

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.1-5.27 ในภาคผนวก ค.

5.1 ผลจากการศึกษาหาภาวะสารอินทรีย์ในรูปปริมาณของของแข็งทั้งหมด (total solid) ที่เหมาะสมต่อการหมักในถังหมักแบบกวน (stirred tank)

ผลจากการทดลองหมักแผ่นข้าวที่ภาวะสารอินทรีย์ต่าง ๆ กัน โดยให้ลักษณะการเติมเป็นแบบเติมครั้งเดียว (batch) ในถังหมักแบบกวน ได้สรุปผลไว้ในตารางที่ 5a ซึ่งแสดงค่าอัตราการเกิดก๊าซที่ภาวะสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรีย (specific growth rate)

ตารางที่ 5a สรุปผลการทดลองการหมักแผ่นข้าวแบบเติมครั้งเดียว ที่ภาวะสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ ในถังหมักแบบกวน

ภาวะสารอินทรีย์ (%TS)	ปริมาณก๊าซสะสม (ลบ.ม.)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรีย (μ) (ชม. ⁻¹)
10	11.74	1.290
15	16.93	1.299
20	22.96	1.306
25	29.96	1.237

ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นกับเวลาในการหมัก ที่ภาระสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ แสดงไว้ในรูป 5.1 ก

การหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของแบคทีเรีย ซึ่งมีค่าเท่ากับ slope ของเส้นกราฟที่ได้จากการพล็อต ค่า \ln ของปริมาณก๊าซสะสมกับเวลาในการหมัก แสดงในรูป 5.1 ข

5.2 ผลจากการเพิ่มภาระสารอินทรีย์ในรูปปริมาณของของแข็งทั้งหมด พร้อมลดค่าระยะเวลากำจัด ไปพร้อมกันในถังหมักแบบถังกวน

ผลการทดลองหมักผงข้าวที่ระยะเวลากำจัด 7.5, 10, 15 และ 21 วัน โดยคงค่าภาระสารอินทรีย์เท่ากับร้อยละ 10 ได้สรุปผลไว้ในตารางที่ 5b ซึ่งแสดงค่าอัตราการเติม (loading rate) ประสิทธิภาพการกำจัด (removal efficiency) อัตราการเกิดก๊าซ และ gas yield ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ

หมายเหตุ สำหรับการหมักที่ภาระสารอินทรีย์ร้อยละ 15, 20 และ 25 ไม่ได้แสดงไว้ เนื่องจากเมื่อทดลองไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ภายในถังหมักเพิ่มขึ้น และไม่สามารถดึงของหมักออกจากถังได้ ปริมาณก๊าซจะลดลง และในที่สุดไม่เกิดก๊าซอีกต่อไป

ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซที่เกิด, ปริมาณของของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่าย ในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก (effluent) กับระยะเวลาในการหมักจนถึงสภาวะสมดุล (steady state) แสดงไว้ในรูปที่ 5.2 ก, ข, ค และ ง

เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซ ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5b สรุปผลการทดลองหมักแผ่นข้าวแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous) ใน
ถังหมักแบบถังกวน ที่ระยะเวลาทำจัดต่าง ๆ

	ระยะเวลาทำจัด (วัน)			
	7.5	10	15	21
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	11.31	11.31	11.31	11.31
%TVS	6.38	6.38	6.38	6.38
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	4.42	3.47	3.47	2.27
TVS%	2.19	2.18	1.76	2.18
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	2.00	1.50	1.00	0.70
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	1.51	1.13	0.75	0.53
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	0.85	0.64	0.43	0.30
ประสิทธิภาพการทำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	60.92	71.48	69.90	65.44
ร้อยละของแข็งระเหย	65.67	74.37	66.29	67.08
อัตราการเกิดก๊าซ				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	2.82	8.92	19.24	1.65
ก๊าซมีเทน (%)	56.60	56.70	56.50	56.60
Gas yield				
10^{-3} ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่เติม	12.47	113.29	79.75	110.02
10^{-3} ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	20.46	163.44	115.05	137.64
10^{-3} ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่เติม	22.10	200.84	141.38	195.03
10^{-3} ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	33.65	305.08	195.24	296.26
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	0.11	0.77	0.36	0.35

