการทดลองโดยมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ 41 % เมื่อถึงวันที่ 6 ของการทดลองพบว่าการผลิตแก๊สชีวภาพลดลงอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 5.2ค และ 5.2ง) นอกจากการผลิตแก๊สชีวภาพลดลงแล้วเปอร์เซ็นต์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สชีวภาพยังเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาค่าพีเอชของระบบตั้งแต่วันที่ 1 - 5 ของการทดลองปรากฏว่าระบบยังคงรักษาพีเอชให้อยู่ในสภาพเป็นกลางได้ เนื่องจากระบบยังไม่มี การสะสมกรดไขมันระเหยไว้มากนัก (รูปที่ 5.2ข) และการย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลายยังมีค่าไม่สูงมากนัก (< 10,000 mg/l) และเป็นผลให้องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพมีคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 40 % เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าระบบสามารถย่อยสลายคาร์บอนให้อยู่ในรูปของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) 85.78 %

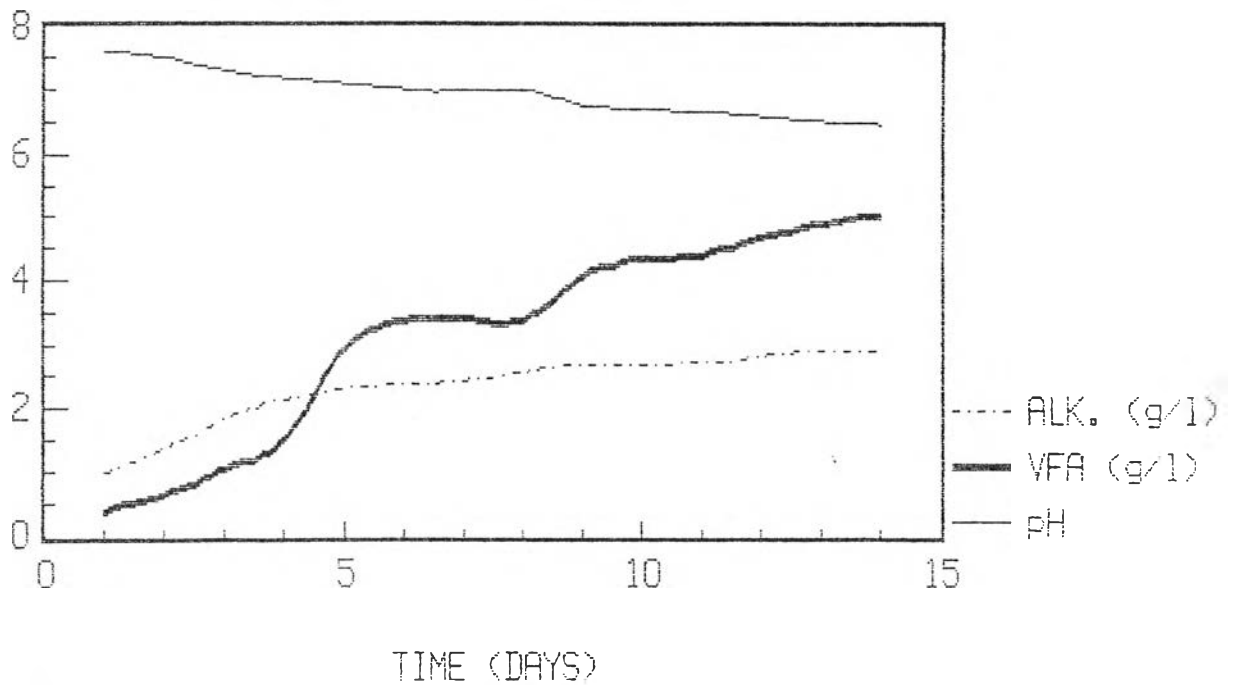
การทดลองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 5 % (รูปที่ 5.3ก-5.3ง) พบว่าระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 11 ลิตรในขณะที่มีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 4.62 ลิตร เมื่อพิจารณาการย่อยสลายเปรียบเทียบกับระบบที่มี ปริมาณของแข็ง 3 และ 4 % พบว่าในขณะที่ระบบมีค่ากรดไขมันระเหยไม่เกิน 3,000 mg/l ระบบจะสามารถรักษาสภาพเป็นกลางไว้ได้ สำหรับการทดลองนี้สามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงที่สุดในวันที่ 6 ของการทดลอง ซึ่งผลิตแก๊สชีวภาพได้ 2.65 ลิตร/วัน และมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ 41 % ส่วนค่า alkalinity ของการทดลองนี้ไม่แตกต่างจากการทดลองที่มีปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ 3 และ 4 % แต่ไม่สามารถรักษาสภาพสารละลายให้เป็นกลางได้ เนื่องจากระบบสะสมปริมาณกรดไขมันระเหยสูงถึง

3 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

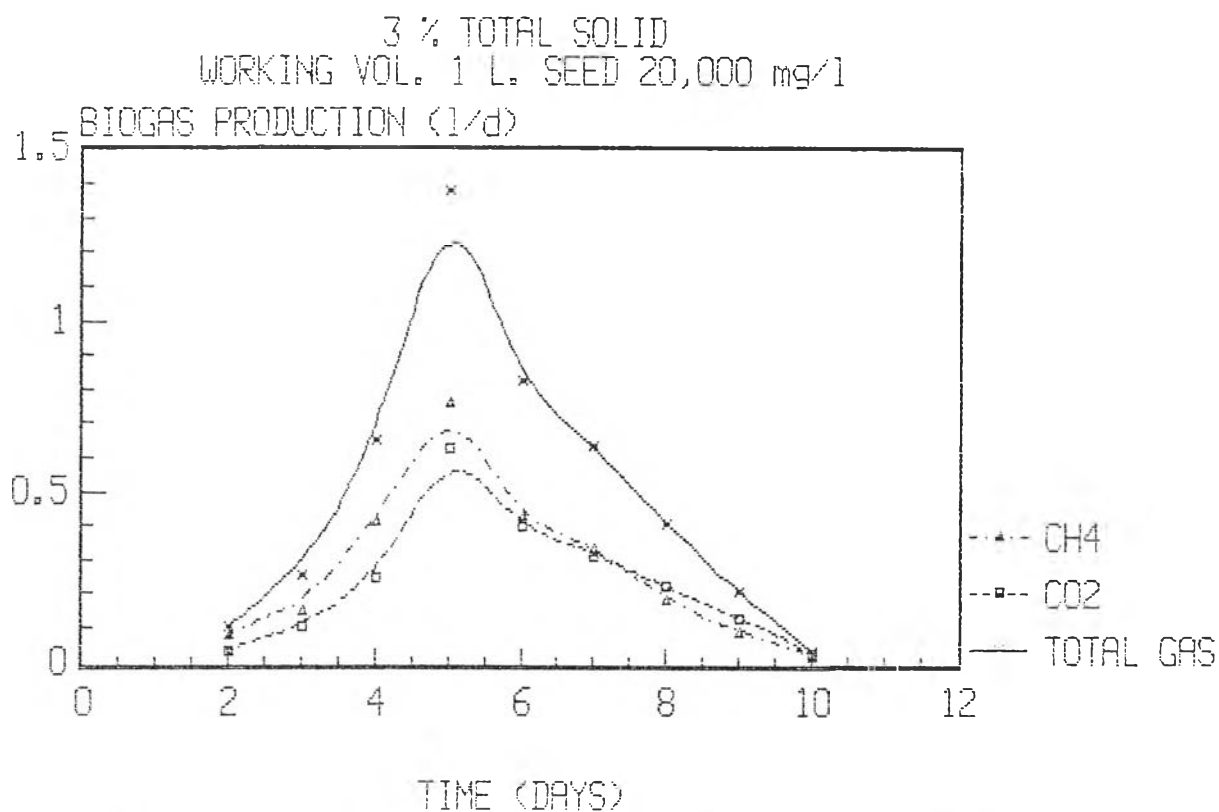


รูปที่ 5.1ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 3 %

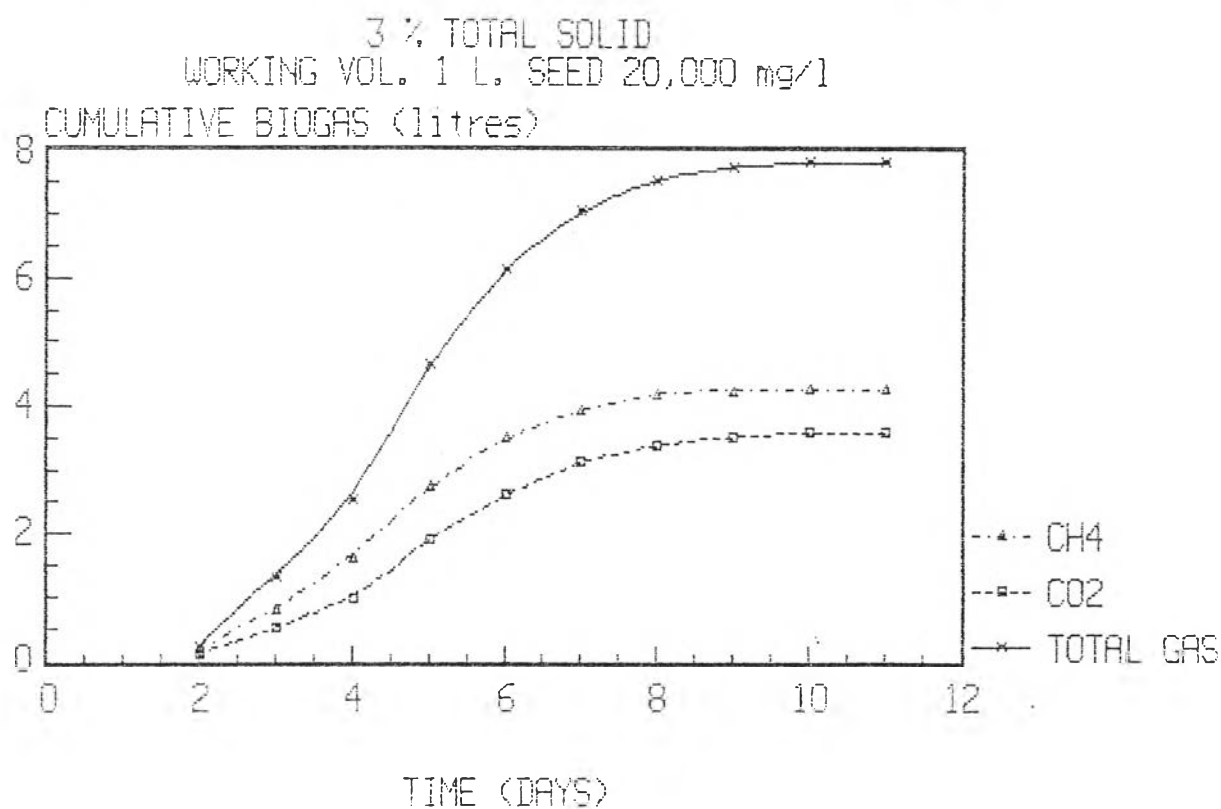
3 % TOTAL SOLID
 TOTAL VOL. 1 L. SEED 20,000mg/l



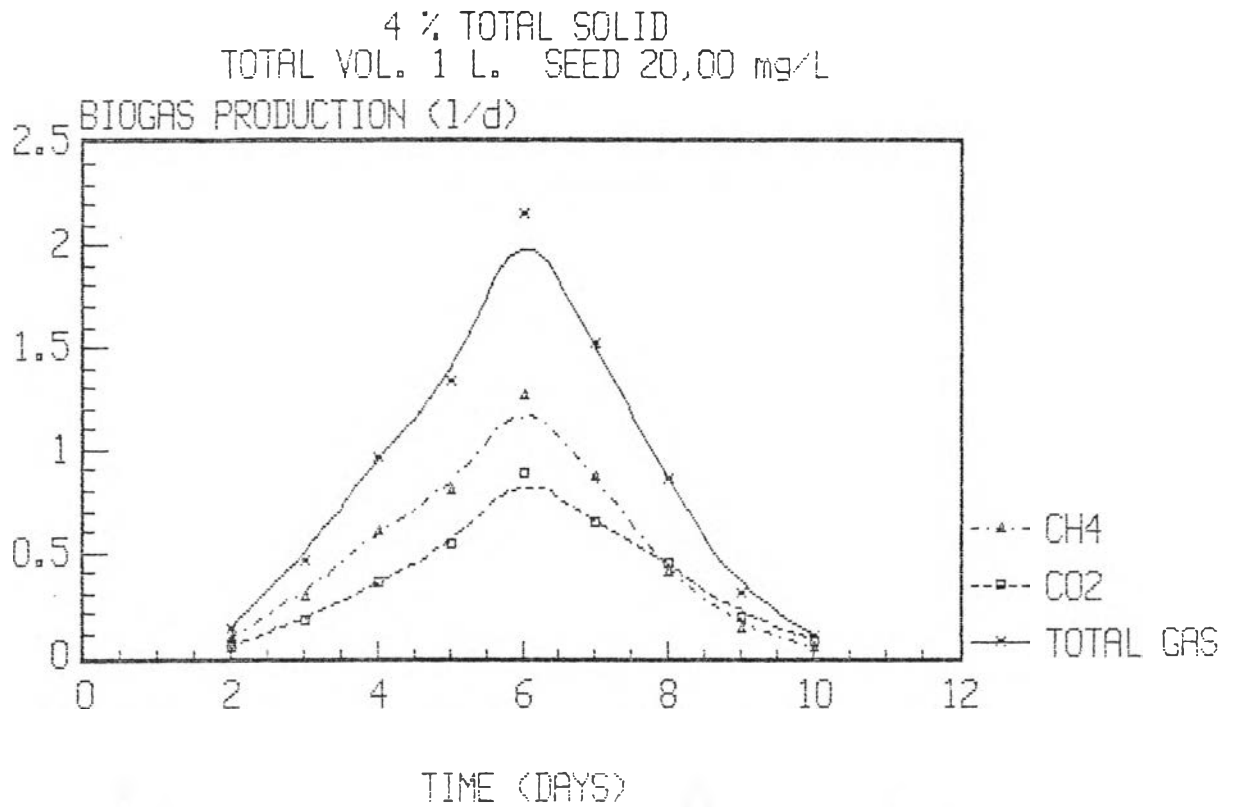
รูปที่ 5.1ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 3 %



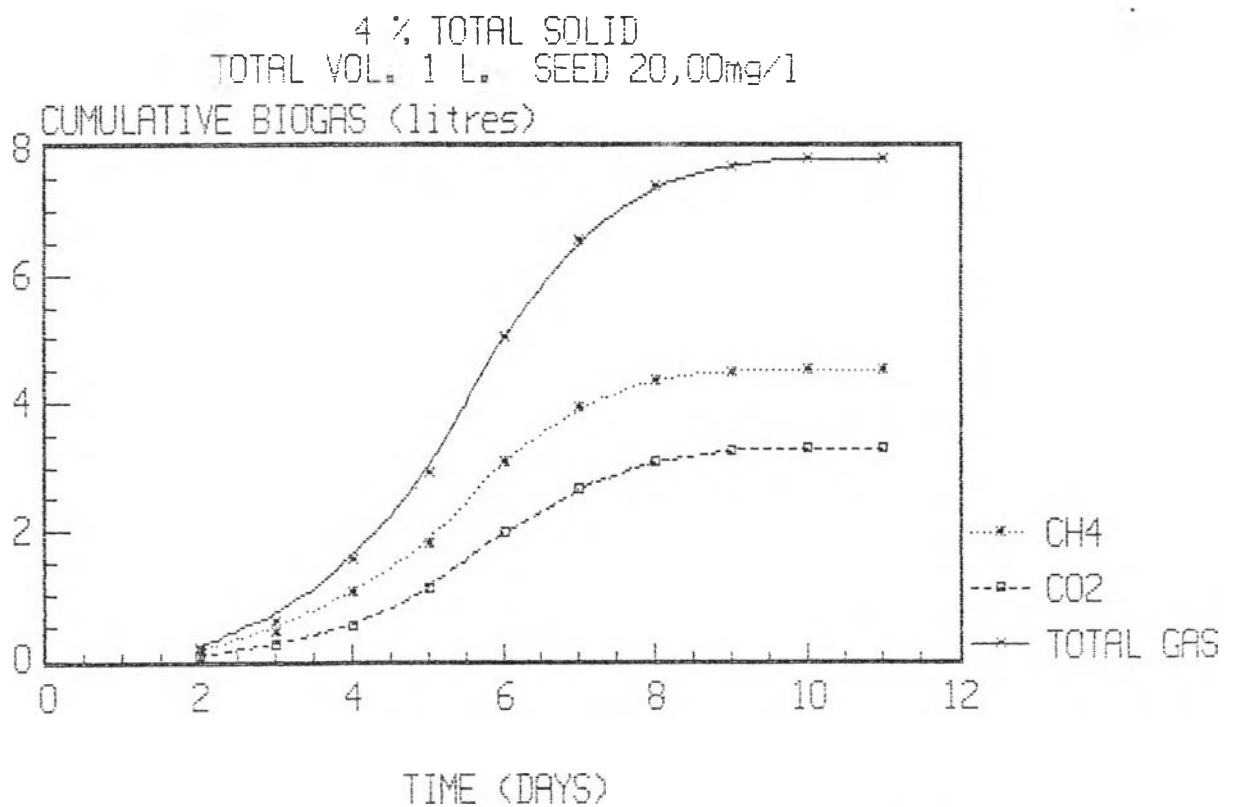
รูปที่ 5.1ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 3 %



รูปที่ 5.1ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 3 %

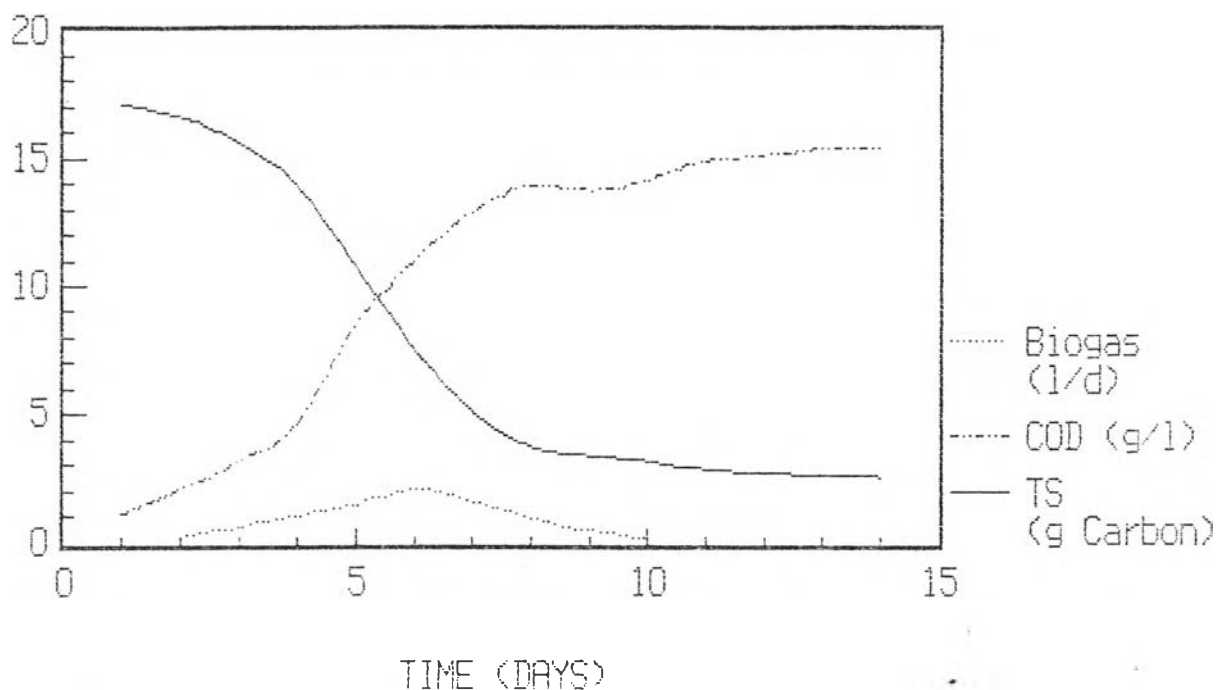


รูปที่ 5.2ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 4 %



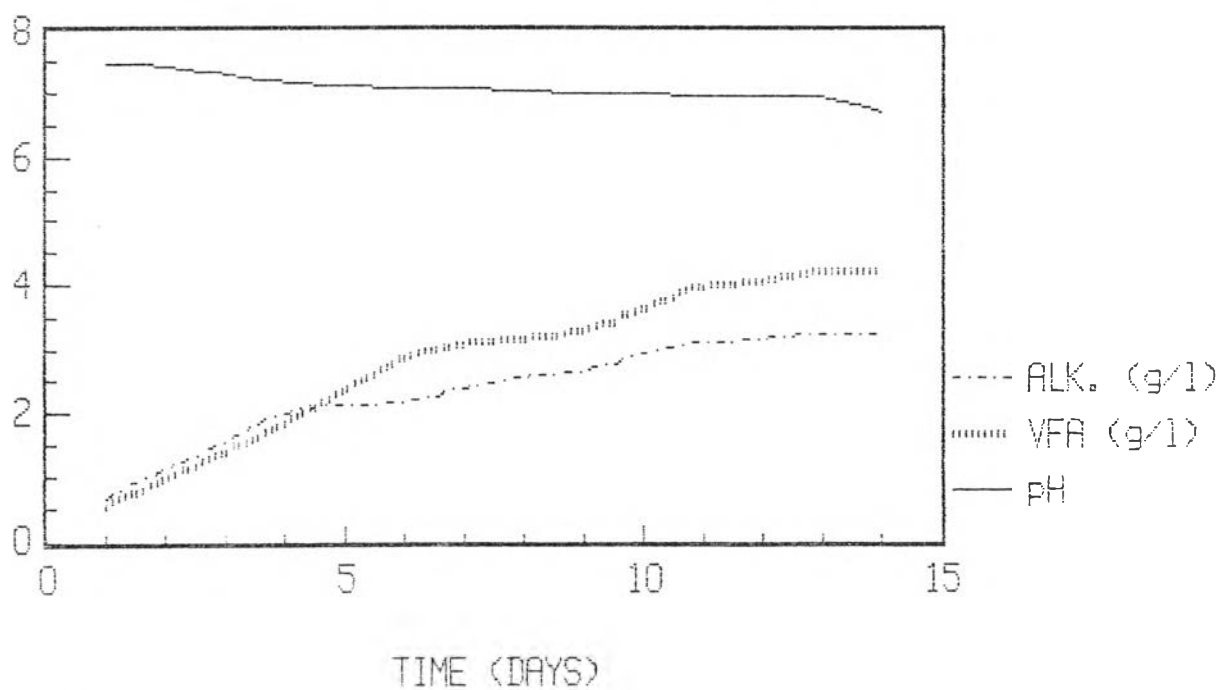
รูปที่ 5.2ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 4 %