5.3 ผลจากการศึกษาการหมักแผ่นข้าวแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous) ในถังหมักแบบปลั๊ก โฟล

5.3.1 ผลจากการหมักแผ่นข้าวเปรียบเทียบแบบผสมตะกอนแบคทีเรียจากถังหมักในสารอาหารที่ป้อนประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณที่เดิม (recycle) และไม่ผสมตะกอนแบคทีเรียลงไป (non recycle) โดยคงค่าการระส่ำอินทรีย์ให้เท่ากับร้อยละ 10 ได้สรุปผลไว้ในตารางที่ 5c ซึ่งแสดงค่าอัตราการเกิดก๊าซ ร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TS) และร้อยละของปริมาณของแข็งระเหยง่ายในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก (%TVS)

ตารางที่ 5c เปรียบเทียบผลการทดลองหมัก แบบผสมตะกอน และ ไม่ผสมตะกอน ในถังหมักแบบปลั๊ก โฟล

	อัตราการเกิดก๊าซ (ลบ.ม./วัน)	Effluent	
		TS(%)	TVS(%)
ผสมตะกอน	1.18	4.00	2.11
ไม่ผสมตะกอน	0.45	5.58	3.31

เปรียบเทียบปริมาณก๊าซที่เกิดกับระยะเวลาในการหมัก แสดงไว้ในรูป 5.4

5.3.2 ผลจากการเพิ่มการระส่ำอินทรีย์พร้อมลดค่าระยะเวลากำจัด ไปพร้อมกัน

ทดลองหมักแผ่นข้าวที่ระยะกำจัดต่าง ๆ คือ 8.5, 12.8, 25.7 และ 51.4 วัน โดยคงค่าการระส่ำอินทรีย์ในแต่ละระยะเวลากำจัด และค่อขย ๆ เพิ่มการระส่ำอินทรีย์จากร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 ของปริมาณของของแข็ง ผลการทดลองได้สรุปไว้ในตารางที่ 5d, 5e, 5f, 5g และ 5h

ตารางที่ 5d สรุปผลการทดลองหมักแผ่นข้าว แบบกึ่งต่อเนื่อง ในถังหมักแบบปลั๊กโพล ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ และภาระสารอินทรีย์ มีค่าร้อยละ 10

	ระยะเวลากำจัด (วัน)			
	8	12	25	51
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	10.21	10.34	11.47	12.29
%TVS	6.03	6.11	6.86	6.21
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	6.07	5.11	4.00	3.33
TVS%	4.63	3.21	2.11	2.27
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	21.00	14.00	7.00	3.50
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	11.91	8.04	4.46	2.39
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	7.04	4.75	2.67	1.21
ประสิทธิภาพการกำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	40.55	50.58	65.13	72.90
ร้อยละของแข็งระเหย	23.22	47.46	69.24	63.45
อัตราการเกิดก๊าซ				
ลบ.ม./วัน	0.47	0.40	1.18	0.55
ก๊าซมีเทน (%)	48.45	51.08	54.36	53.21
Gas yield				
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ป้อน	0.22	0.28	1.47	1.28
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	0.54	0.55	2.26	1.75
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ป้อน	0.37	0.47	2.46	2.53
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	1.60	0.99	3.55	3.99
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	1.57	1.33	3.93	1.83

ตารางที่ 5e สรุปผลการทดลองหมักแผ่นข้าว แบบกึ่งต่อเนื่อง ในถังหมักแบบปลั๊กโพล
ที่ระยะเวลาจำกัดต่าง ๆ และภาวะสารอินทรีย์ มีค่าร้อยละ 15

	ระยะเวลาจำกัด (วัน)			
	8	12	25	51
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	15.41	16.07	14.86	15.35
%TVS	10.83	9.96	9.16	11.15
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	10.07	8.47	5.34	5.45
TVS%	6.82	5.78	3.31	3.30
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	21.00	14.00	7.00	3.50
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	17.98	12.50	5.78	2.98
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	12.64	7.75	3.56	2.17
ประสิทธิภาพการกำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	34.65	47.29	64.06	64.50
ร้อยละของแข็งระเหย	37.03	41.97	63.86	70.40
อัตราการเกิดก๊าซ				
ลบ.ม./วัน	0.40	1.14	3.25	1.44
ก๊าซมีเทน (%)	52.17	52.69	58.23	58.18
Gas yield				
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ป้อน	0.12	0.51	3.12	2.68
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	0.36	1.07	4.88	4.16
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ป้อน	0.18	0.82	5.07	3.69
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	0.48	1.95	7.94	5.24
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	1.33	3.80	10.83	4.80

ตารางที่ 5f สรุปผลการทดลองหมักแผ่นข้าว แบบกึ่งต่อเนื่อง ในถังหมักแบบปลั๊ก โพลี ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ และภาระสารอินทรีย์ มีค่าร้อยละ 20

	ระยะเวลากำจัด (วัน)			
	8	12	25	51
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	20.29	20.51	20.98	20.23
%TVS	14.21	14.21	13.93	14.19
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	15.25	15.21	9.07	8.54
TVS%	13.39	7.36	5.52	5.18
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	21.00	14.00	7.00	3.50
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	23.67	15.95	8.16	3.93
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	16.58	11.05	5.42	2.76
ประสิทธิภาพการกำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	24.84	25.84	56.77	57.79
ร้อยละของแข็งระเหย	5.77	48.21	60.37	63.50
อัตราการเกิดก๊าซ				
ลบ.ม./วัน	0.50	1.30	3.78	2.83
ก๊าซมีเทน (%)	47.47	52.89	53.10	51.91
Gas yield				
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ป้อน	0.12	0.45	2.57	4.00
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	0.47	1.75	4.53	6.92
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ป้อน	0.17	0.65	3.88	5.70
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	2.90	1.36	6.42	8.97
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	1.67	4.33	12.60	9.43

ตารางที่ 5g สรุปผลการทดลองหมักเห็ดข้าว แบบกึ่งต่อเนื่อง ในถังหมักแบบปลั๊กโพล
ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ และภาระสารอินทรีย์ มีค่าร้อยละ 25

	ระยะเวลากำจัด (วัน)			
	8	12	25	51
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	-	25.98	25.56	25.09
%TVS	-	16.21	15.89	15.49
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	-	16.48	9.37	9.32
TVS%	-	14.88	6.84	7.05
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	21.00	14.00	7.00	3.50
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	-	20.21	9.94	4.88
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	-	12.61	6.18	3.01
ประสิทธิภาพการกำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	-	36.57	63.34	62.85
ร้อยละของแข็งระเหย	-	8.20	56.95	54.49
อัตราการเกิดก๊าซ				
ลบ.ม./วัน	-	0.44	4.30	3.78
ก๊าซมีเทน (%)	-	55.86	58.12	53.13
Gas yield				
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ป้อน	-	0.12	2.40	4.30
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	-	0.33	3.79	6.85
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ป้อน	-	0.19	3.87	6.97
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	-	2.36	6.79	12.80
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	-	1.47	14.33	12.60

ตารางที่ 5h สรุปลผลการทดลองหมักผงข้าว แบบกึ่งต่อเนื่อง ในถังหมักแบบปลักโฟล
ที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ และภาระสารอินทรีย์ มีค่าร้อยละ 30