4 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



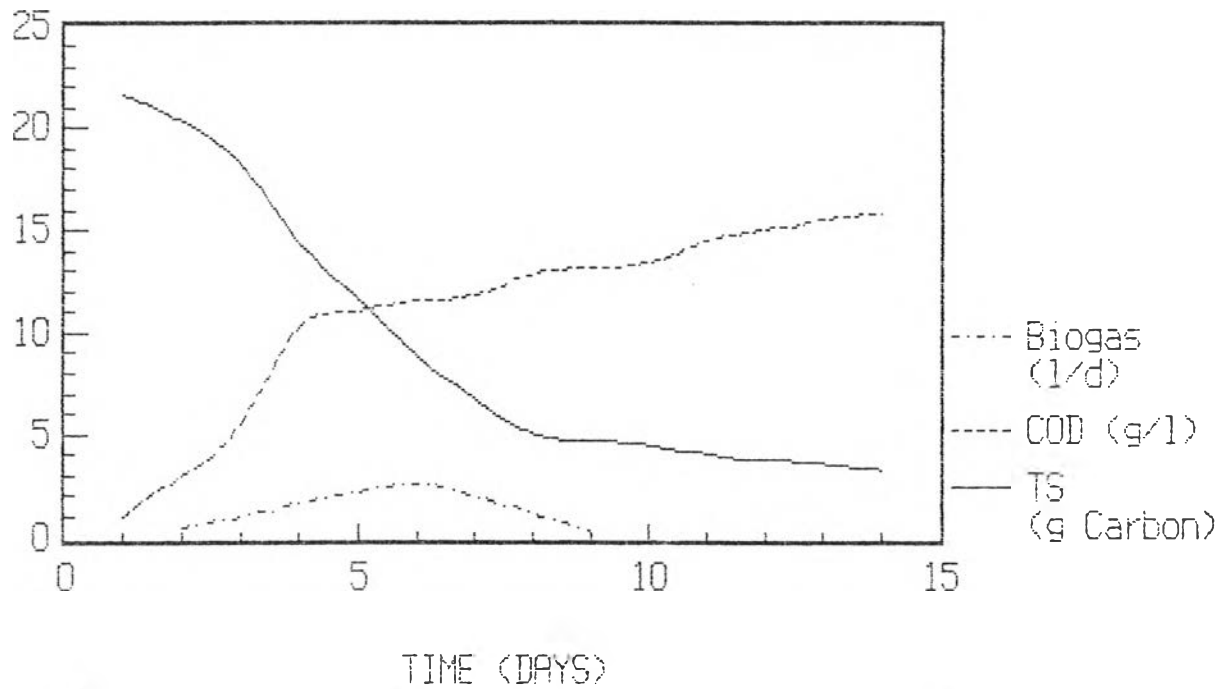
รูปที่ 5.2ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 4 %

4 % TOYAL SOLID
TOTAL VOL. 1 L. SEED 20,00 mg/L



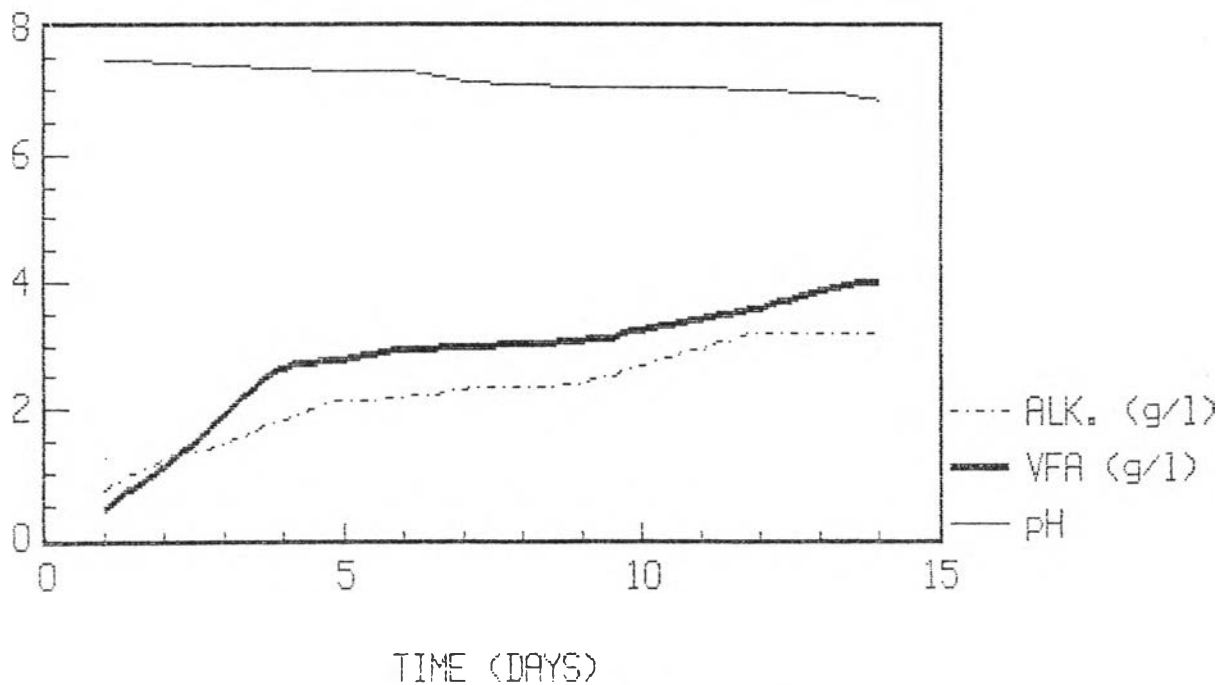
รูปที่ 5.2ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 4 %

5 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

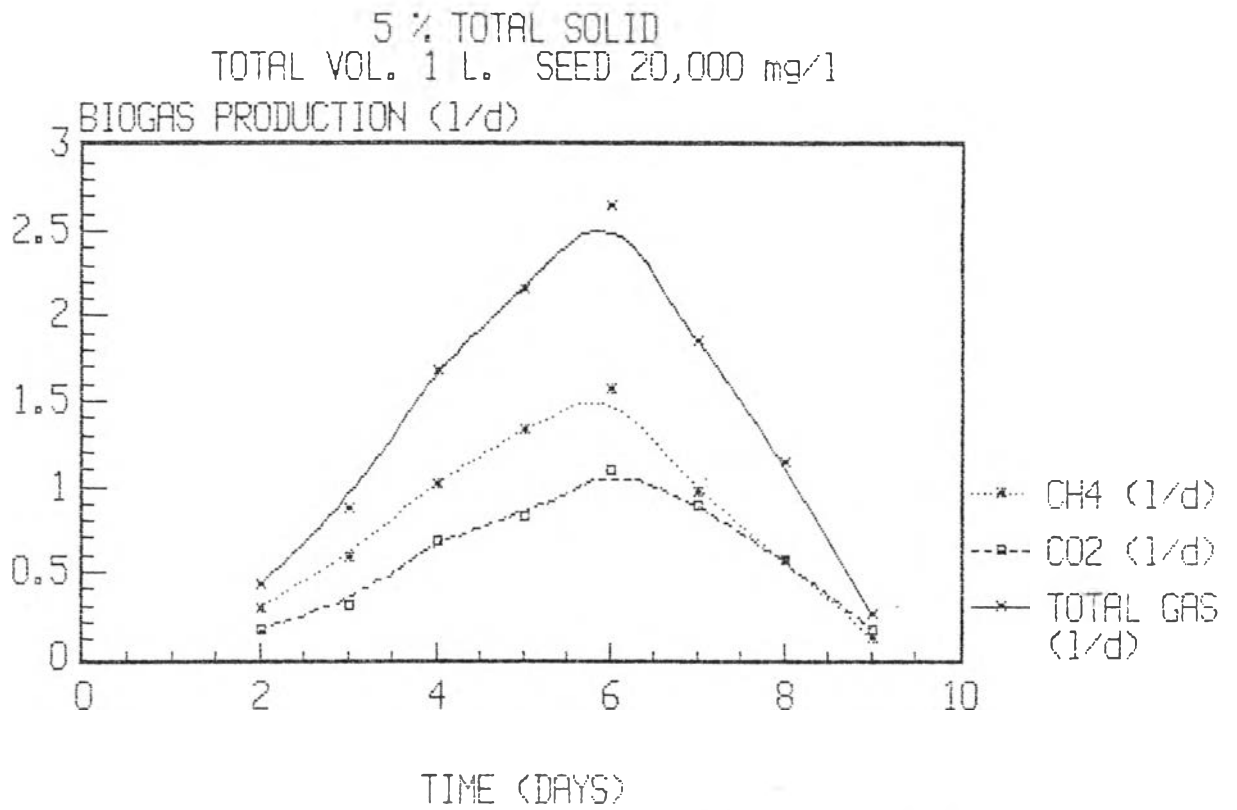


รูปที่ 5.3ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 %

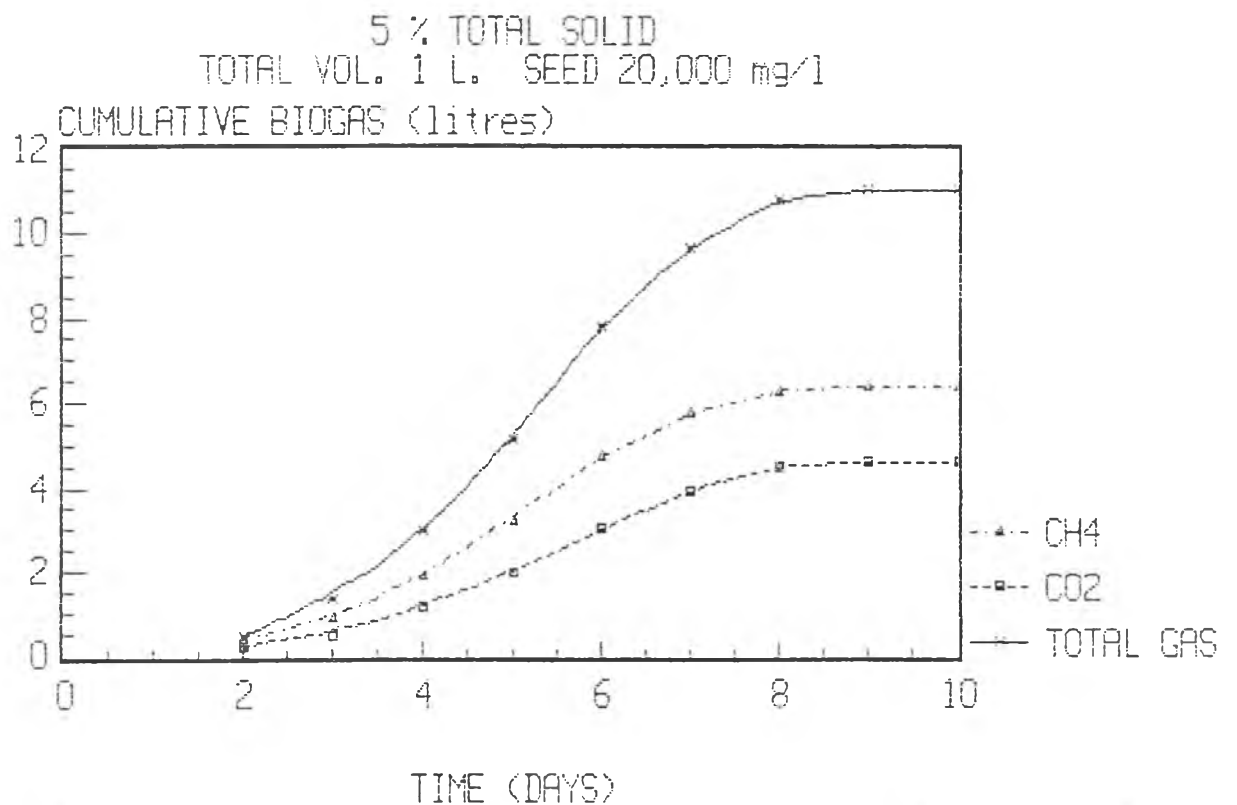
5 % TOTAL SOLID
TOTAL VOL. 1 L. SEED 20,000mg/l



รูปที่ 5.3ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 %



รูปที่ 5.3ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 %



รูปที่ 5.3ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 %

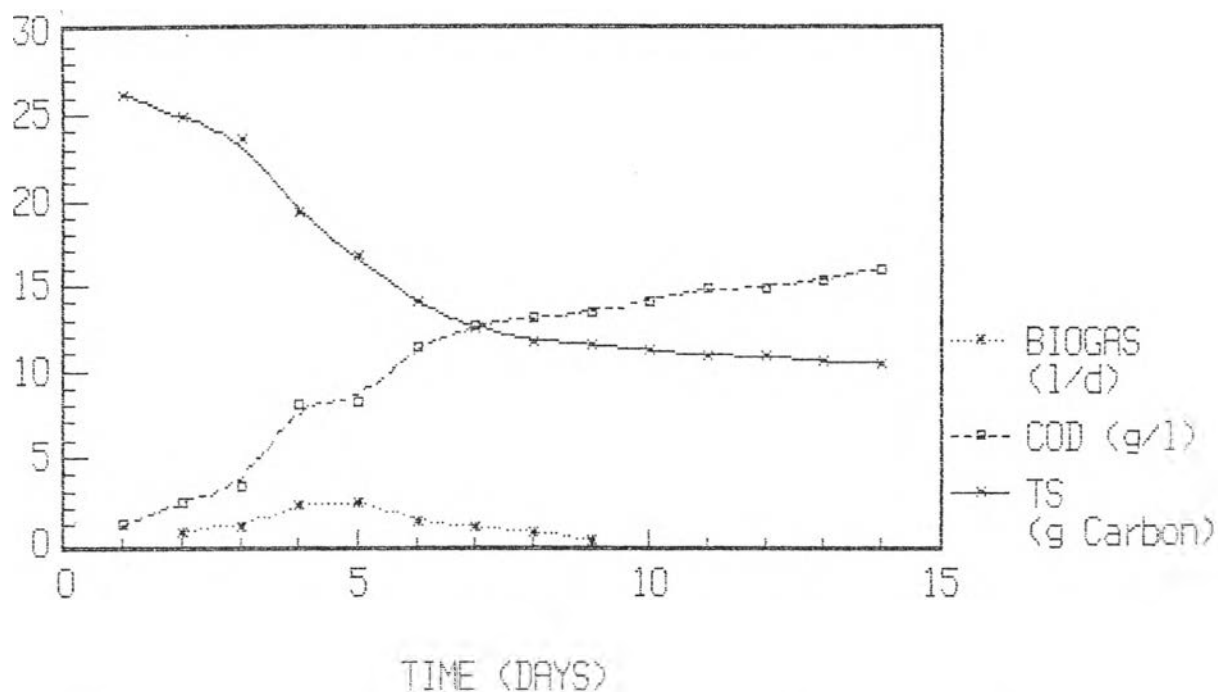


4,200 mg/l และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ระบบสามารถย่อยสลายของแข็งให้อยู่ในรูปของของแข็งละลายได้ 85.17 % เมื่อพิจารณาปริมาณสารของแข็งที่ถ่วงย่อยสลายพบว่า มีอัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 5 วันแรกของการทดลองและหลังจากนั้นการย่อยสลายมีอัตราการลดลงในขณะเดียวกันองค์ประกอบแก๊สชีวภาพมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น

การทดลองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 6 % (จากรูปที่ 5.4ก - 5.4ง) ระบบมีการผลิตแก๊สชีวภาพลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลอง 3 ชุดข้างต้น เนื่องจากการมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบมากขึ้น ทำให้การย่อยสลายเป็นกรดไขมันระเหยมีจำนวนมาก และเป็นผลให้ methanogens ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันเกิดการสะสมกรดไขมันระเหยภายในระบบมากขึ้น โดยสามารถผลิตได้ทั้งหมด 8.5 ลิตร และเป็นองค์ประกอบแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 4.18 ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลายได้ 61.04 % การสะสมกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 5,300 mg/l ส่วน ค่าพีเอชลดต่ำลงจนกระทั่งในวันสุดท้ายของการทดลองพีเอชเท่ากับ 6.00 เนื่องจากค่า alkalinity ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับกรดไขมันระเหย

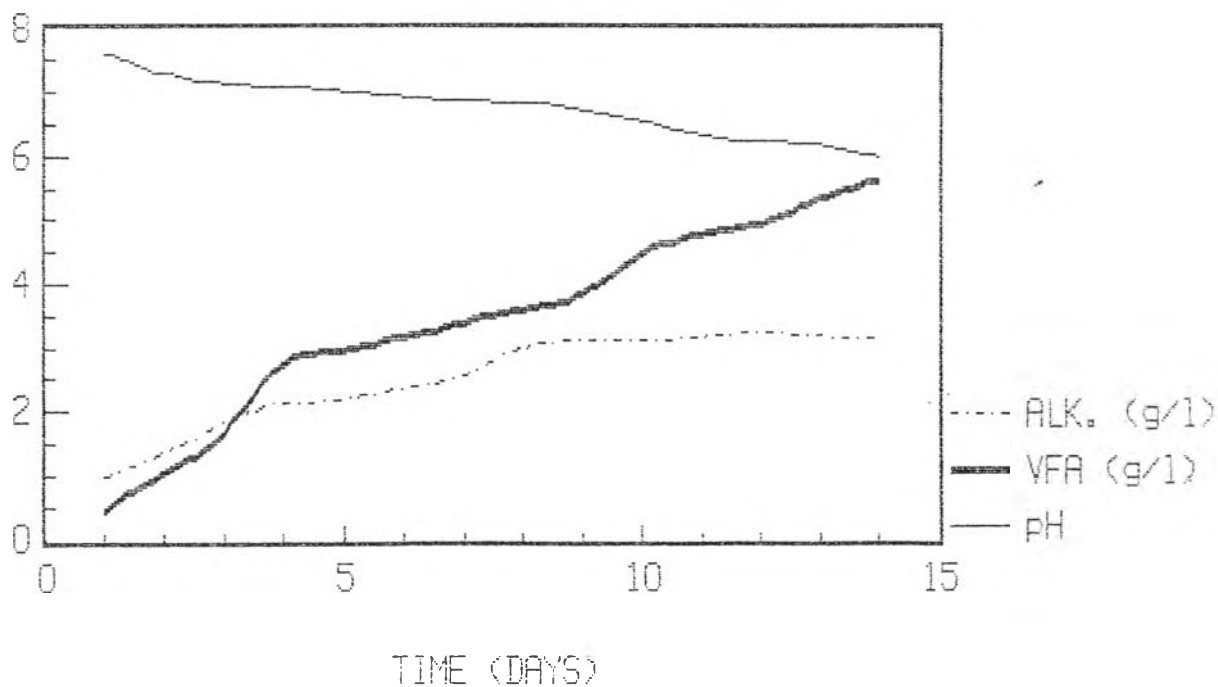
การทดลองที่มีปริมาณของแข็ง 7 % พบว่าระบบสิ้นสุดการผลิตแก๊สชีวภาพเร็วขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้เวลาสั้นกว่าการทดลอง ชุดที่มีปริมาณของแข็งต่ำกว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 10.63 ลิตร โดยมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5.55 ลิตร (รูปที่ 5.5ก - 5.5ง) สังเกตเห็นว่าการผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงกว่าที่ปริมาณของแข็งในระบบ 6% แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลาย พบว่า มีอัตราการย่อยสลายน้อยกว่าที่ 6 % ซึ่งเท่ากับ 59.14 % ส่วนที่เห็นได้ชัดเจนคือปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นอย่างมากในขณะที่ค่า COD และค่า alkalinity ไม่แตกต่างจากการทดลองอื่น ๆ มีผลทำให้เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าพีเอชลดต่ำลงที่ 5.93 และการผลิตแก๊สชีวภาพลดลงเช่นกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่ากรดไขมันระเหยสูงถึง 7,412 mg/l

6 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L SEED 20,000 mg/l

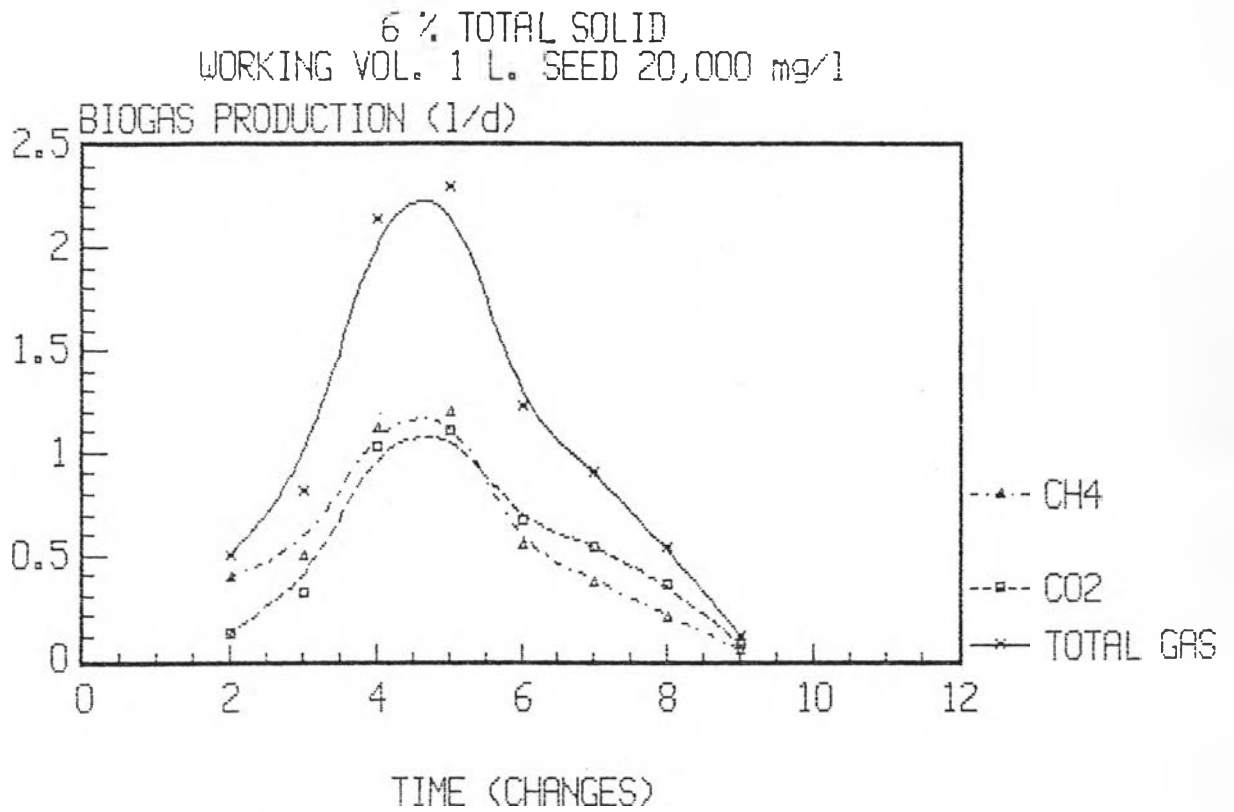


รูปที่ 5.4ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %

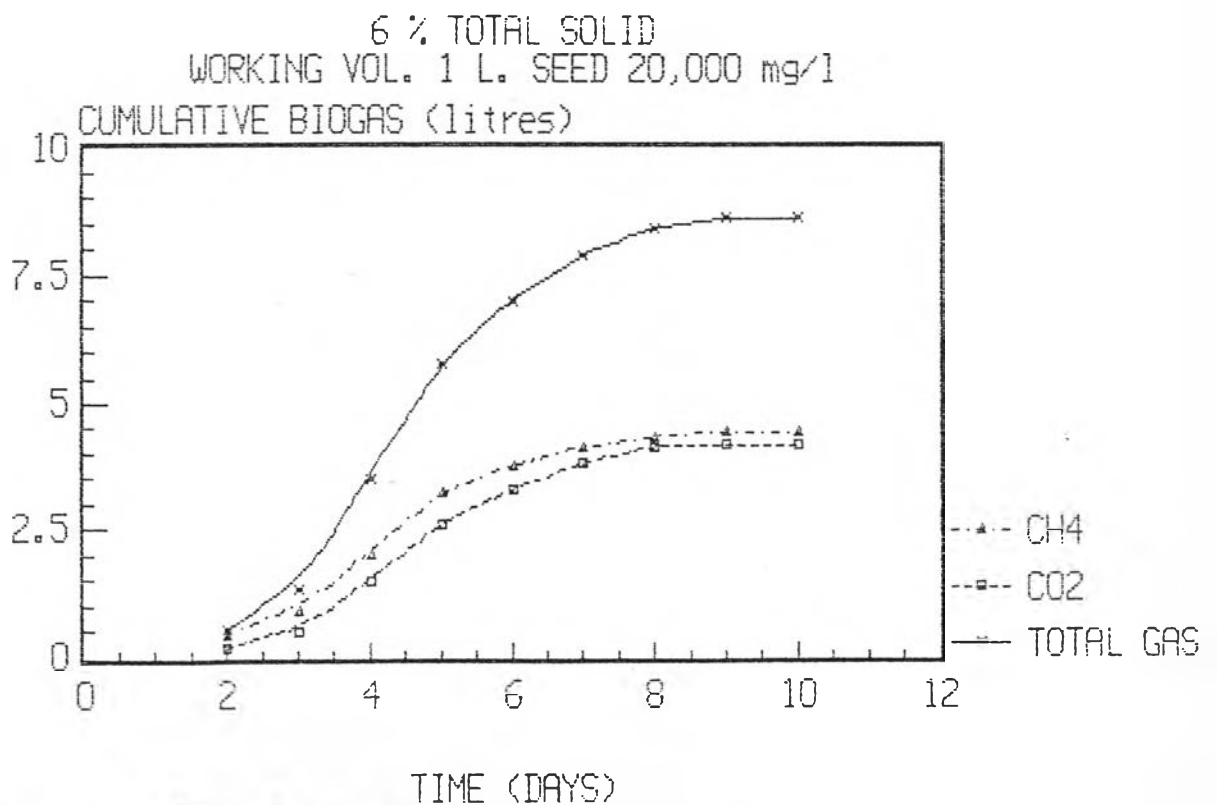
6 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.4ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %

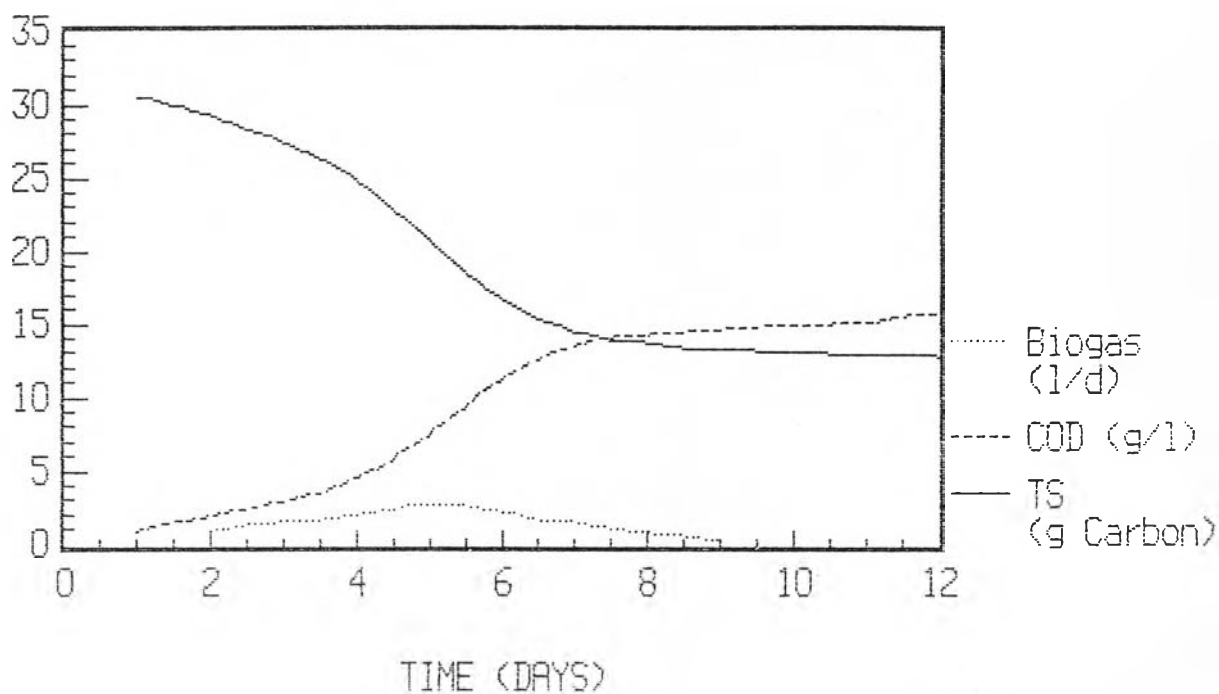


รูปที่ 5.4ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %



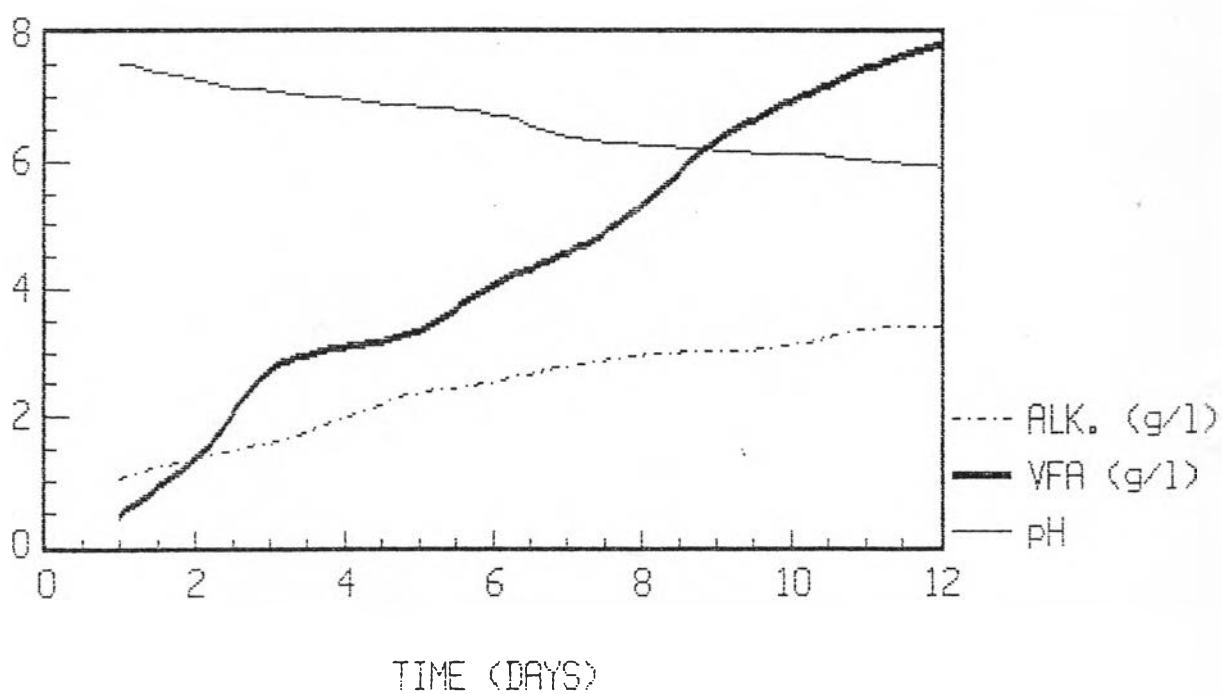
รูปที่ 5.4ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %

7 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

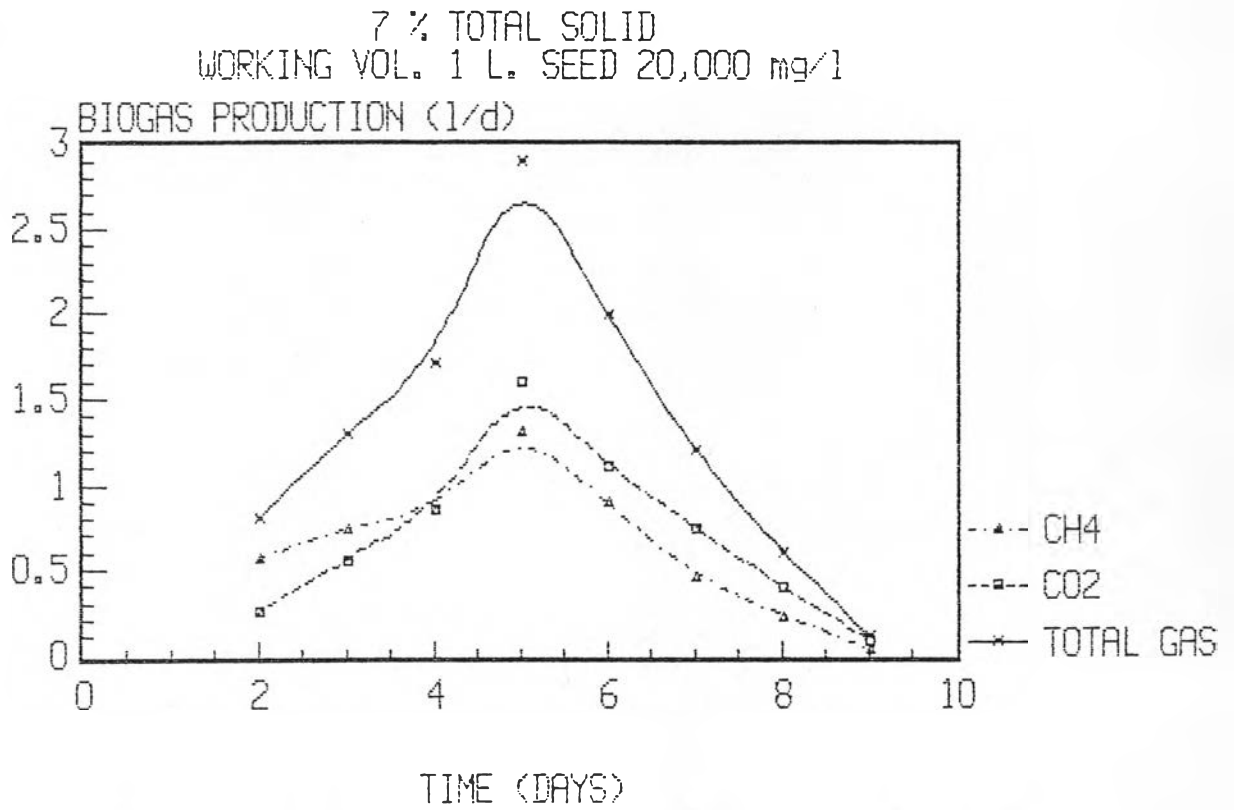


รูปที่ 5.5ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 7 %

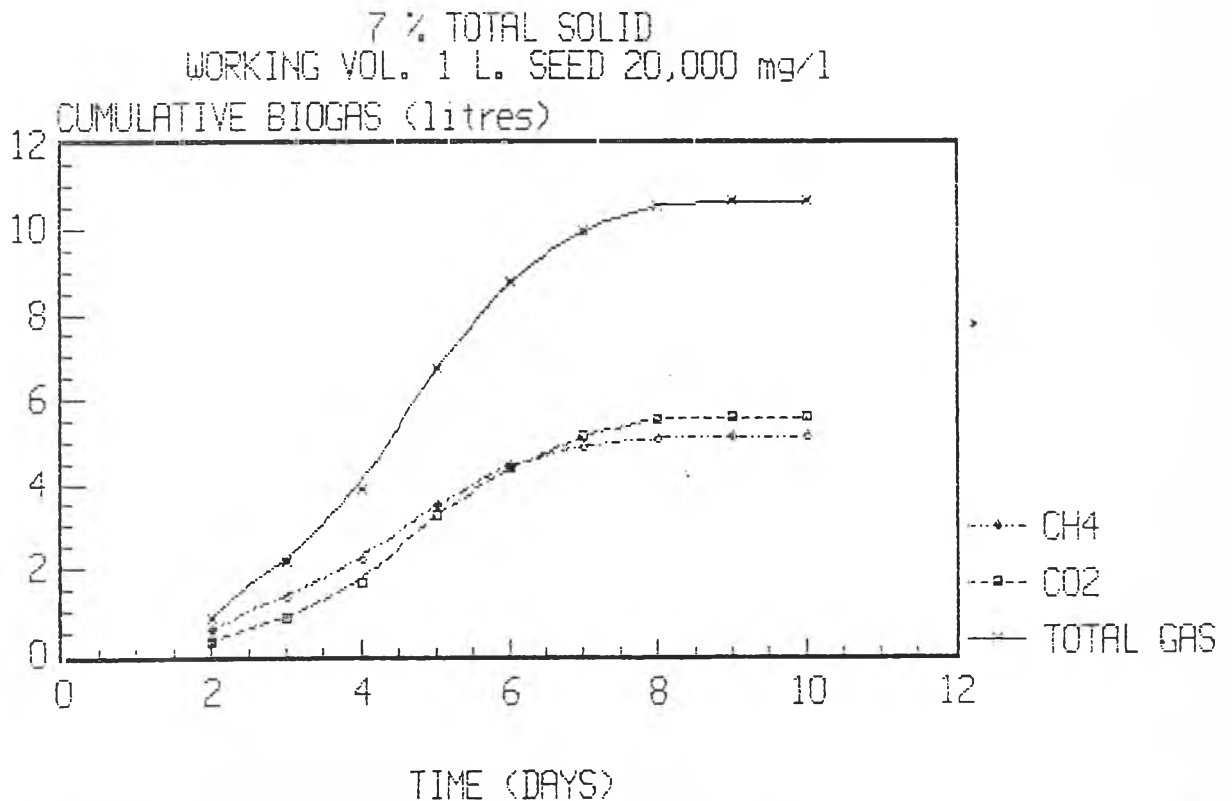
7 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.5ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 7 %



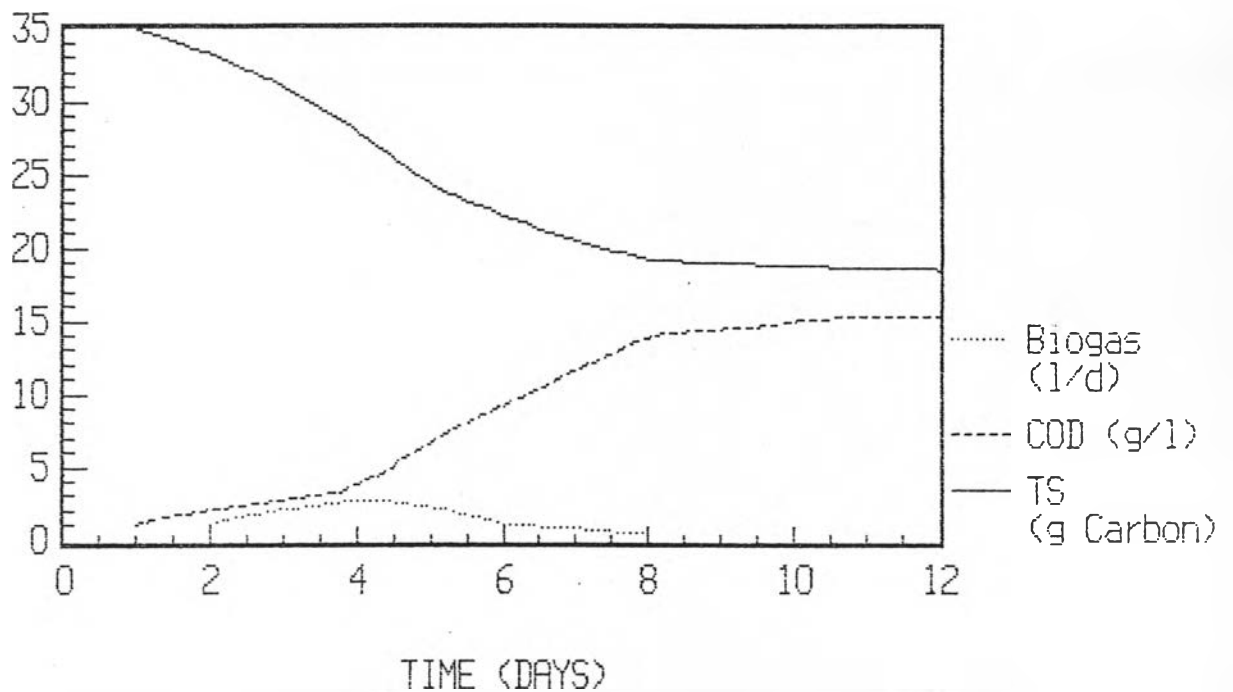
รูปที่ 5.5ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 7 %



รูปที่ 5.5ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 7 %

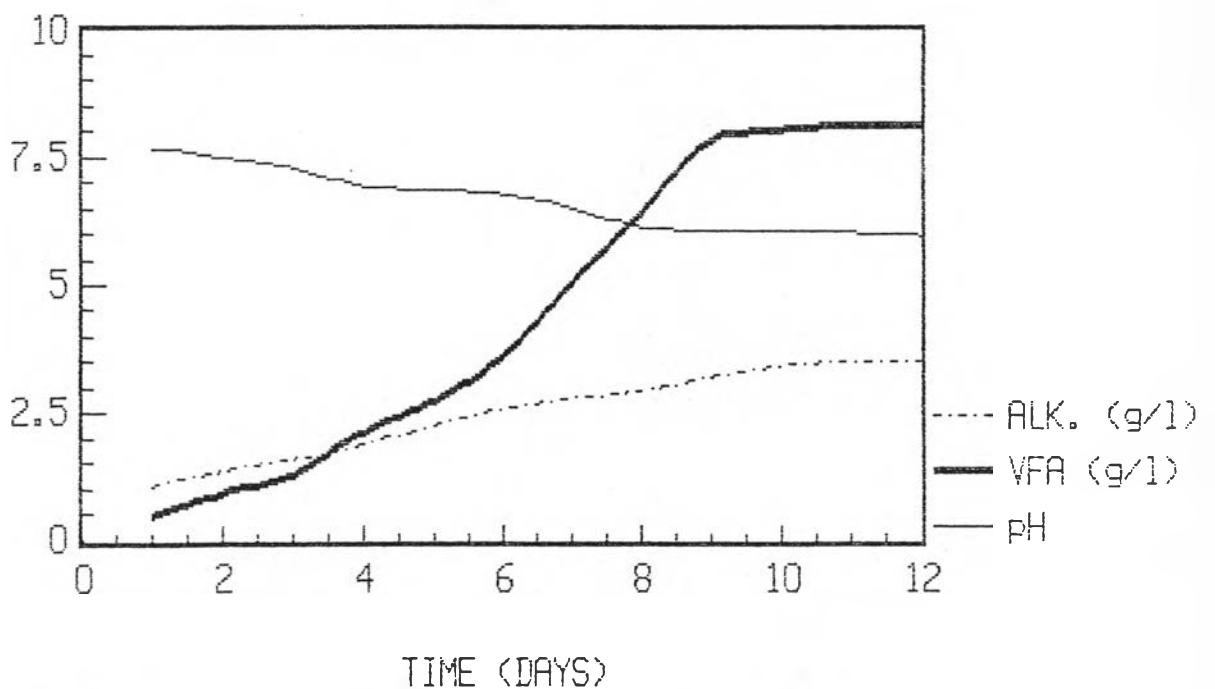
ที่การทดลองที่มีปริมาณของแข็ง 8 % เป็นไปในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ปริมาณของแข็ง 7 % การผลิตแก๊สชีวภาพลดลงทั้งที่มีปริมาณกรดไขมันระเหยอยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากระบบไม่มีเสถียรภาพในการรักษาพีเอชให้มีสภาพเป็นกลางได้ ทำให้กรดน้ำส้ม (CH_3COOH) ซึ่งเป็นกรดส่วนใหญ่ของกรดไขมันระเหย จะแตกตัวอยู่ในรูป CH_3COO^- และ H^+ ซึ่ง H^+ แม้จะเป็นสารตั้งต้นสำหรับกลุ่ม methanogens เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน แต่เมื่อมีการสะสมในระบบเป็นจำนวนมากจะเป็นพิษต่อเซลล์เนื่องจาก methanogens ไม่สามารถใช้กรดอินทรีย์ระเหยได้ทัน เป็นผลให้ผลผลิตการเปลี่ยนแปลงเป็นแก๊สมีเทนลดลง (Comerford และคณะ, 1986) ดังนั้นการทดลองนี้ผลิตแก๊สชีวภาพตลอดการทดลองได้ 9.51 ลิตร โดยมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 4.64 ลิตร และสามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของของแข็งละลายได้ 47.91 % ส่วนการทดลองที่ปริมาณของแข็ง 10 และ 12 % สามารถย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลายได้ 40.06 และ 37.76 % ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันการผลิตแก๊สชีวภาพส่วนใหญ่องค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลจากการทดลองแปรค่าปริมาณของแข็งในระบบสามารถสรุปผลการทดลองได้ตามตาราง 5.2 ดังต่อไปนี้

8 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

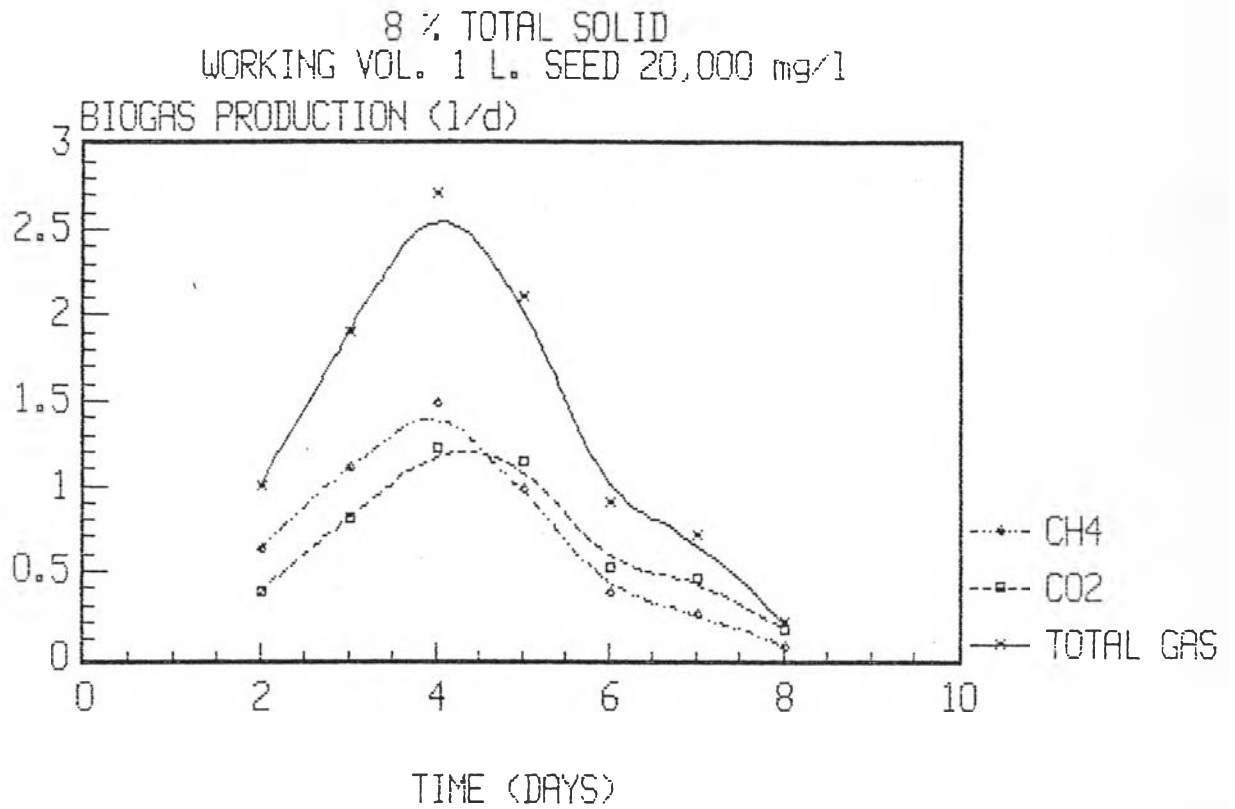


รูปที่ 5.6ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 8 %

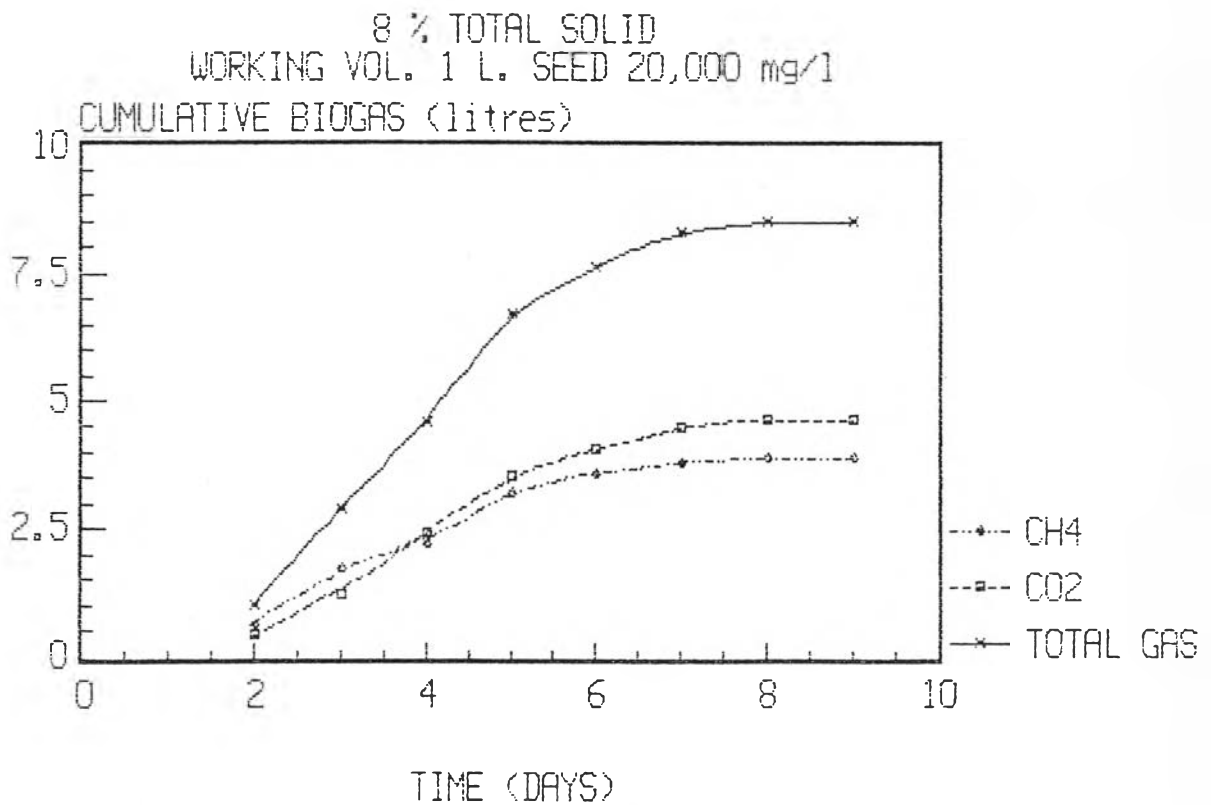
8 % TOTAL SOLID
WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.6ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 8 %

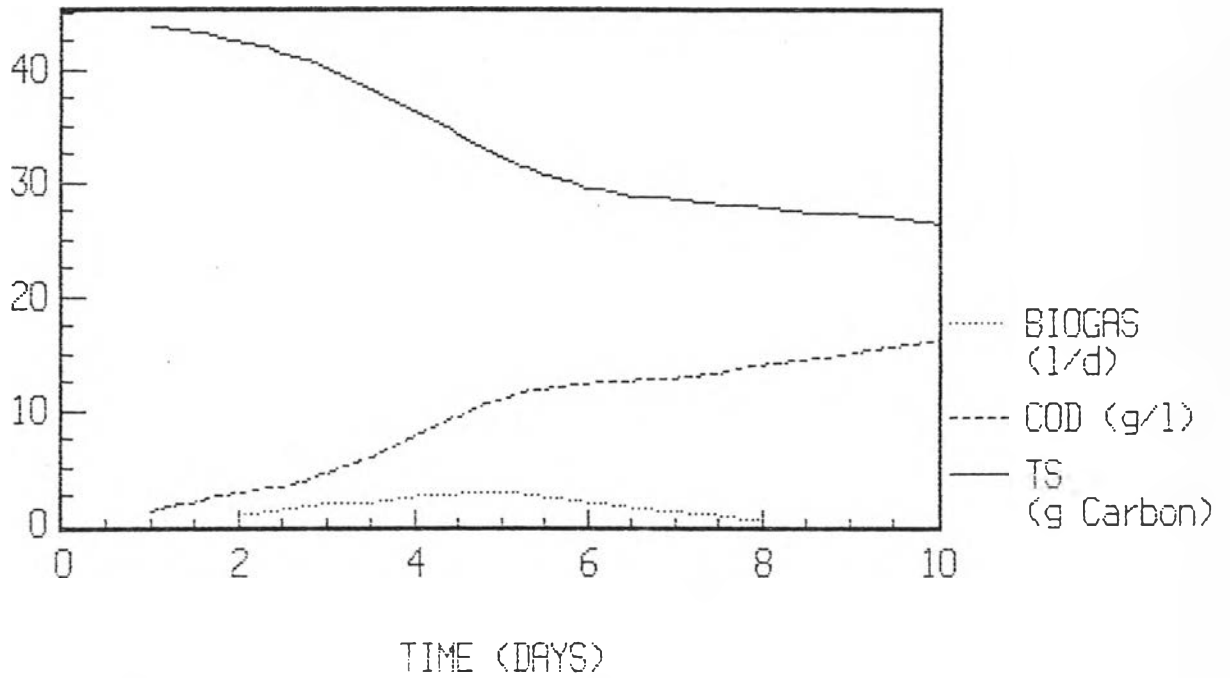


รูปที่ 5.6ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 8 %



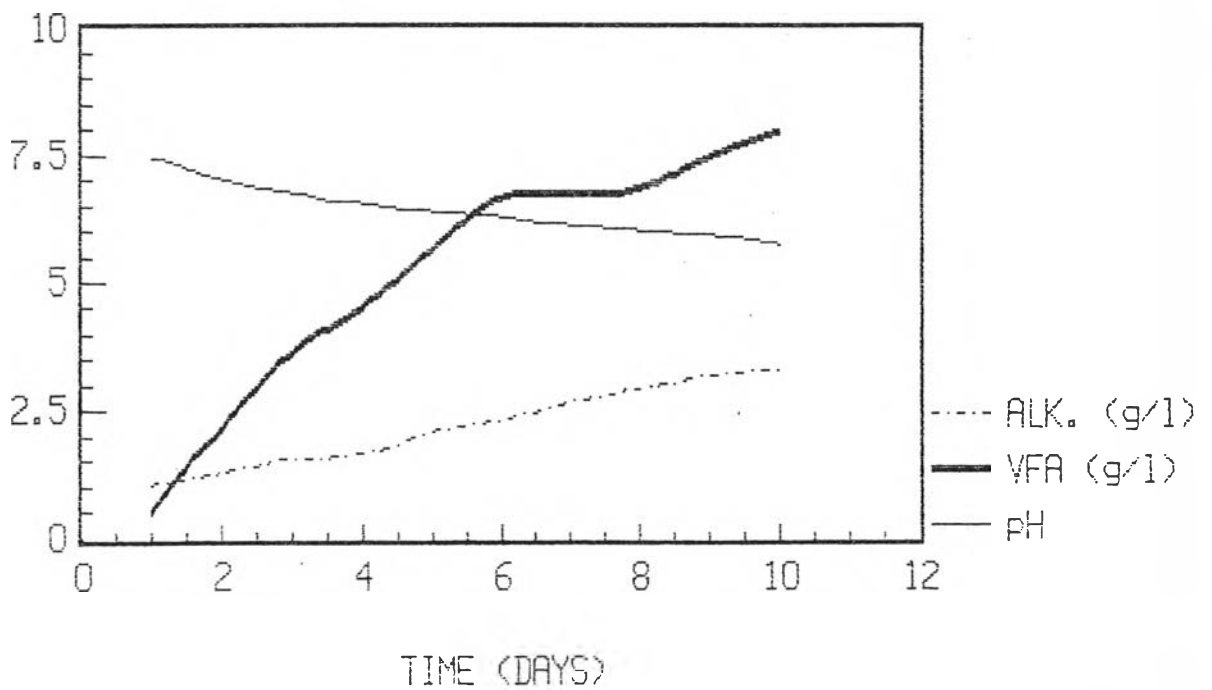
รูปที่ 5.6ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 8 %

10 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

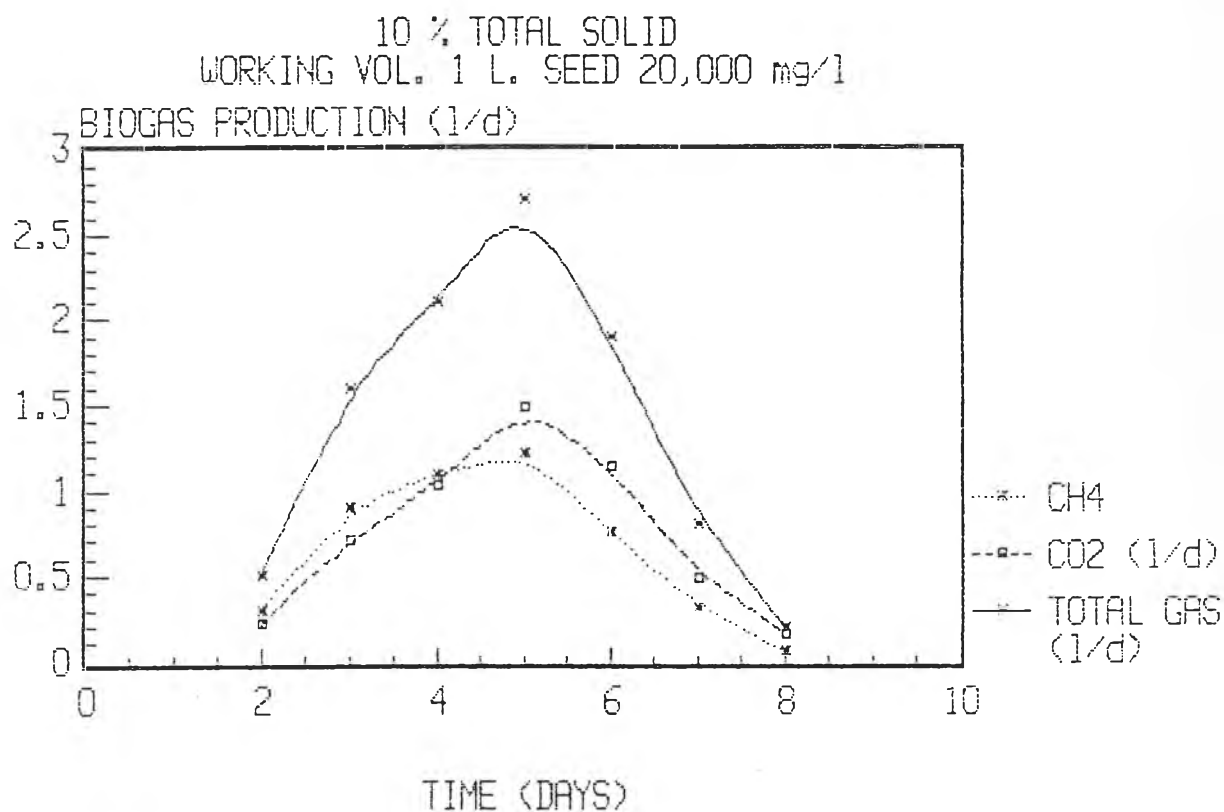


รูปที่ 5.7ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 10 %

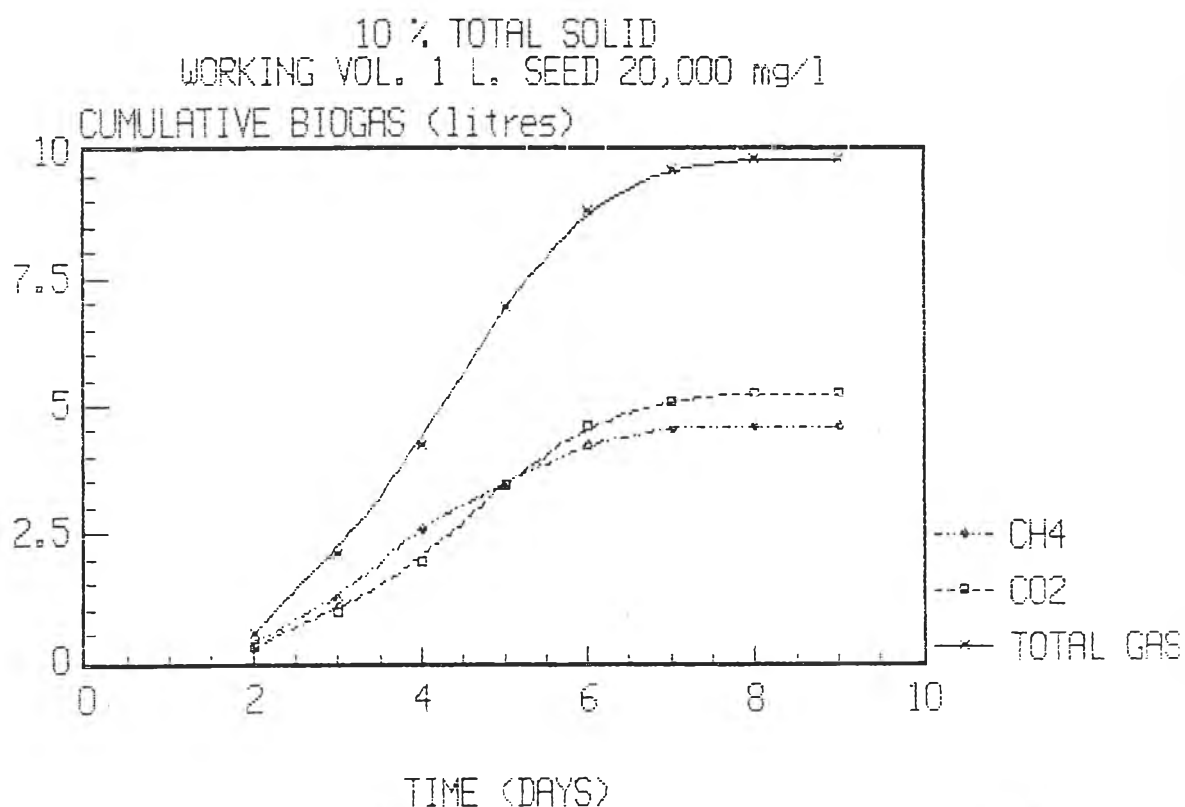
10 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.7ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 10 %

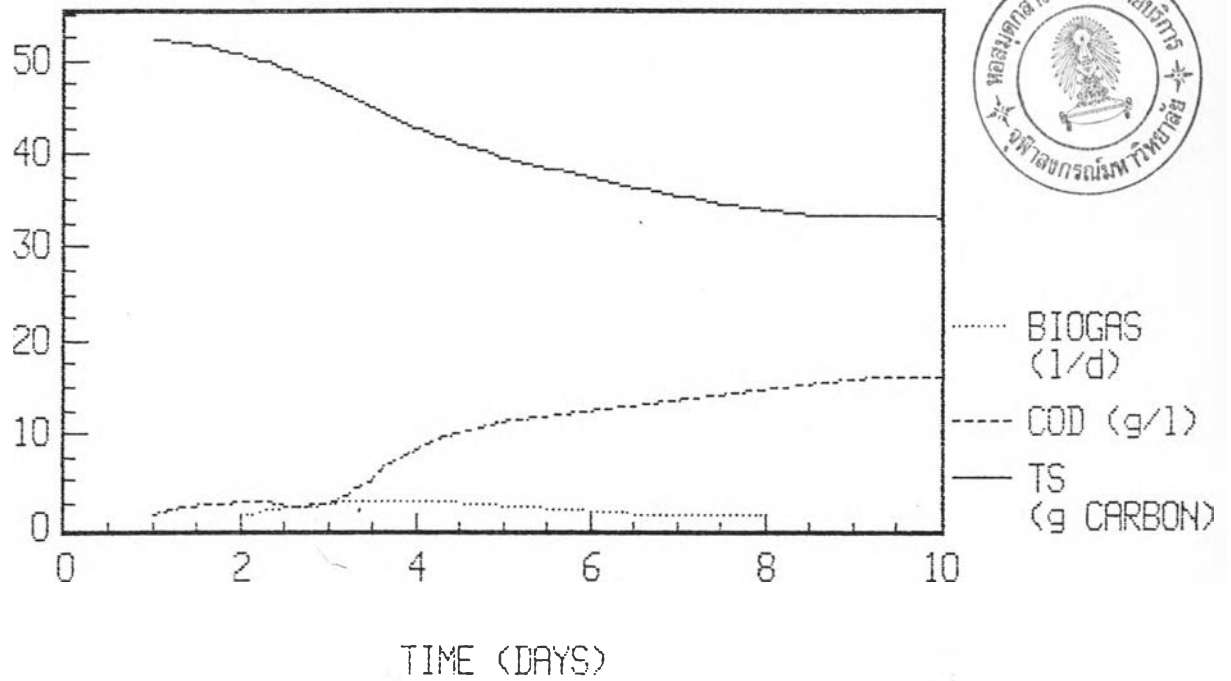


รูปที่ 5.7ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 10 %



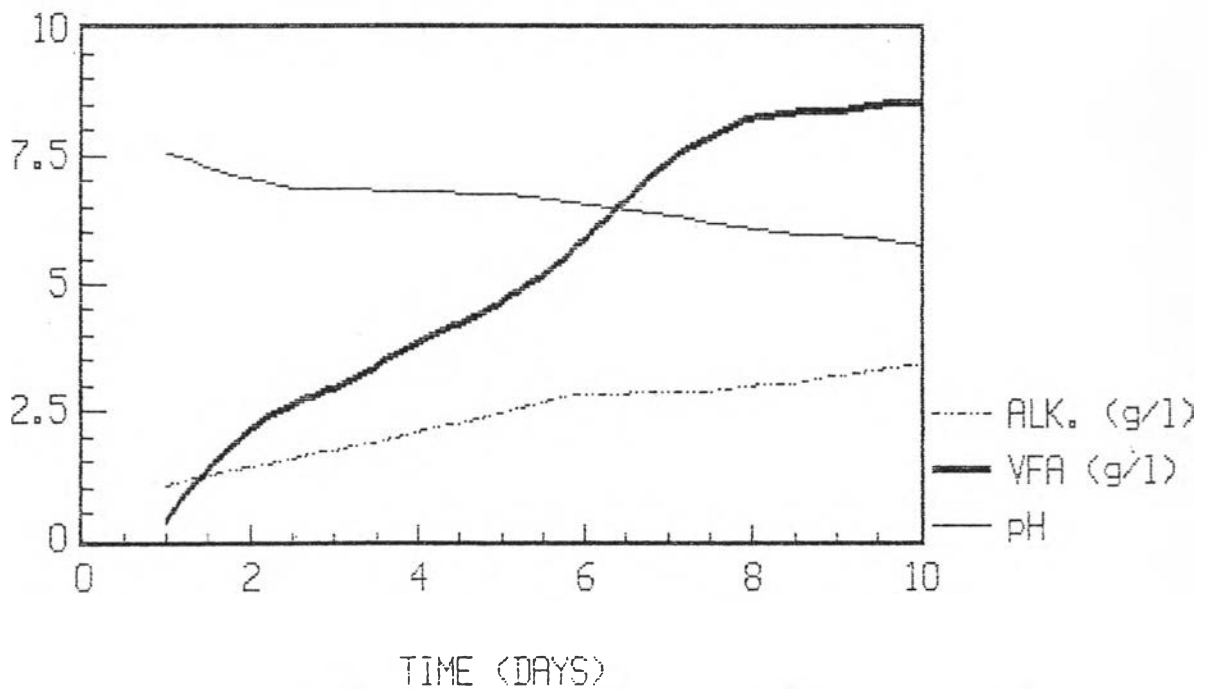
รูปที่ 5.7ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 10 %

12 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l

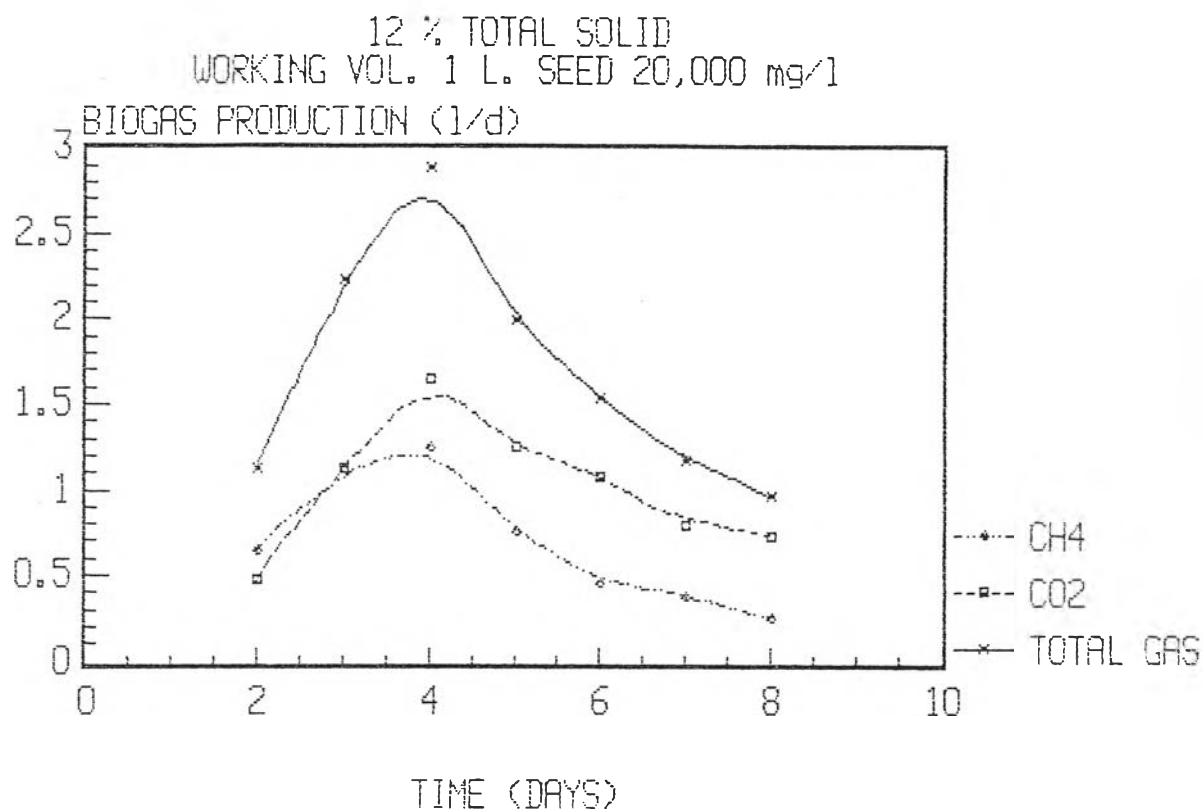


รูปที่ 5.8ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 12 %

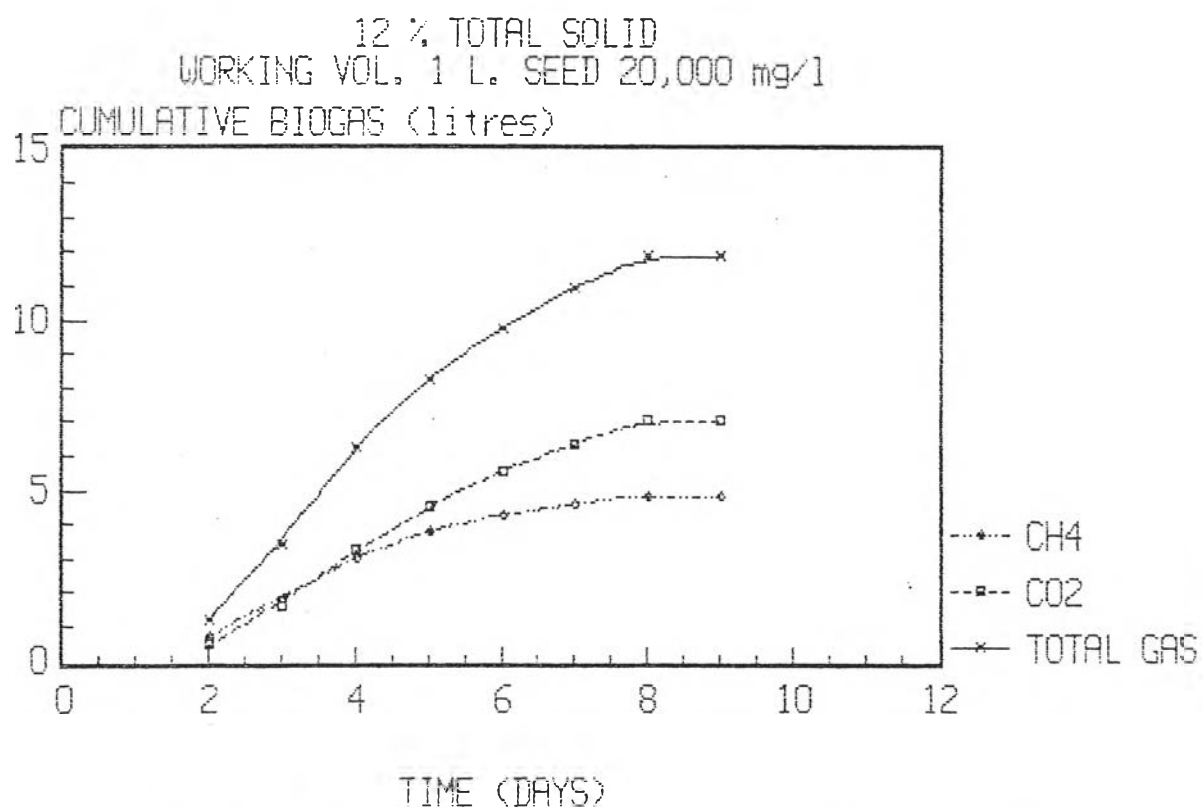
12 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.8ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 12 %