	ระยะเวลากำจัด (วัน)			
	8	12	25	51
คุณสมบัติสารอาหารที่เติม				
%TS	-	30.83	29.94	30.06
%TVS	-	18.64	15.53	18.09
คุณสมบัติสารอาหารที่ออกจากถังหมัก				
TS%	-	18.14	10.06	11.73
TVS%	-	18.43	7.39	7.28
อัตราการเติม (Loading rate)				
10^{-3} ลบ.ม./วัน	21.00	14.00	7.00	3.50
กก. ของแข็งทั้งหมด/ลบ.ม.-วัน	-	23.98	11.64	5.85
กก. ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน	-	14.50	6.04	3.52
ประสิทธิภาพการกำจัด				
ร้อยละของแข็งทั้งหมด	-	41.16	66.40	60.98
ร้อยละของแข็งระเหย	-	1.13	52.41	59.76
อัตราการเกิดก๊าซ				
ลบ.ม./วัน	-	1.41	6.13	4.30
ก๊าซมีเทน (%)	-	53.04	60.98	59.18
Gas yield				
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ป้อน	-	0.33	2.92	4.09
ลบ.ม./กก. ของแข็งทั้งหมดที่ใช้	-	0.79	4.41	6.70
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ป้อน	-	0.54	5.64	6.79
ลบ.ม./กก. ของแข็งระเหยที่ใช้	-	47.96	10.76	11.37
ลบ.ม./ลบ.ม. ถังหมัก-วัน	-	4.70	20.43	14.33

ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซที่เกิด, ปริมาณของของแข็งทั้งหมด และปริมาณของของแข็งระเหยในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก กับระยะเวลาในการหมัก จนถึงสภาวะสมดุล (steady state) ที่ระยะเวลากำจัดเท่ากับ 51.4, 25.7, 12.8 และ 8.5 วัน และคงค่าการระเหยอินทรีย์ร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.5 ก1-4, ข1-4, ค1-4, ง1-3 และ จ1-3

เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซที่ระยะเวลากำจัดต่าง ๆ เมื่อการระเหยอินทรีย์เท่ากับร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 แสดงไว้ในรูปที่ 5.6 ก, ข, ค, ง และ จ

5.4. ผลจากการศึกษาค่าทางจลนศาสตร์

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลากำจัดกับความเข้มข้นของสารอาหารที่ออกจากถังหมัก (S) แสดงในรูปที่ 5.7 จากข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างระยะเวลากำจัด (θ) กับความเข้มข้นของสารอาหารที่ออกจากถังหมัก (S) เมื่อนำมาทำ Polynomial regression (การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข) ได้สมการแสดงค่าสัมพันธ์ ดังนี้คือ

$$S = A + B/\theta + C/\theta^2 \dots\dots\dots (34)$$

สำหรับการหมักที่ปริมาณของของแข็งร้อยละ 10

$$S = 21.802 - 42.011/\theta + 1921.15/\theta^2 \dots\dots (35)$$

สำหรับการหมักที่ปริมาณของของแข็งร้อยละ 15

$$S = 29.937 - 235.378/\theta + 667.497/\theta^2 \dots\dots (36)$$

สำหรับการหมักที่ปริมาณของของแข็งร้อยละ 20

$$S = 59.390 - 509.772/\theta + 8795.068/\theta^2 \dots\dots (37)$$

การคำนวณหาค่า Kinetic coefficient

จากสมการ (23)

$$S = K_u * (1+b\theta) / (\theta(k_o * a - b) - 1)$$



$$\text{ให้ } X = K_s * b$$

$$Y = a * k_o - b$$

$$\text{ดังนั้น } S = (K_s + X\theta) / (\theta * Y - 1)$$

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลากำจัด (θ) กับความเข้มข้นในสารอาหารที่ออกจากถังหมัก (S) (รูปที่ 5.7) สามารถหาค่า K_s , X และ Y ได้ ดังสรุปอยู่ในตารางที่ 5i (การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

ตารางที่ 5i สรุปค่า kinetic coefficient ของการหมักแบบไร้ออกซิเจนที่การะสารอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ

TS (%)	K_s (mg/l)	b (d^{-1})	$k_o * a$
10	122.390	0.0121	0.500
15	244.110	0.0943	0.987
20	467.278	0.0000	0.418
เฉลี่ย	577.920	0.0532	0.635