รูปที่ 5.8ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 12 %



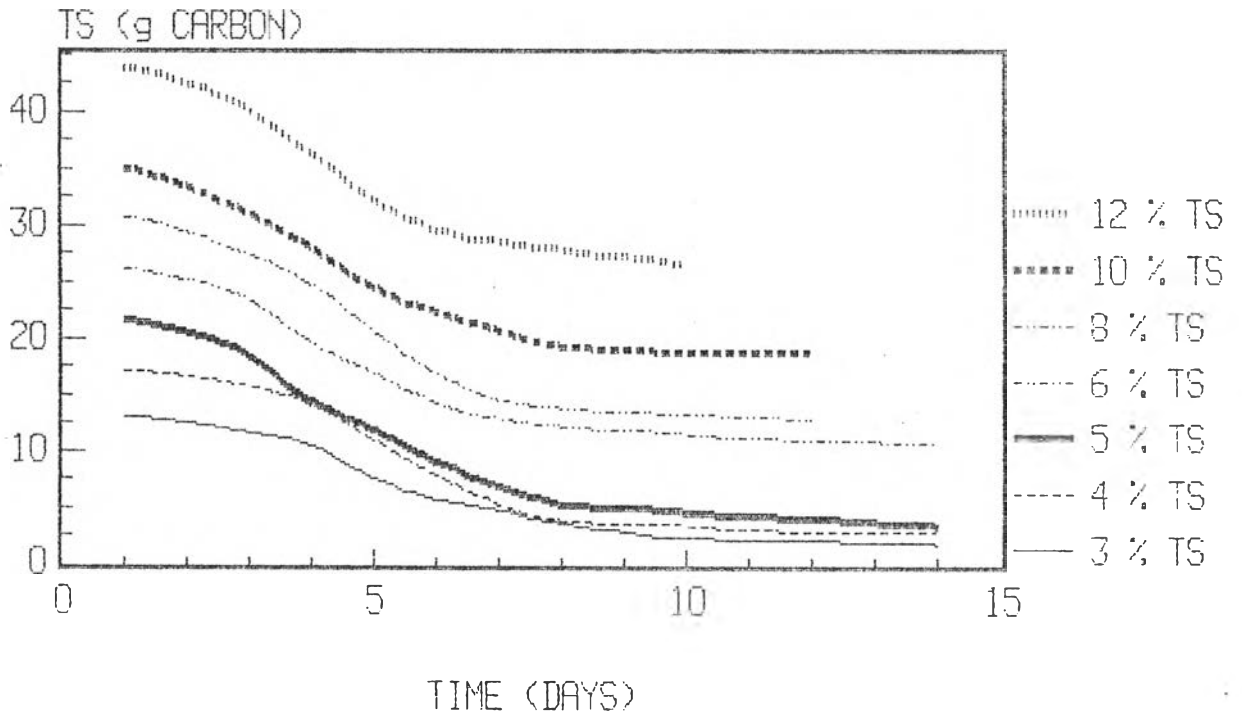
รูปที่ 5.8ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตสะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 12 %

ตารางที่ 5.2 ผลของปริมาณของแข็งต่อการผลิตแก๊สมีเทน

ปริมาณของแข็ง เริ่มต้นภายใน ระบบ (%)	การลดลง ของของแข็ง (%)	ปริมาณแก๊ส ทั้งหมด (ลิตร)	ปริมาณแก๊ส คาร์บอน ไดออกไซด์ (ลิตร)	ผลผลิตแก๊สชีวภาพ (ลิตร/กรัมคาร์บอน)
3	87.92	4.46	2.04	0.34
4	85.78	7.79	3.30	0.44
5	85.17	11.00	4.62	0.50
6	61.04	8.50	4.18	0.32
7	59.14	10.66	5.55	0.35
8	47.91	9.51	4.64	0.27
10	40.06	9.85	5.20	0.22
12	37.76	12.00	7.56	0.23

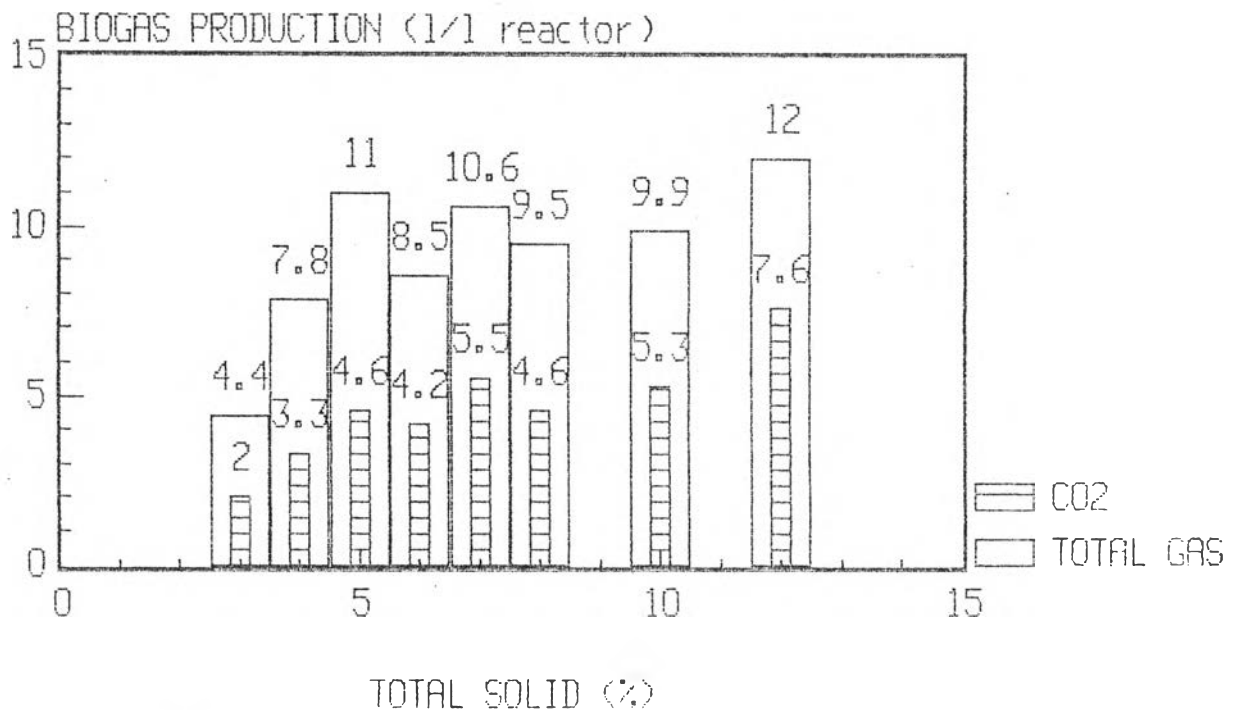
เมื่อพิจารณาความสามารถในการผลิตแก๊สชีวภาพ ในแต่ละความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ พบว่าที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ 3-5 % ผลผลิตของแก๊สชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณของแข็งทั้งหมด (รูปที่ 5.10) เนื่องจากที่ปริมาณของแข็งที่เปอร์เซ็นต์ต่ำ ๆ ระบบยังคงรักษาเสถียรภาพให้มีพีเอชเป็นกลางไว้ได้ เนื่องจากระบบยังไม่มีกรดไขมันระเหยในระบบไว้มาก จนกระทั่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์เอง และ methanogens เองก็สามารถเปลี่ยนแปลงกรดไขมันระเหย ไปเป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทัน (Comerford และคณะ, 1986) นอกจากนั้นจากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบที่ 3-5% มีอัตราการย่อยสลายสารตั้งต้นใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.9) พบว่าในช่วงวันที่ 1-3 ของการทดลองระบบมีอัตราการย่อยสลายไม่มากนักซึ่งคิดเป็นช่วง lag phase ส่วนในช่วงวันที่ 4-6 ของการทดลองจัดอยู่ในช่วง log phase และการทดลองเริ่มคงที่ในวันที่ 13 ของการทดลอง และพบว่าเมื่อระบบมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7.00 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพมีอัตราส่วนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 50 % เนื่องจากมีการสะสมกรดไขมันระเหยในระบบเพิ่มขึ้นเนื่องจาก methanogens ไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยเหล่านี้ได้ทัน ซึ่งกรดไขมัน

TOTAL SOLID REDUCTION



รูปที่ 5.9 อัตราการย่อยสลายสารของแข็งที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

GAS PRODUCTION
 TOTAL SOLID 3-12 %
 WORKING VOL. 1 L. SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบการผลิตแก๊สชีวภาพที่ปริมาณของแข็งในระบบต่าง ๆ

ระเหยส่วนใหญ่เป็นกรดน้ำส้ม (CH_3COOH) 70 % ดังนั้นเมื่อระบบไม่สมดุล กรดน้ำส้มจะแตกตัวเป็น CH_3COO^- และ H^+ ซึ่งล้วนเป็นอันตรายต่อ methanogens และรวมทั้งกลุ่ม acitogens เช่นกัน (Zubr, 1986)

สำหรับเหตุผลสนับสนุนคำกล่าวนี้ปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้น เมื่อพิจารณาที่การทดลองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ 6 % เมื่อมีการสะสมปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลายได้ลดลงเหลือ 61.04 % และมีผลทำให้ผลผลิตของแก๊สชีวภาพลดลงเช่นกัน และเมื่อทำการทดลองโดยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบมีค่ามากกว่า 6 % พบว่าความสามารถในการย่อยสลายสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของแข็งละลายลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งที่ปริมาณของแข็งทั้งหมด 12 % พบว่ามีอัตราการย่อยสลายต่ำที่สุดในชุดการทดลองนี้ นอกจากนั้นยังทำให้แก๊สชีวภาพมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 5.10) เนื่องจากพีเอชไม่เหมาะสมต่อ methanogens และปริมาณกรดไขมันระเหยเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ

การย่อยสลายเปลือกมันฝรั่งในการทดลองนี้องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบคาร์บอน 44.02 % (w/w) และมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 1.44 % (w/w) ดังนั้นการย่อยสลายสารประกอบคาร์บอนที่มีองค์ประกอบไม่ซับซ้อนมากนัก จึงเกิดขึ้นปฏิกิริยาการย่อยสลายได้รวดเร็วแตกต่างจากการย่อยสลายสารประกอบคาร์บอนที่ซับซ้อนที่มีองค์ประกอบซับซ้อน เช่น เซลลูโลส หรือ ลิกนิน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะย่อยสลายได้ช้าหรือที่เรียกว่า rate-limiting steps

5.3 ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น (seed) มีผลต่อการย่อยสลายหรือไม่

จากการทดลองที่ 5.2 พบว่าที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบ 5 % เป็นช่วงที่มีผลการทดลองที่ดีที่สุด เนื่องจากสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ในปริมาณมากที่สุด และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ 40 % แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบอยู่ที่ 6 % ปรากฏว่าความสามารถในการย่อยสลายลดลง และองค์ประกอบแก๊สชีวภาพมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น พบว่ามากกว่า 50 % ดังนั้นการทดลองในข้อนี้เป็นการศึกษาว่าเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นให้เป็น 40,000 และ 60,000 mg/l เพื่อศึกษามีผลต่อระบบอย่างไร ปรากฏว่าการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น ทำให้การดำเนินไปของกระบวนการหมักเกิดได้รวดเร็วขึ้น แต่ไม่สามารถเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายให้เพิ่มมากขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจาก

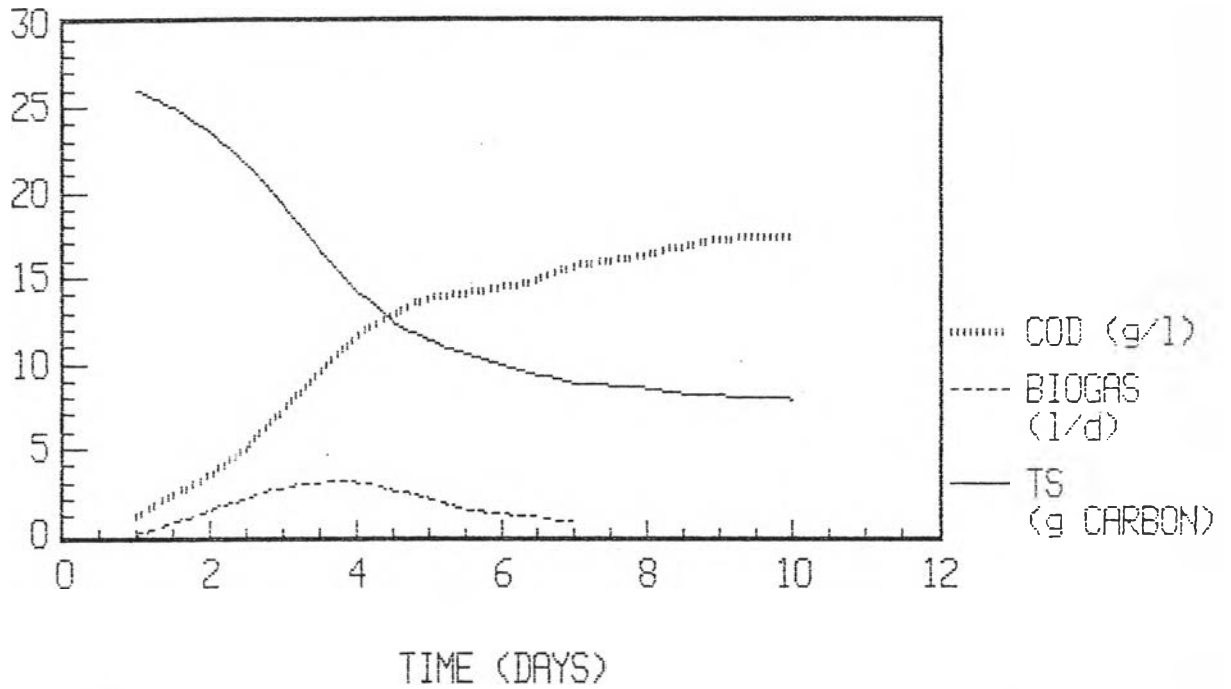
อัตราส่วนปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นระหว่าง methanogens และ acidogens หรือกลุ่ม hydrolytic bacteria มีอัตราส่วนคงที่ของจุลินทรีย์ของแต่ละชนิด นอกจากนั้นอัตราส่วนของกลุ่มแบคทีเรียเหล่านี้มีค่าคงที่ขึ้นกับแหล่งของจุลินทรีย์ดังนั้นการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ก็เป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ทั้งกลุ่มในอัตราส่วนที่เท่ากัน ไม่มีผลต่อการย่อยสลาย และองค์ประกอบแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สชีวภาพ ซึ่งการทดลองแปรค่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสรุปได้ตามตาราง 5.3 และรูปที่ 5.11ก - 5.11ง

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองปริมาณ seed มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ

ปริมาณจุลินทรีย์ เริ่มต้นภายใน ระบบ (mg/l)	การลดลง ของของแข็ง (%)	ปริมาตรแก๊ส ทั้งหมด (ลิตร)	ปริมาตรแก๊ส คาร์บอน ไดออกไซด์ (ลิตร)	ผลผลิตแก๊ส ชีวภาพ (ลิตร/กรัมคาร์บอน)
20,000	60.04	8.50	4.18	0.32
40,000	70.04	10.19	5.40	0.39
60,000	62.75	8.54	4.34	0.32

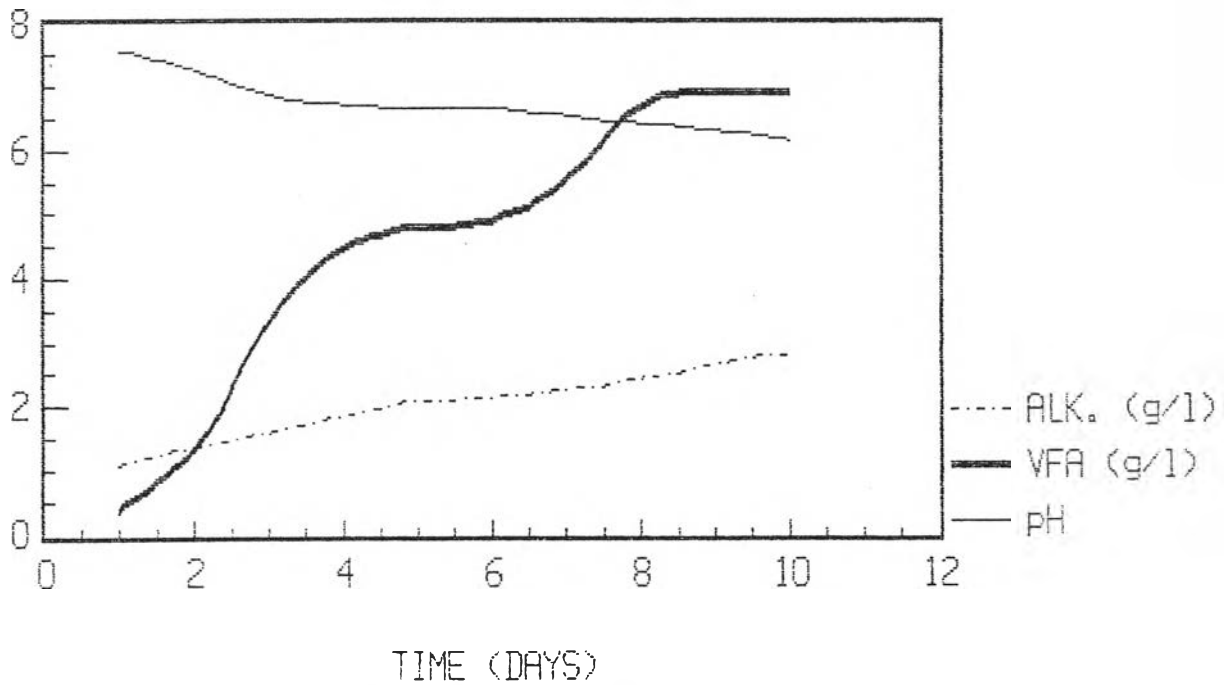
จากรูปที่ 5.5 พบว่าระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงที่สุดต่อวันในวันที่ 4 ของการทดลองเปรียบกับรูปที่รูปที่ 5.4 ค จะผลิตแก๊สชีวภาพได้สูงที่สุดต่อวัน ในวันที่ 6 ของการทดลอง และเมื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเริ่มต้นเป็น 60,000 mg/l พบว่าอัตราการผลิตแก๊สสูงที่สุดพบในวันที่ 3 ของการทดลองเท่านั้น แสดงว่าการเพิ่มปริมาณเชื้อเริ่มต้นแก่ระบบทำให้กระบวนการย่อยสลายและการดำเนินไปของการทดลองเกิดได้เร็วขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