5.5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

จากค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของการก่อสร้างในระดับห้องปฏิบัติการนี้ ได้นำไปประเมินค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในระดับใหญ่ขึ้น (การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข.) ผลจากการประเมินหาราคาถังหมักในขนาดต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5j

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบหมักแบบต่าง ๆ ต่อหนึ่งหน่วยได้แสดงไว้ในตารางที่ 5k

ตารางที่ 5j สรุปผลการประเมินราคาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบหมักแบบพลิกไฟล์
ขนาดต่าง ๆ

หน่วย : พันบาท

ขนาดถัง หมัก (ลบ.ม)	ค่าลงทุน (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)	รวม (บาท)	ค่าดำเนินการ ค่าบำรุงรักษา (บาท)	มูลค่าซาก (บาท)	ค่าใช้จ่าย สุทธิต่อปี (บาท)
5	142.88	14.28	157.18	47.15	14.29	84.08
10	202.07	20.21	222.28	66.68	20.21	118.91
50	451.84	45.18	497.03	149.11	45.18	265.89
100	639.00	639.00	702.91	210.87	63.90	376.03
1000	2020.72	202.07	2222.80	666.84	202.07	1189.11
5000	4518.48	451.85	4970.33	1491.10	451.85	2658.93

ตารางที่ 5k สรุปค่าใช้จ่ายเป็นบาทในการก่อสร้างระบบหมักแบบต่าง ๆ ขนาด 5 ลบ.ม.

หน่วย : บาท

	ฟาลอย	ฟาบิดถาวร แบบโดม	พลิกไฟล์
ค่าวัสดุ	4,420	3,800	157,175
ฟาดรอป	2,880	-	-
รวมค่าใช้จ่ายวัสดุ	7,300	3,800	157,175
ค่าแรง	1,600	2,000	-
รวมค่าใช้จ่าย/ระบบหมัก	8,900	5,800	157,175
ค่าใช้จ่าย/ลบม. ถังหมัก	1,780	1,160	31,435

โดยทั่วไประบบกำจัดแบบฝาลอย และแบบ โดม จะสามารถผลิตก๊าซได้ประมาณ 0.1 และ 0.3 ลบ.ม./ลบ.ม. ถึงหมัก-วัน สำหรับแบบ ปลั๊ก โฟล สามารถผลิตก๊าซได้ 20 ลบ.ม./ลบ.ม. ถึงหมัก-วัน ตารางที่ 51 ได้แสดงเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อเดือนในการผลิตก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม./วัน ของระบบหมักแบบต่าง ๆ