6 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 40,000 mg/L

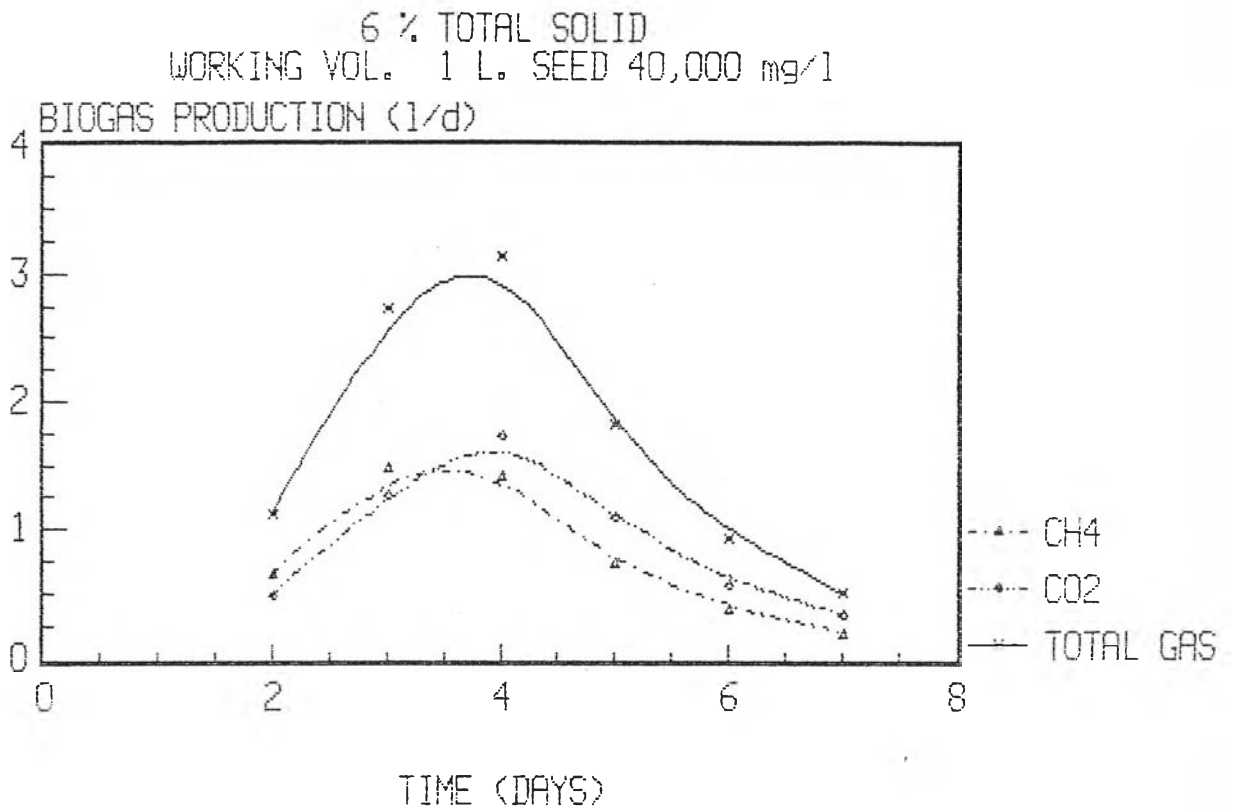


รูปที่ 5.11ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %

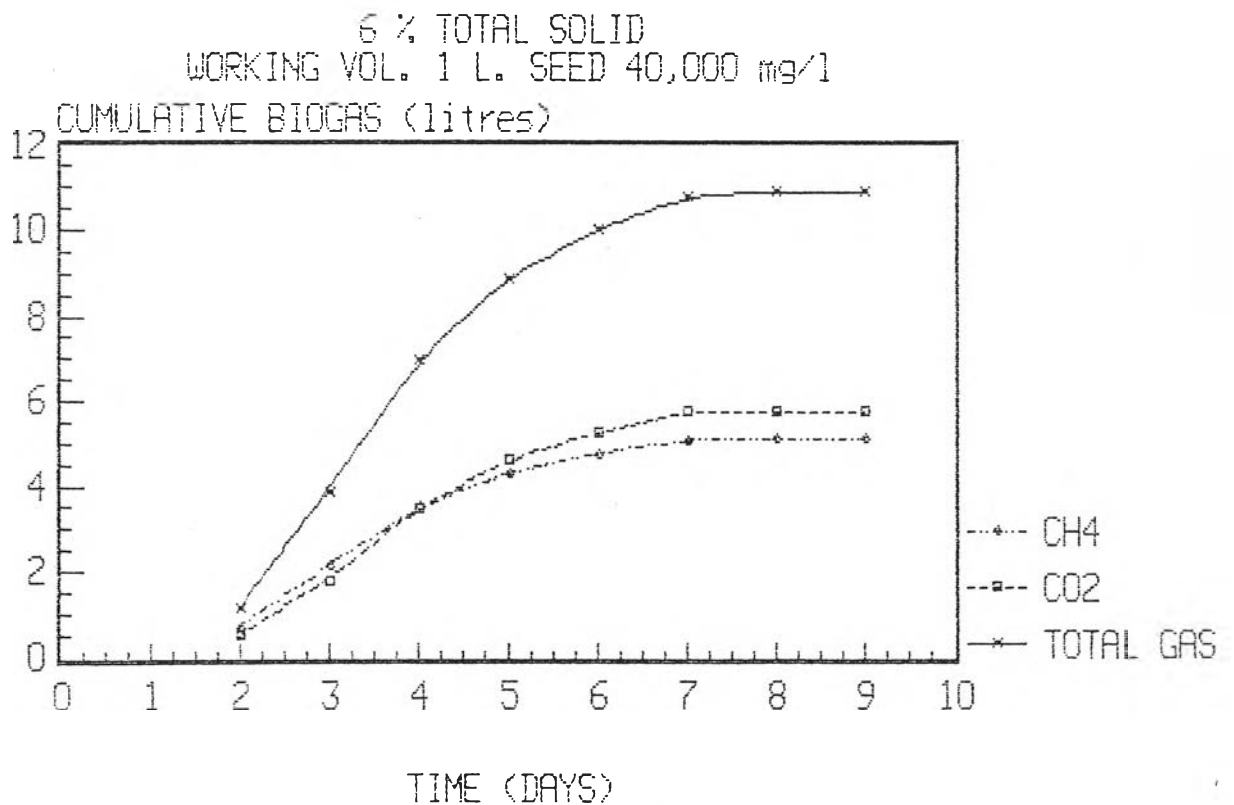
6 % TOTAL SOLID
 WORKING VOL. 1 L. SEED 40,000 mg/L



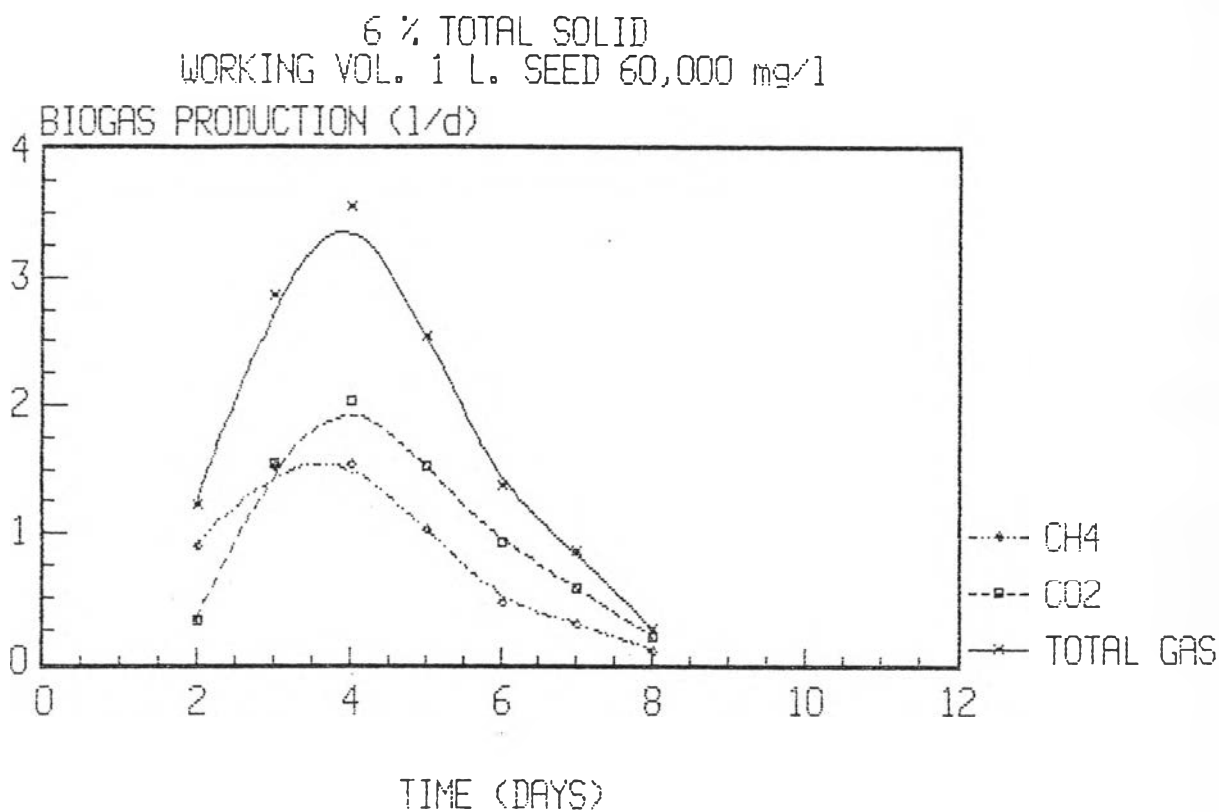
รูปที่ 5.11ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %



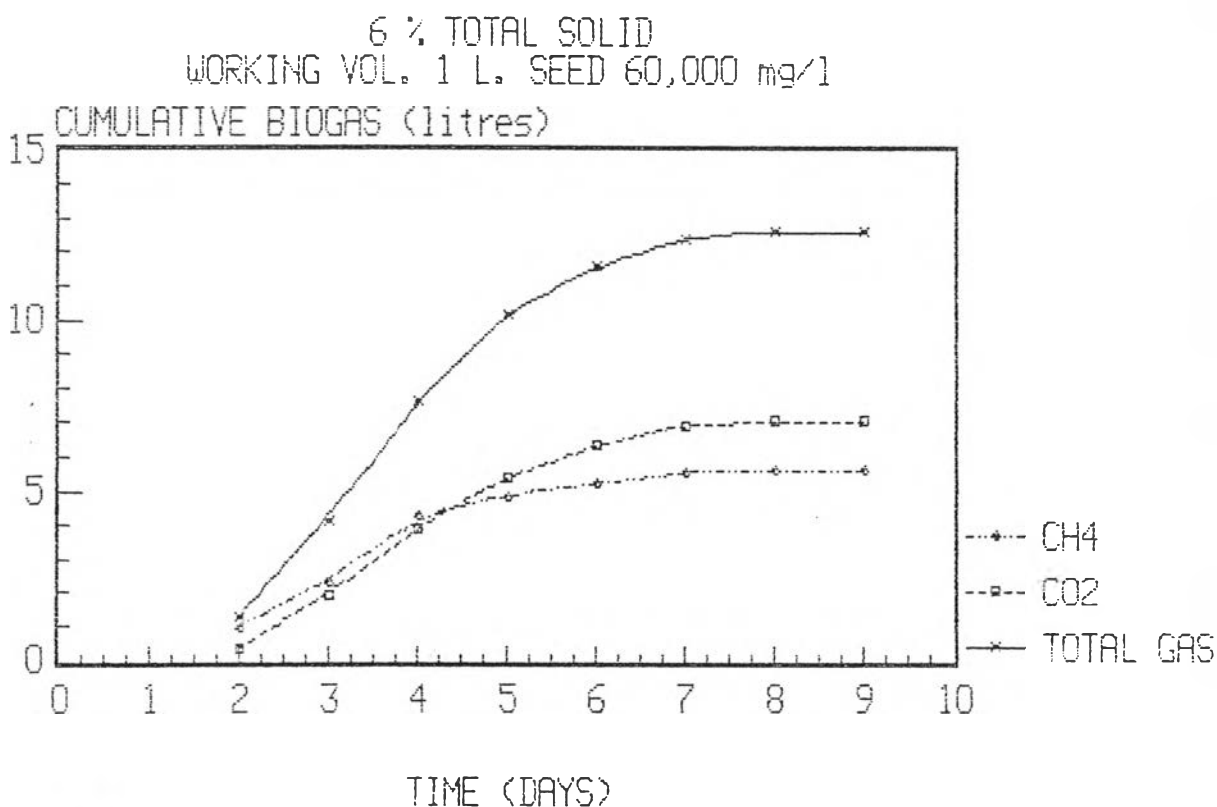
รูปที่ 5.11ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %



รูปที่ 5.11ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %



รูปที่ 5.12ก แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %



รูปที่ 5.12ข แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 6 %

5.4 ศึกษาผลของการไหลเวียนของน้ำมีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพหรือไม่

จากการทดลอง 5.1 จึงเลือกปริมาณของแข็งทั้งหมดในระบบที่ 5 % มาเพื่อทำการทดลองในชุดการทดลองนี้ เป็นการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ขนาด 360 ลิตร แต่มีขนาดการทำงานเท่ากับ 170 ลิตร โดยแปรค่าอัตราการไหลเวียนของของเหลว 3 ค่า คือที่ 250, 500 และ 750 ลิตร/วัน เพื่อศึกษาความเป็นไปในการย่อยสลาย จากการทดลองที่มีปริมาณของเหลวหมุนเวียน 250-300 ลิตร/วัน พบว่าอัตราการย่อยสลายในสัปดาห์แรกของการทดลองเป็นไปอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเริ่มผลิตแก๊สชีวภาพในวันที่ 7 ของการทดลอง เมื่อระบบมีค่าปริมาณกรดไขมันระเหยมากกว่า 1,000 mg/l (รูปที่ 5.13ก - 5.13ง) และสามารถผลิตแก๊สชีวภาพต่อวันสูงที่สุดในวันที่ 13 ของการทดลองโดยผลิตได้ 20.4 ลิตร และมีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 38 % การไหลเวียนของของเหลวในระบบทำให้เกิดการกวนผสมขึ้นในระบบและมีผลให้ค่า alkalinity เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ไม่มีการไหลเวียนของของเหลว เป็นผลให้ระบบสามารถรักษาสภาพพีเอชให้มีสภาพเป็นกลางได้ ตลอด 4 สัปดาห์ของการทดลอง แม้ว่าจะมีปริมาณกรดไขมันระเหยสูงถึง 4,000 mg/l ก็ตาม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าระบบย่อยสลายสารตั้งต้นไปเป็นของแข็งละลายได้ 37.33 % และผลิตแก๊สชีวภาพได้ทั้งหมด 151.5 ลิตร มีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 62.42 ลิตร สังเกตพบว่า การทดลองที่ขนาดใหญ่ขึ้นระบบมีระยะเวลาช่วง lag phase ยาวขึ้นเป็น 1 สัปดาห์ แตกต่างจากการทดลองที่ 5.2 ที่การทดลองในแต่ละชุดดำเนินไปเพียง 2 สัปดาห์หรือน้อยกว่าก็สิ้นสุดการทดลอง เป็นผลเนื่องมาจากระบบมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้การปรับตัวของจุลินทรีย์เริ่มต้นใช้เวลามากขึ้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองระบบมีค่า alkalinity เท่ากับ 4,500 mg/l COD มีค่า 16,214 mg/l ปริมาณกรดไขมันระเหยมีค่า 4,788 mg/l เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่มีการไหลเวียนปริมาณของเหลวพบว่า ค่า alkalinity เพิ่มมากขึ้น

การทดลองที่มีปริมาณของเหลวไหลเวียน 550-600 ลิตร/วัน ปรากฏว่าการดำเนินไปของการย่อยสลายใกล้เคียงกับการทดลองที่มีปริมาณของเหลวไหลเวียน 250-300 ลิตร/วัน ระบบเริ่มผลิตแก๊สชีวภาพในวันที่ 8 ของการทดลองและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งวันที่ 15 ของการทดลองก็สามารถผลิตแก๊สชีวภาพต่อวันได้ปริมาณสูงสุด (รูปที่ 5.14ก - 5.14ง) และเมื่อเปรียบเทียบค่า alkalinity COD และ ปริมาณกรดไขมันระเหย พบว่าไม่แตกต่างกัน หลังจากการทดลองสิ้นสุดลงในสัปดาห์ที่ 4 ระบบสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ทั้งหมด 163.2 ลิตร โดยที่มีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 72.94 ลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้

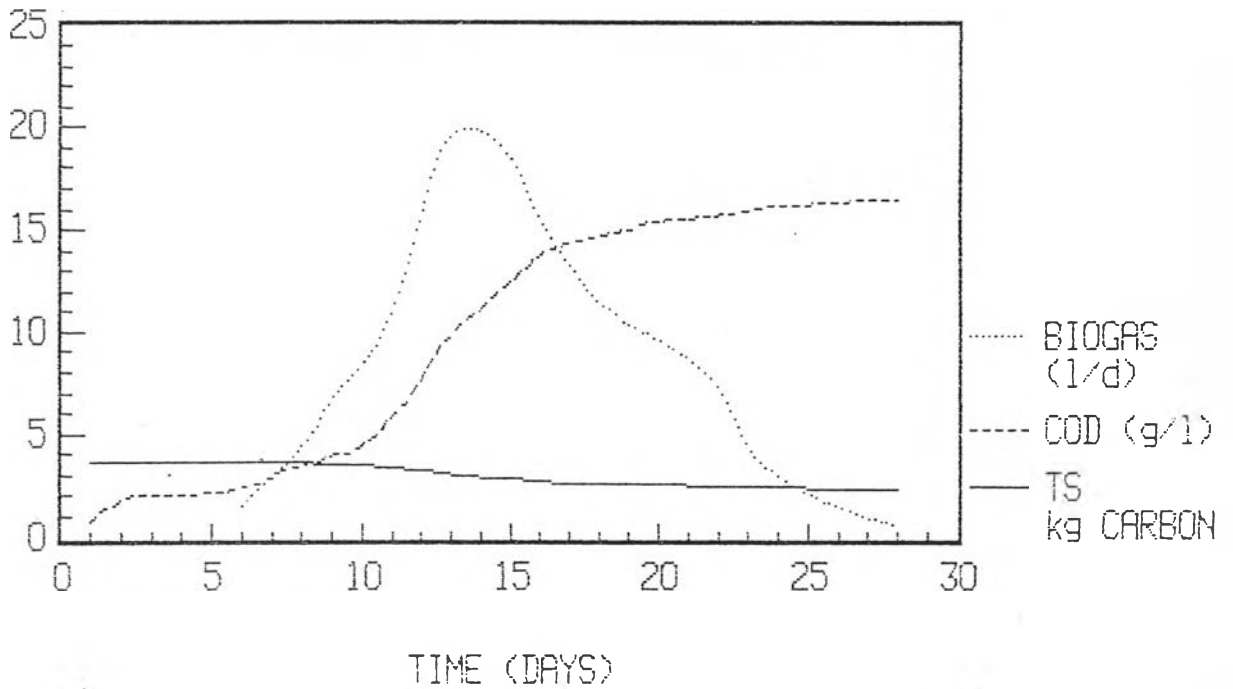
37.10 % สำหรับการทดลองที่มีอัตราการไหลเวียนของเหลว 750-800 ลิตร/วัน (รูปที่ 5.15ก - 5.15ง) มีค่า alkalinity COD ทำนองเดียวกันกับการทดลอง 2 ครั้งข้างต้น โดยมีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 37.17 % แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ทั้งหมดตลอดการทดลอง 163.9 ลิตร มีองค์ประกอบเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 74.30 ลิตร แต่ได้ข้อที่น่าสังเกตคือ จากรูปที่ 5.16 ซึ่งแสดงค่า COD/VFA กับเวลา พบว่าการทดลองที่มีอัตราการไหลเวียนของเหลวที่ 750-800 ลิตร/วัน มีค่า COD/VFA มีอัตราค่อนข้างคงที่ โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันตลอดการทดลอง

สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับอัตราการไหลเวียนของของเหลวในระบบมีดังนี้

อัตราการไหลเวียน ลิตร/วัน	ความสามารถในการ ย่อยสลาย %	ปริมาตรแก๊สที่ผลิตได้ ตลอดการทดลอง (ลิตร)	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ลิตร)
250-300	37.33	151.5	62.46
550-600	37.10	163.2	72.946
750-800	37.17	163.9	74.30

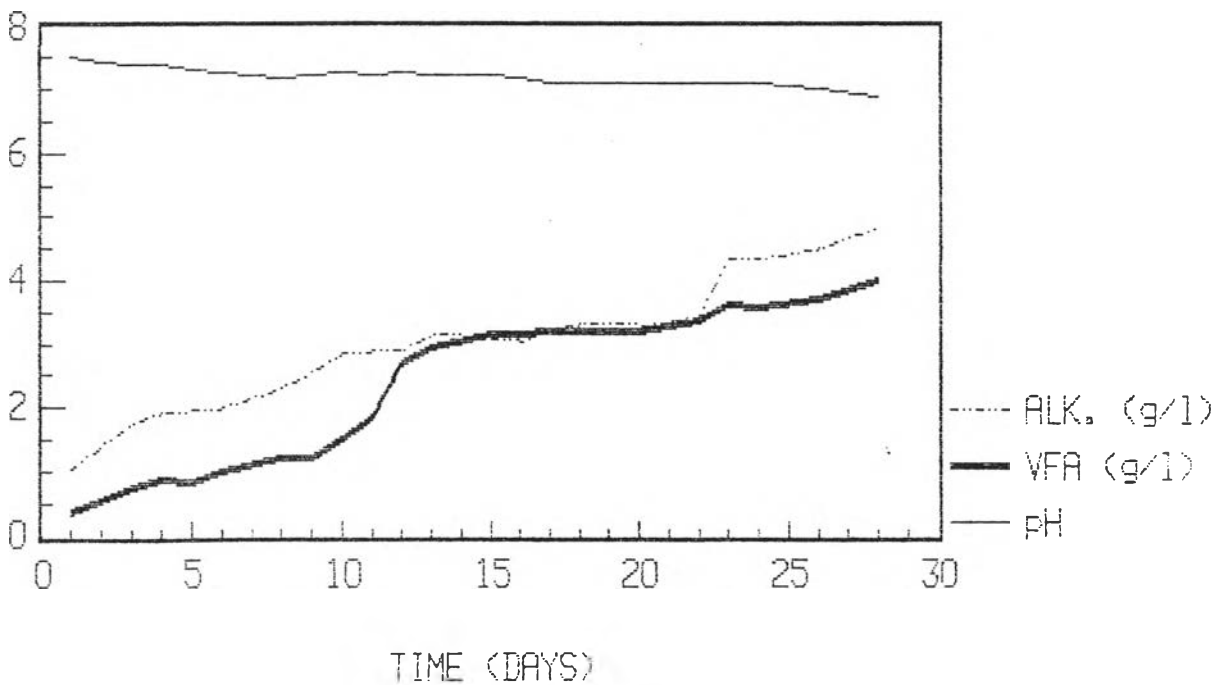


WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



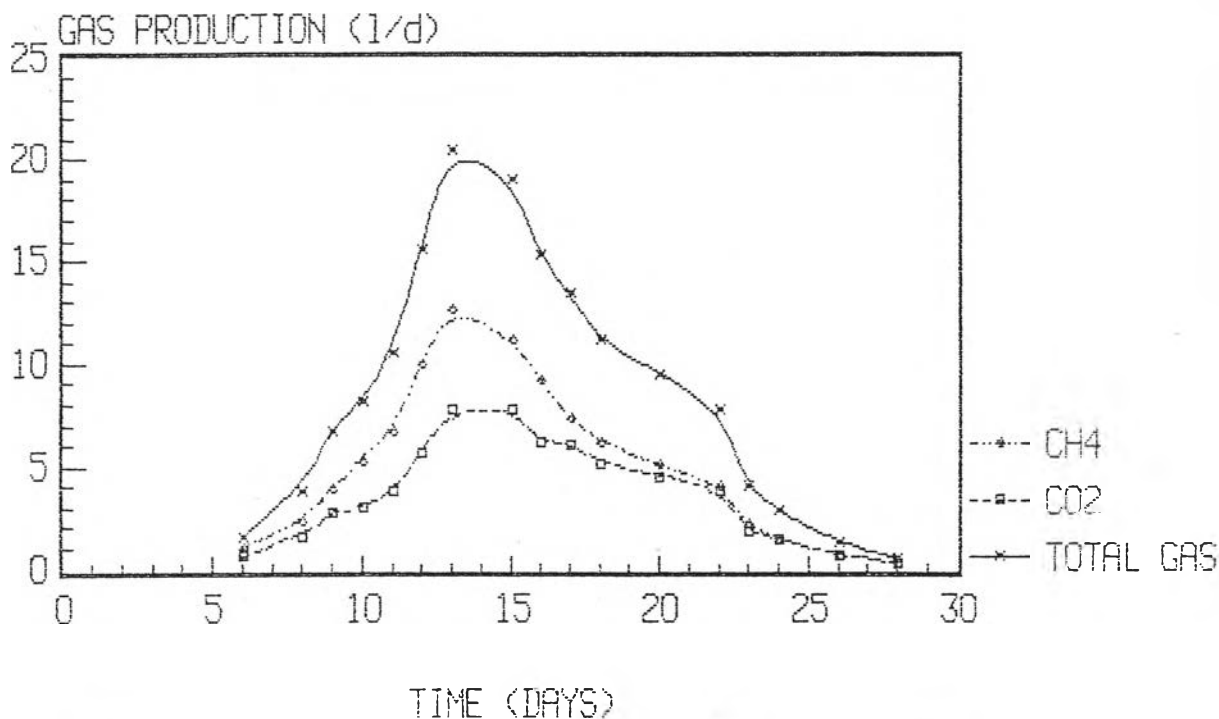
รูปที่ 5.13ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 1.47 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID SEED 20,000mg/l



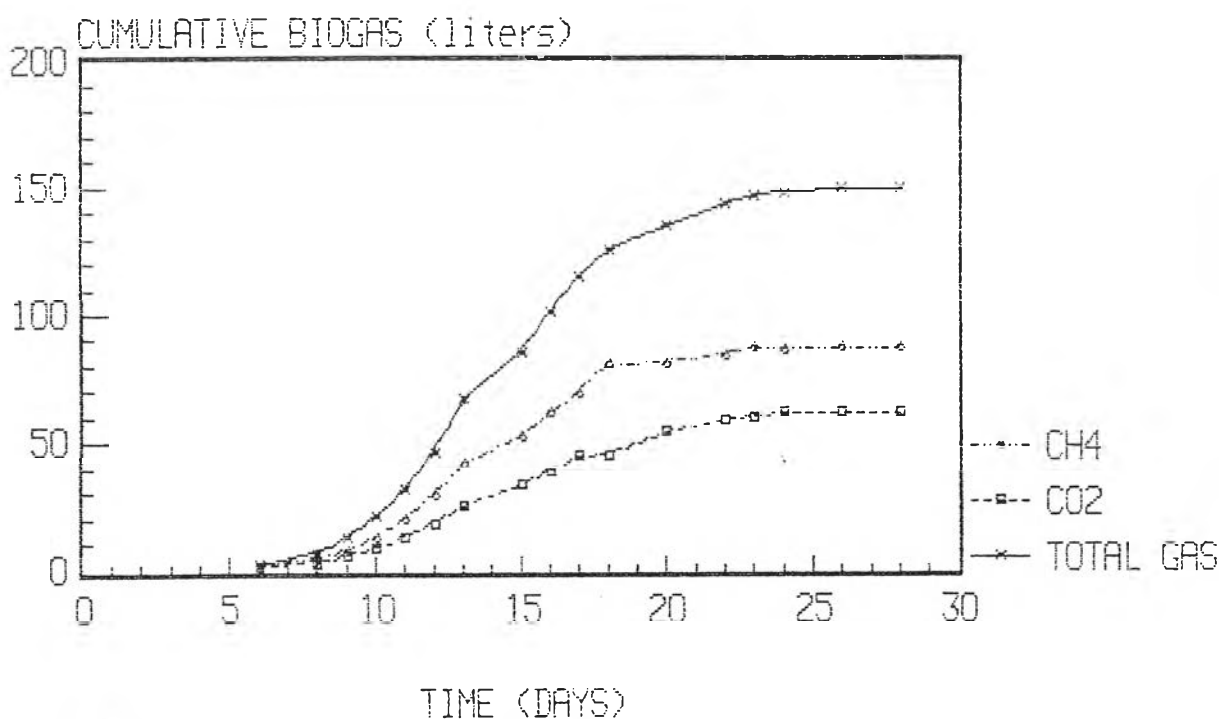
รูปที่ 5.13ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 1.47 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID



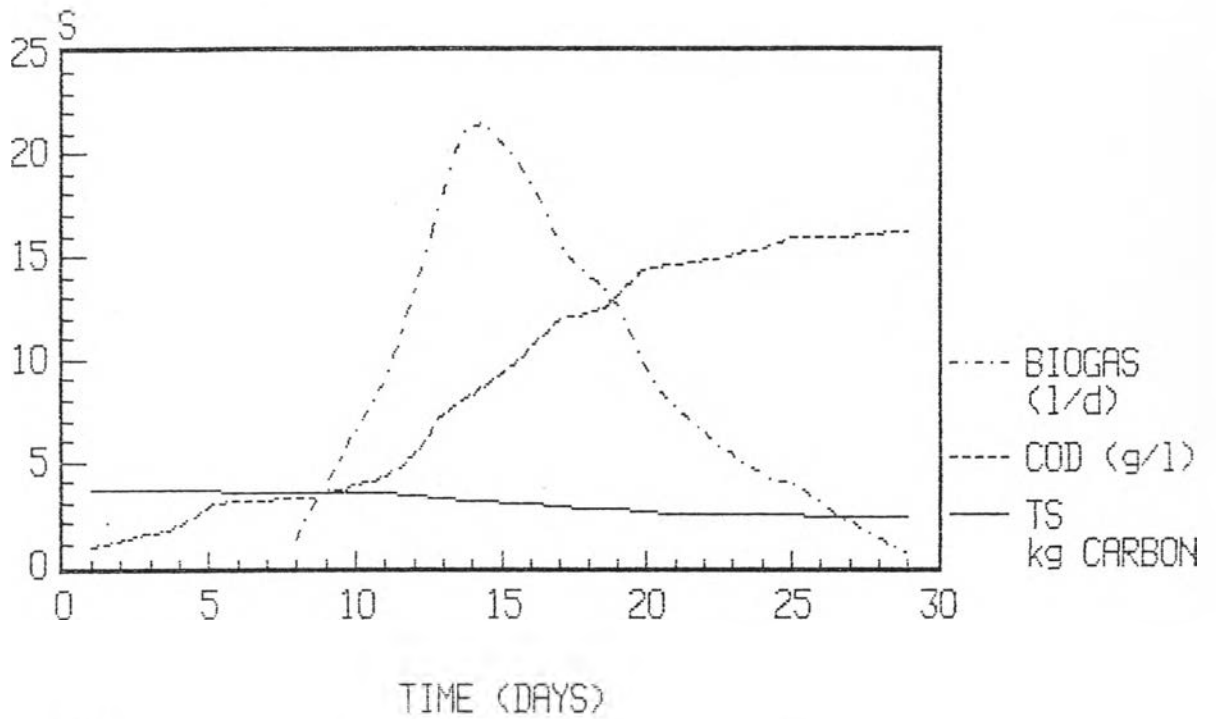
รูปที่ 5.13ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 1.47 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID



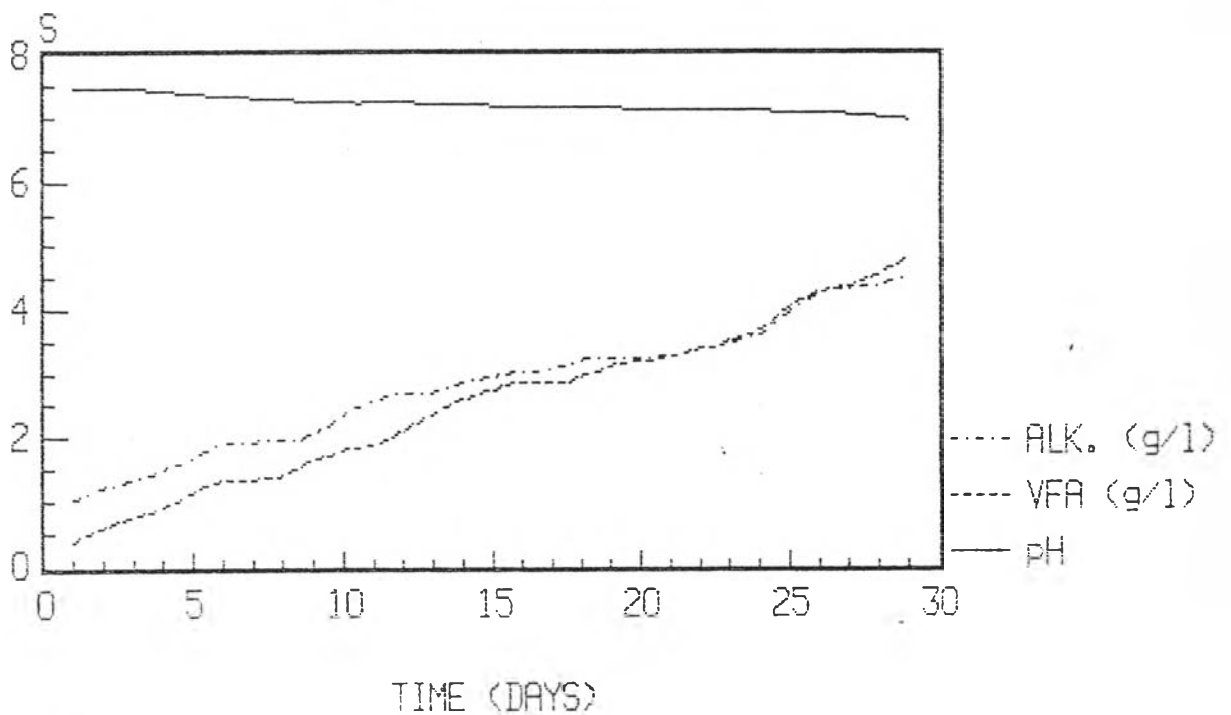
รูปที่ 5.13ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 1.47 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



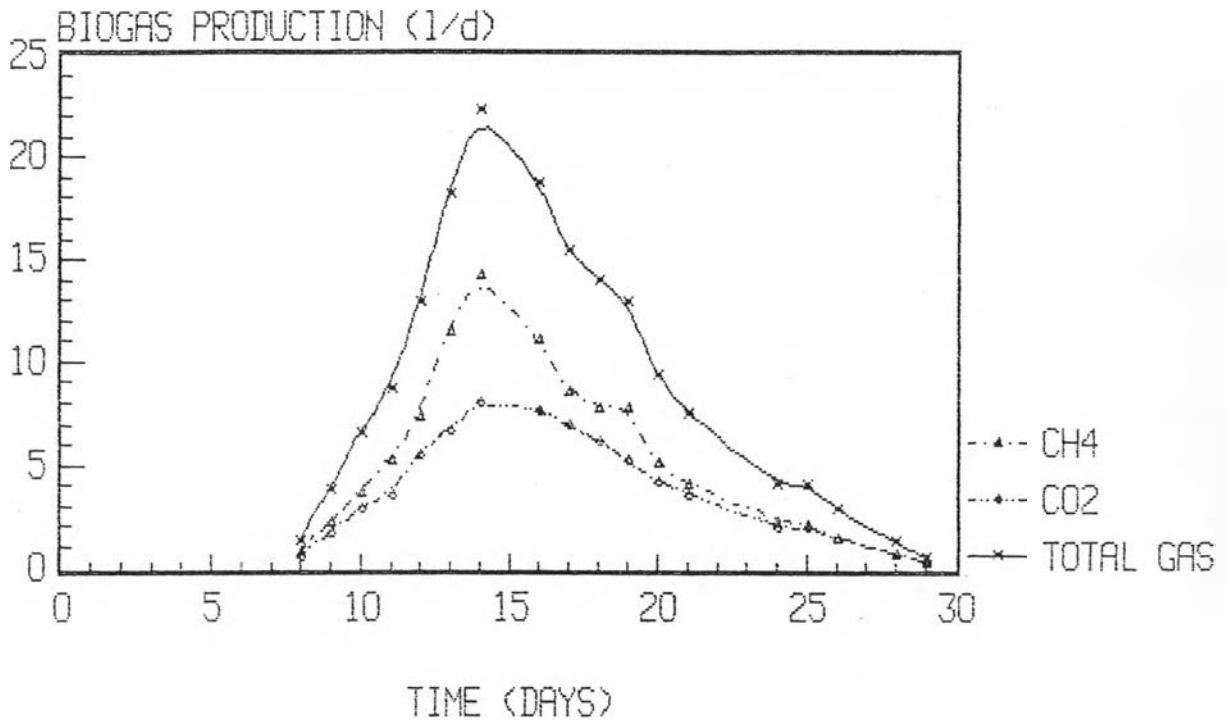
รูปที่ 5.14ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 2.94 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID



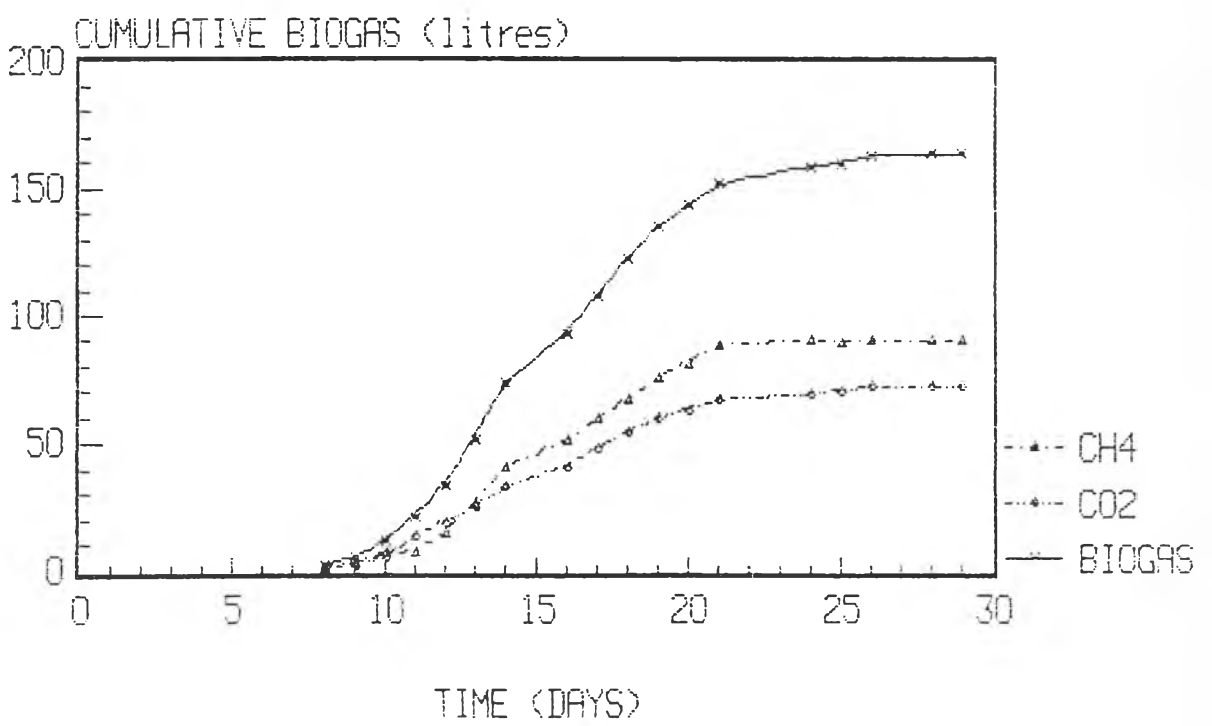
รูปที่ 5.14ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 2.94 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.14ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 2.94 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l

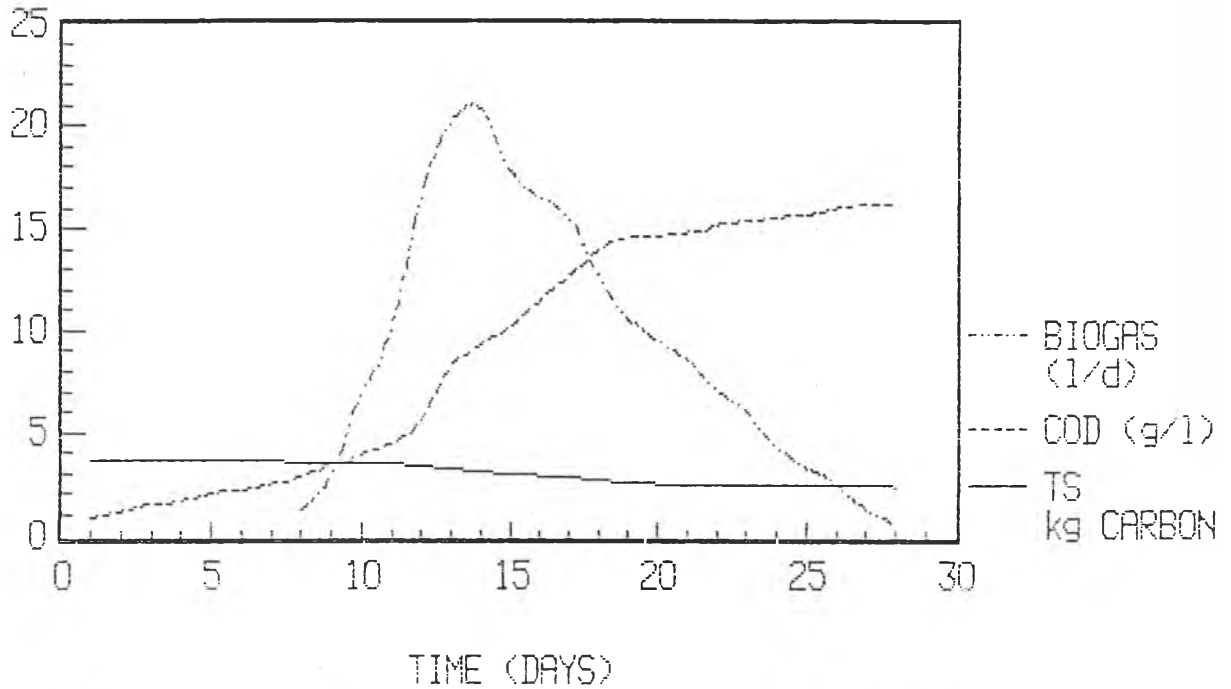


รูปที่ 5.14ง แสดงปริมาตรแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 2.94 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.

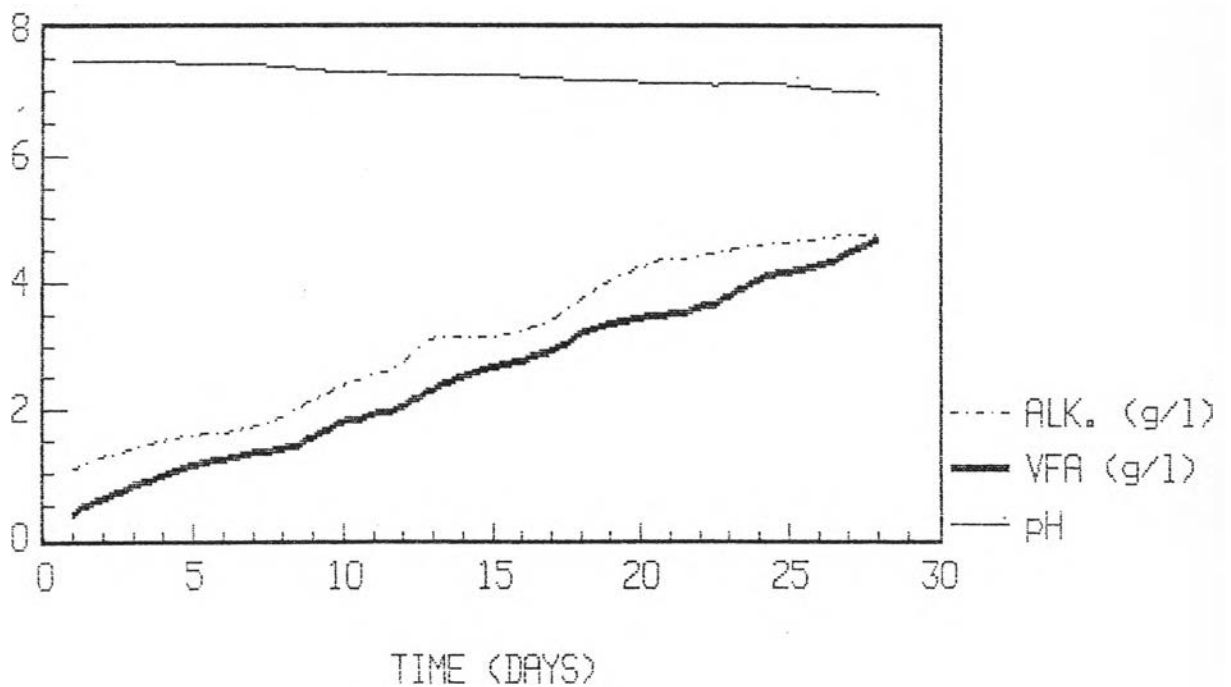
100

TOTAL SOLID 5 % SEED 20,000 mg/l



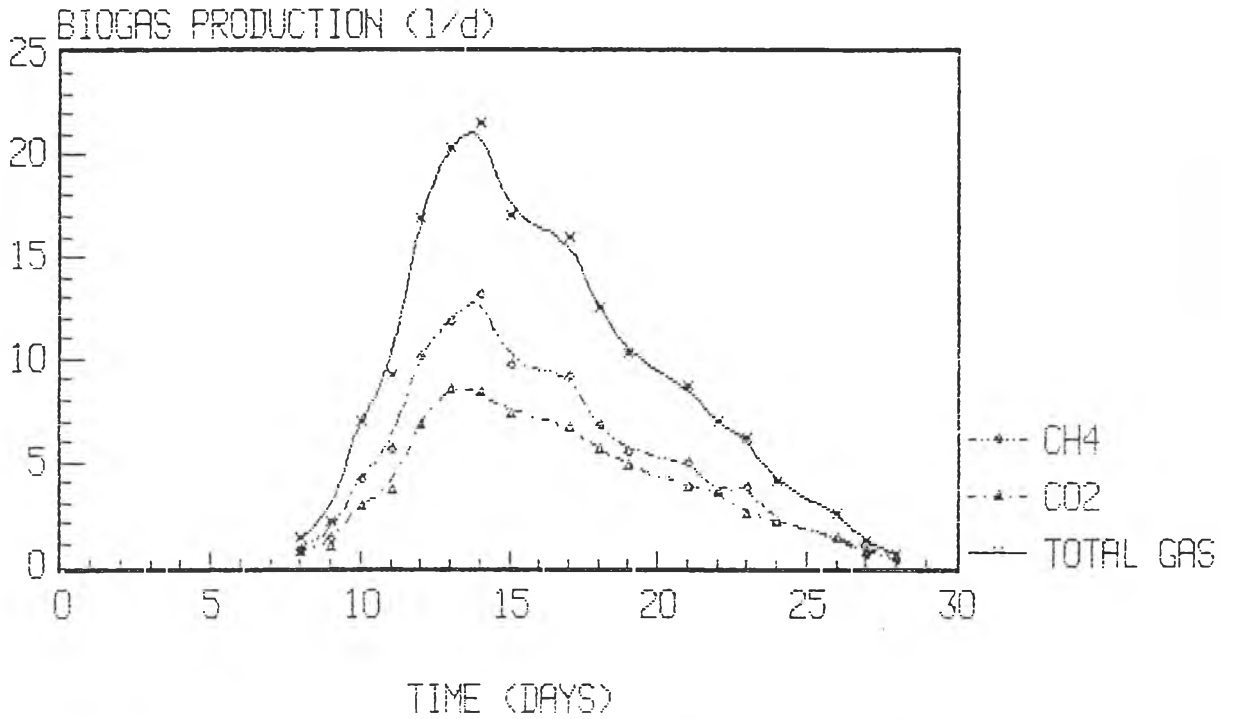
รูปที่ 5.15ก แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของของแข็งไปเป็นผลิตภัณฑ์ กับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 4.41 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



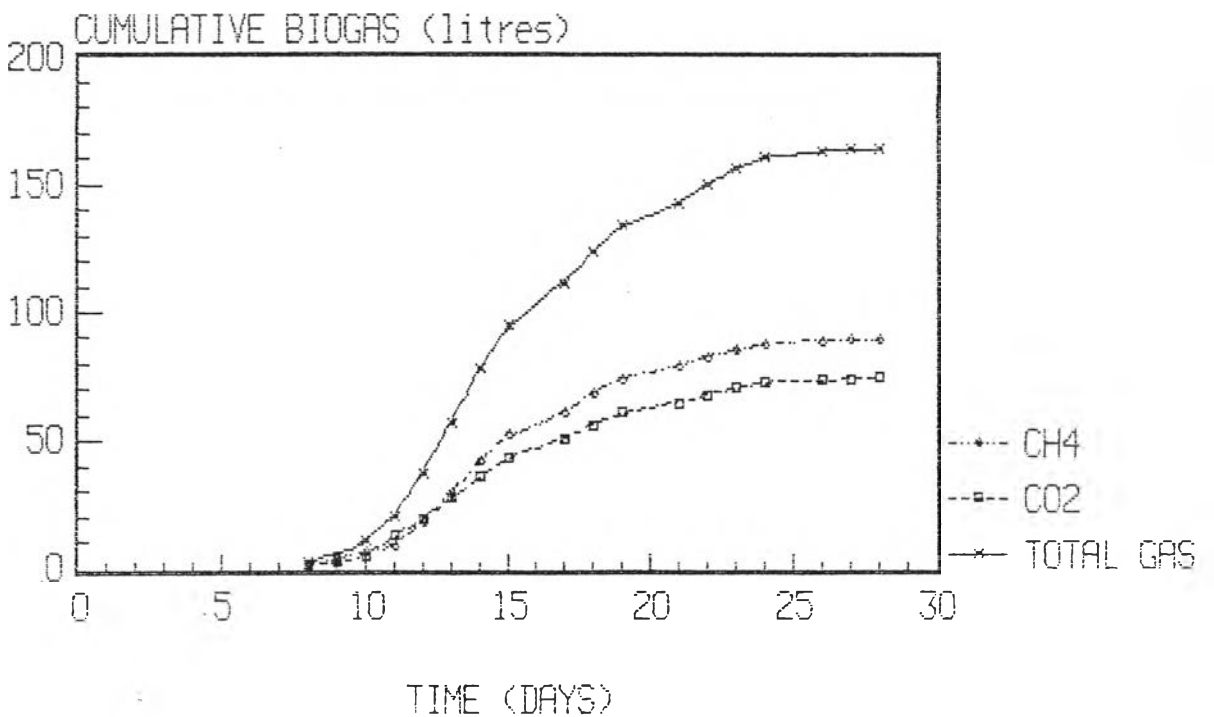
รูปที่ 5.15ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานกับเวลาที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 4.41 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

WORKING VOL. 170 L.
 5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



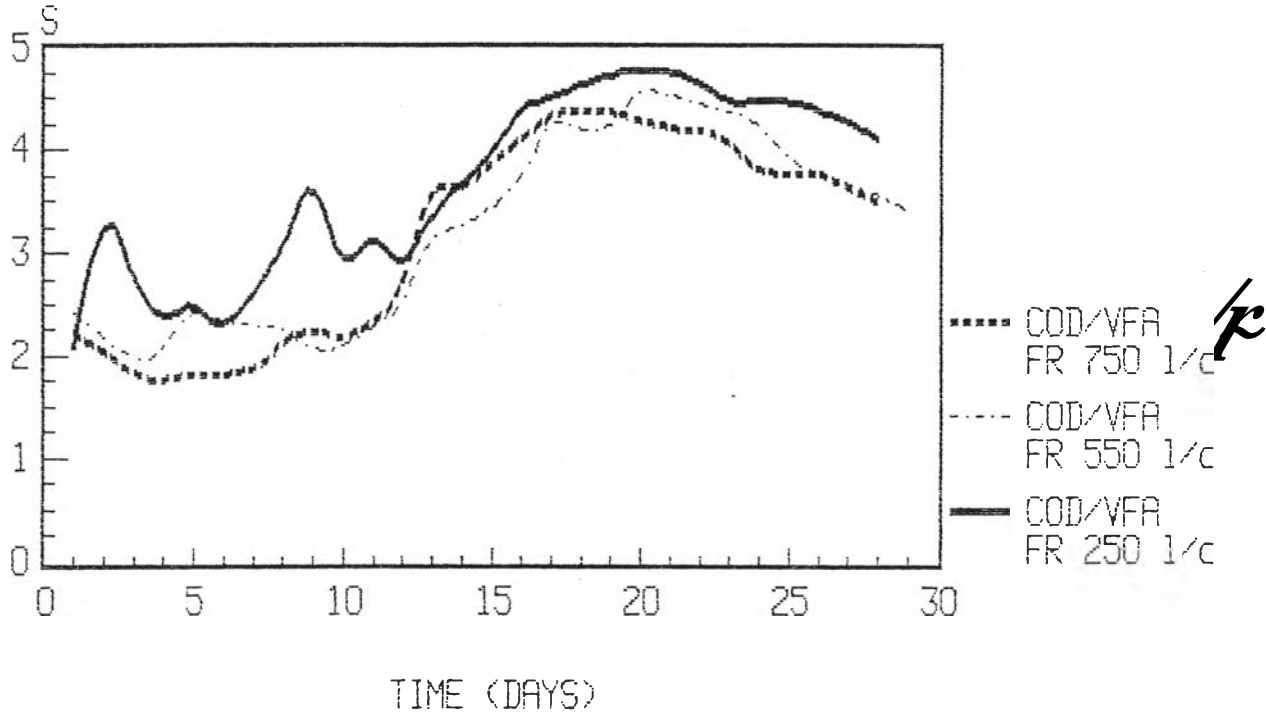
รูปที่ 5.15ค แสดงอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 4.41 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l



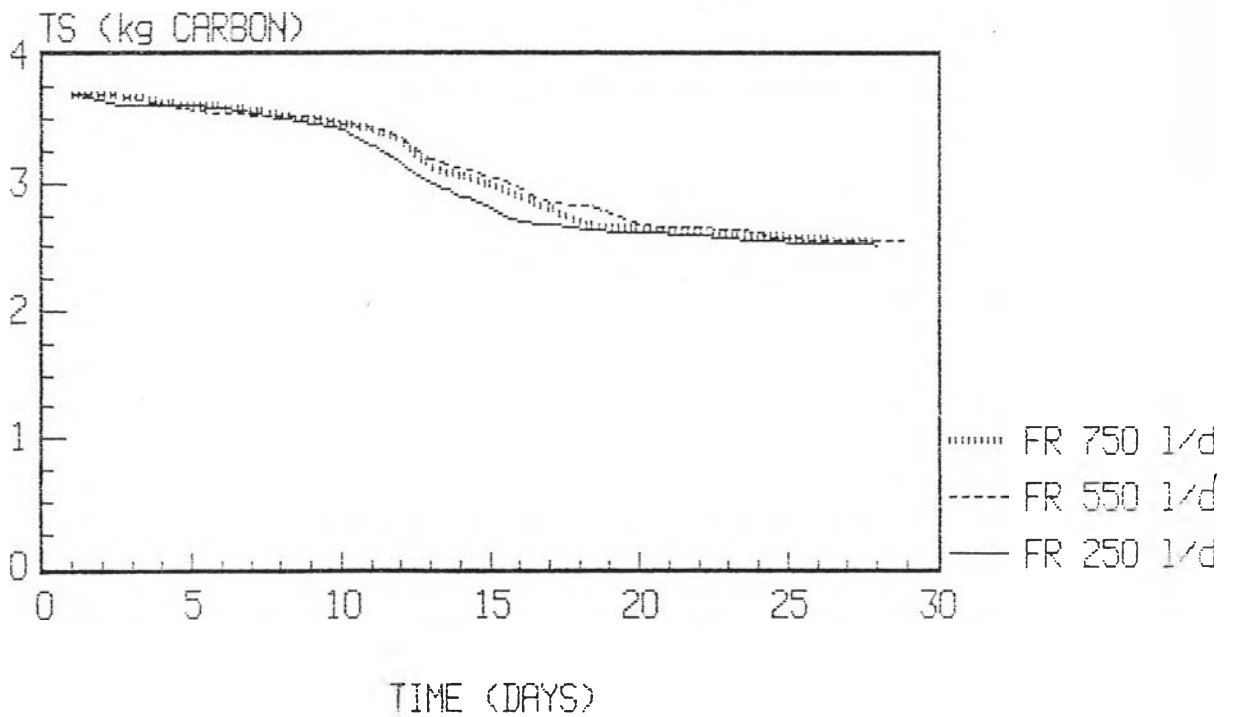
รูปที่ 5.15ง แสดงปริมาณแก๊สชีวภาพที่สะสมได้ตลอดการทดลองกับเวลา ที่ปริมาณของแข็งเริ่มต้น 5 % ปริมาณน้ำหมักเวียน 4.41 ลิตร/ลิตรปริมาตรทำงาน/วัน

COD:VFA RATIO
 FLOW RATE 250, 550, 750 L/D
 TOTAL SOLID 5 % SEED 20,000 mg/l



รูปที่ 5.16 อัตราส่วน COD:VFA

TOTAL SOLID REDUCTION
 5 % TOTAL SOLID SEED 20,000 mg/l
 FLOW RATE 250, 550, 750 L/D



รูปที่ 5.17 ปริมาณของแข็งในระบบ

5.5 ทดสอบสมมติฐานการย่อยสลายสารตั้งต้นสถานะของแข็งเป็นแก๊สมีเทน

จากสมการที่ 47 เป็นการทดสอบ R^2 (R square) ของสมการ linear regression ซึ่งทดสอบจากการทดลองที่ปริมาณสารตั้งต้น 3-8 % ซึ่งปรากฏว่าทุกการทดลองให้ค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าสมมติฐานที่ตั้งตามสมการที่ 45 มีกำลังเท่ากับ 1 จึงสามารถใช้สมการที่ 45 สำหรับการคำนวณหาค่า K_u ได้

$$R_u = K_u X S^{2/3} \quad \text{----(45)}$$

สำหรับค่า R_u จะคำนวณที่เวลาเข้าใกล้ 0 ซึ่งจากการทดลองนี้ได้ค่า K_u ตามตารางที่ 5.4 ดังนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า K_u ของการทดลองที่ปริมาณสารตั้งต้นเข้มข้นต่าง ๆ

% TS	3	4	5	6	7	8	10	12
K_u ($\times 10^{-3}$)	2.81	4.15	2.98	2.53	1.91	1.97	2.00	1.90

พบว่าค่า K_u มีค่าที่ใกล้เคียงกัน อยู่ 2 ช่วง สำหรับการทดลองที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้นที่ 3-6 % มีค่า K_u ที่ประมาณ 2.277×10^{-3} และการทดลองที่มีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 7-12 % พบว่าค่า K_u ของการทดลองลดลงเท่ากับ 1.95×10^{-3} ซึ่งค่า K_u นี้บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยสลายสารโพลีเมอร์ ไปเป็นสารโมเลกุลเล็กที่ละลายน้ำได้ เมื่อมีปริมาณสารตั้งต้นในระบบเพิ่มขึ้นทำให้ค่า K_u ลดลงเนื่องจากสารตั้งต้นเกิดการกีดกันมากขึ้นทำให้พื้นที่ผิวสำหรับการเกิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่มีปริมาณสารตั้งต้นน้อยกว่า

จากค่า K_u ที่คำนวณได้แบ่งเป็น 2 ช่วง เมื่อคำนวณค่า K_u ได้ก็สามารถนำมาคำนวณหาค่า K_v ของการทดลองได้ โดยใช้ค่า K_u ทั้ง 2 ค่าในการคำนวณ โดยใช้ค่า K_u เท่ากับ 2.77×10^{-3} ที่การทดลองที่มีสารตั้งต้นน้อยกว่า 6 % และการทดลองที่มีปริมาณของแข็งตั้งแต่ 7 % ขึ้นไปจะใช้ค่า K_u เท่ากับ 1.95×10^{-3} และเมื่อนำมาคำนวณในสมการการเปลี่ยนแปลง COD

$$d C_c / dt = K_u X S^{2/3} - K_v C_c \quad \text{-----(48)}$$

เมื่อ K_v = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลง COD เป็น VFA (d^{-1})

C_c = ความเข้มข้นของ COD ที่เวลาใด ๆ

ซึ่งจากการคำนวณจะได้ค่า K_v ดังตารางที่ 5.5 ดังนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงค่า K_v ของการทดลองที่ปริมาณสารตั้งต้นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

% TS	3	4	5	6	7	8	10	12
K_v ($\times 10^{-1}$)	1.75	0.314	3.32	1.33	1.28	2.79	7.7	2.06

จากตารางที่ 5.5 พบว่าค่า K_v ของการทดลองแตกต่างกัน ดังนั้นในการนำไปคำนวณค่า R_u จึงนำค่าเหล่านี้มาเฉลี่ยได้เท่ากับ 2.09×10^{-1} ค่า K_v ที่ได้นี้เพื่อใช้ในการคำนวณขั้นตอนต่อไป พบว่าการใช้ COD ในการเปลี่ยนแปลงเป็น VFA ช้ากว่าอัตราการย่อยสลายจากของแข็งเป็นของแข็งละลาย ดังนั้นระบบจึงมีการสะสม COD เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งการย่อยสลายของแข็งสิ้นสุดลง

สิ้นสุดการทดลอง ดังนั้นค่า COD ตลอดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการทดลอง เนื่องจากการใช้ COD เพื่อเปลี่ยนไปเป็น VFA ของจุลินทรีย์กลุ่ม acidogenic bacteria มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่ากลุ่ม hydrolytic bacteria จึงเกิดการสะสม COD ใน

ค่า K_v จากตารางที่ 5.5 นำมาหาค่าคงที่ในการใช้ VFA เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สชีวภาพ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 49 ดังนี้

$$d C_v / dt = K_v C_c - K_b C_v \quad \text{----(49)}$$

เมื่อ K_b = ค่าคงที่ของการเปลี่ยนแปลง VFA ไปเป็นแก๊สชีวภาพ

C_v = ความเข้มข้นของ VFA ที่เวลาใด ๆ

ซึ่งการคำนวณค่า k_b สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 5.6 ดังนี้

ตารางที่ 5.6 แสดงค่า K_b ของการทดลองที่ปริมาณสารตั้งต้นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

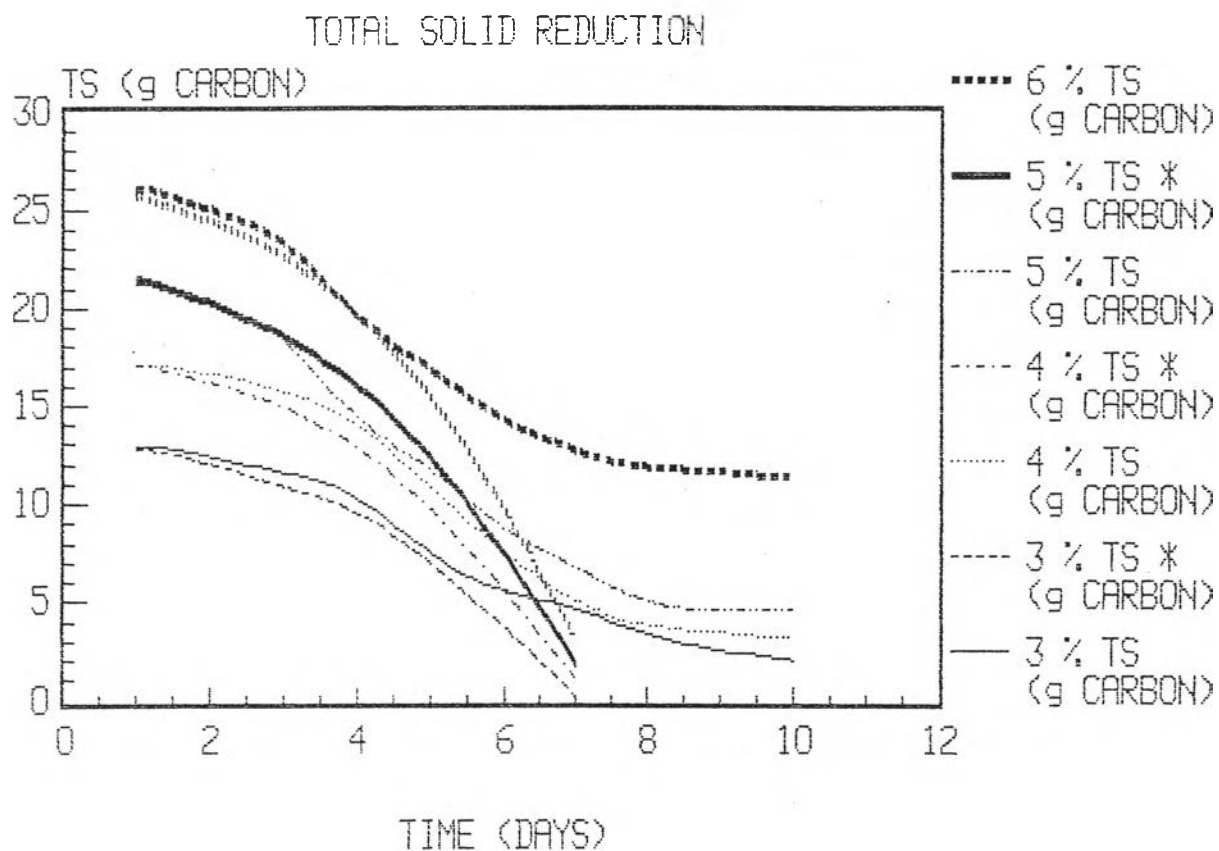
% TS	3	4	5	6	7	8	10	12
K_b ($\times 10^{-1}$)	8.33	18.8	1.01	9.00	8.57	8.09	7.96	1.06

จากตารางที่ 5.6 ค่า K_b มีค่าสูงซึ่งทำให้เทอมของ R_b มีค่าน้อยเนื่องจากเทอมที่ลบมีค่ามากซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลง VFA เป็นแก๊สชีวภาพช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนอื่น ๆ ทำให้การทดลองมีค่า VFA เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการทดลอง ซึ่งการสะสมของ VFA จะเป็นอันตรายต่อ methanogens เนื่องจากกรดน้ำส้มจะแตกตัวเป็น CH_3COO^- และ H^+ นอกจากนั้นยังเป็นอันตรายต่อ acidogens เองด้วย สังเกตได้จากการทดลองทุกค่าความเข้มข้นของสารตั้งต้น พบว่าอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วลดลงจนกระทั่งเลิกการผลิตแก๊สชีวภาพ ทั้งนี้ในระบบยังมี VFA เหลืออยู่เป็นปริมาณมาก เนื่องจากการสะสม VFA ในระบบเมื่อเพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่งจะไปยับยั้งการผลิตแก๊สชีวภาพ

5.6 เปรียบเทียบผลการย่อยสลายระหว่างผลการทดลองและจากการคำนวณ

จากตารางที่ 5.4 ได้ค่า K_d สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยได้ 2 ค่าคือที่ช่วงปริมาณของแข็งเริ่มต้นในระบบ 3 - 6 % ได้ค่า K_d เท่ากับ 2.27×10^{-3} และช่วงปริมาณของแข็งเริ่มต้นในระบบ 7 - 12 % เท่ากับ 1.95×10^{-3} เมื่อนำมาคำนวณหาค่าปริมาณของแข็งในช่วงเวลาต่าง ๆ ผลปรากฏดังรูปที่ 5.18ก และ 5.18ข เปรียบเทียบให้เห็นว่าอัตราการย่อยสลายจากการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานในช่วง 5 วันแรกของการทดลองเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบจะถูกยับยั้งโดย ตัวยับยั้ง

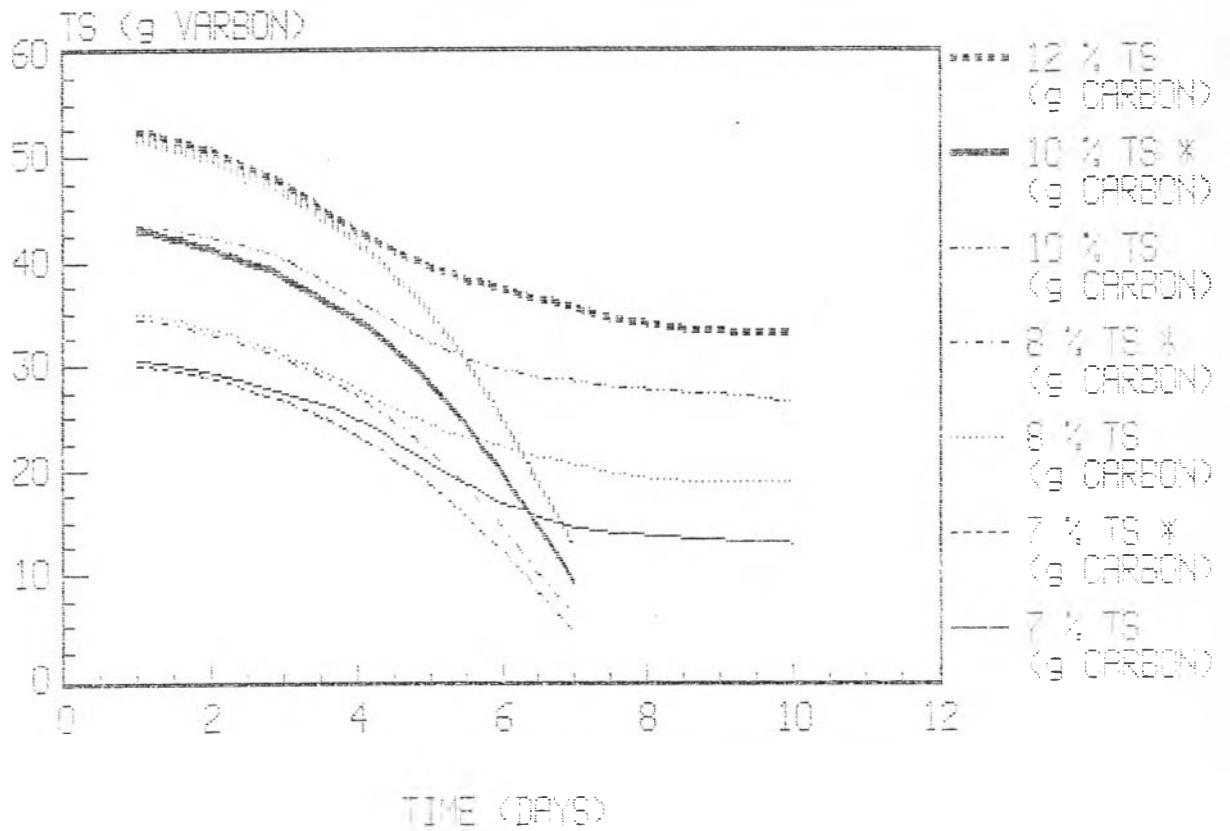
เนื่องมาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละขั้นตอนไม่เท่ากัน กล่าวคือเมื่อในขั้นตอนย่อยสลายของแข็งและขั้นตอนการเกิดกรด มีอัตราปฏิกิริยาเร็วกว่าขั้นตอนการเกิดแก๊สชีวภาพ ดังนั้นในระบบจึงเกิดการสะสมกรดน้ำส้มมากขึ้น และกรดน้ำส้มเหล่านี้จะแตกตัวเป็น CH_3COO^- ซึ่งจะไปเป็นพิษต่อแบคทีเรียทั้งในกลุ่มที่ผลิตแก๊ส และ กลุ่มที่ผลิตกรด ทำให้อัตราการย่อยสลายไม่เป็นไปตามสมมติฐานตลอดการทดลองได้



รูปที่ 5.18ก เปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายตั้งแต่ 3 - 6 % ของปริมาณของแข็งเริ่มต้น

TS = ปริมาณของแข็งที่ได้จากการทดลอง

TS* = ปริมาณของแข็งที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 5.18 ข เปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายตั้งแต่ 7 - 12 % ของปริมาณของแข็งเริ่มต้น

TS = ปริมาณของแข็งที่ได้จากการทดลอง

TS* = ปริมาณของแข็งที่ได้จากการคำนวณ