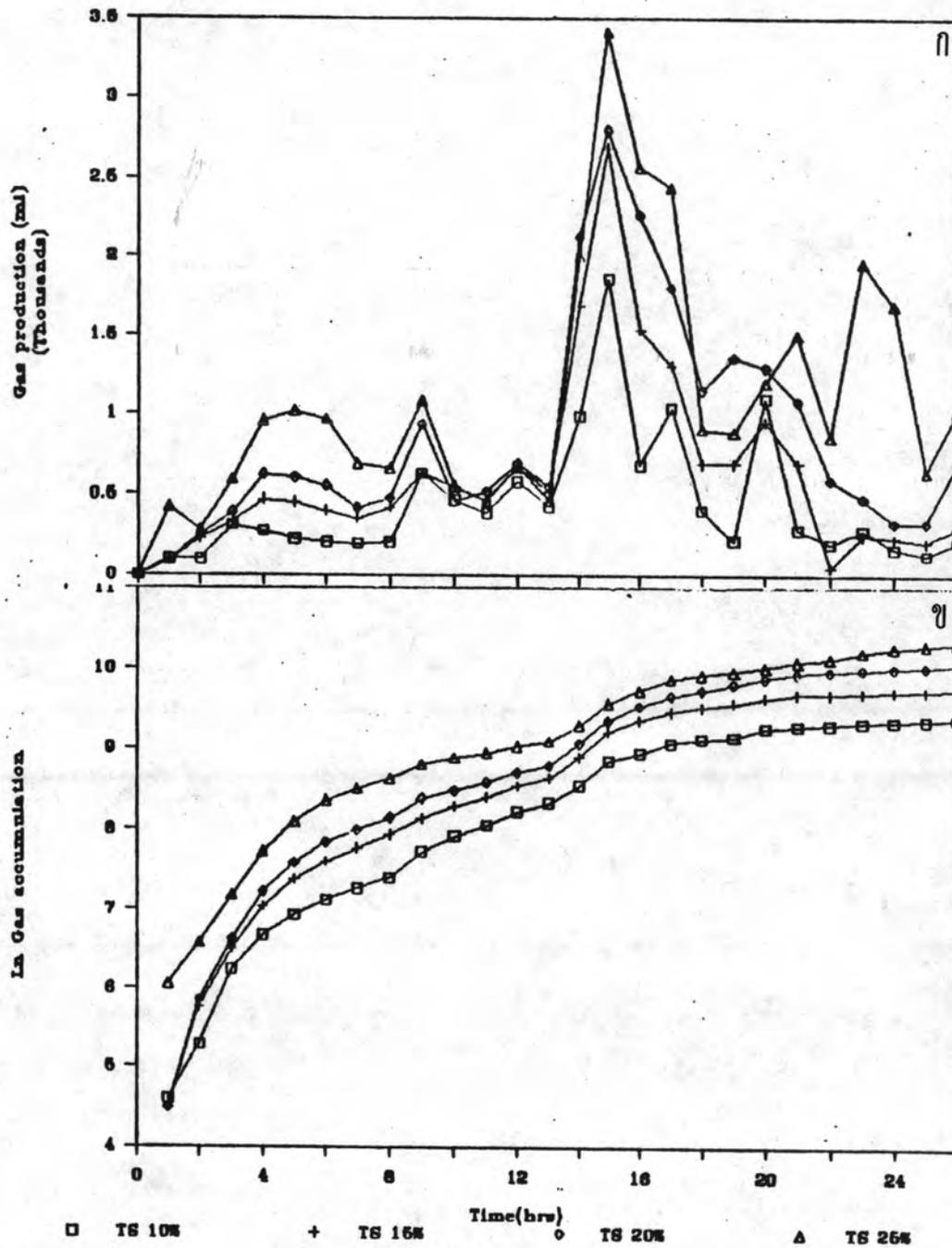
ตารางที่ 51 แสดงค่าใช้จ่ายต่อเดือนในการผลิตก๊าซ 1 ลบ.ม./วัน ของระบบหมักแบบต่าง ๆ

	ชนิดถังหมัก		
	ฝาลอย (บาท)	โดม (บาท)	ปลั๊ก โฟล (บาท)
ราคากลังหมัก/หน่วย	1,780	1,160	31,435
ค่าใช้จ่ายสุทธิ/ปี	497	325	16,803
อัตราการเกิดก๊าซ (ลบ.ม./ลบ.ม. ถึงหมัก-วัน)	0.10	0.30	20
ค่าใช้จ่ายในการผลิตก๊าซ 1 ลบ.ม. บาท/เดือน	414	90	70

ถ้ากำหนดให้ครอบครัวขนาด 5.5 คน ใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับหุงต้มอาหาร 1.38 ลบ.ม./วัน และให้แสงสว่าง 0.45 ลบ.ม./วัน ตารางที่ 5๓ แสดงค่า benefit cost ratio (B/C) ของการใช้ก๊าซชีวภาพเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 5m แสดงค่า benefit cost ratio (B/C) เปรียบเทียบการใช้ก๊าซชีวภาพ
เป็นเชื้อเพลิงกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น

	ค่าใช้จ่าย บาท/เดือน	B/C
เชื้อเพลิงหุงต้ม		
ก๊าซชีวภาพ	70.00	
ไม้ฟืน	51.36	0.73
ถ่านไม้	102.02	1.45
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	177.00	2.52
แสงสว่าง		
ก๊าซชีวภาพ	31.50	
น้ำมันก๊าด	41.00	1.30

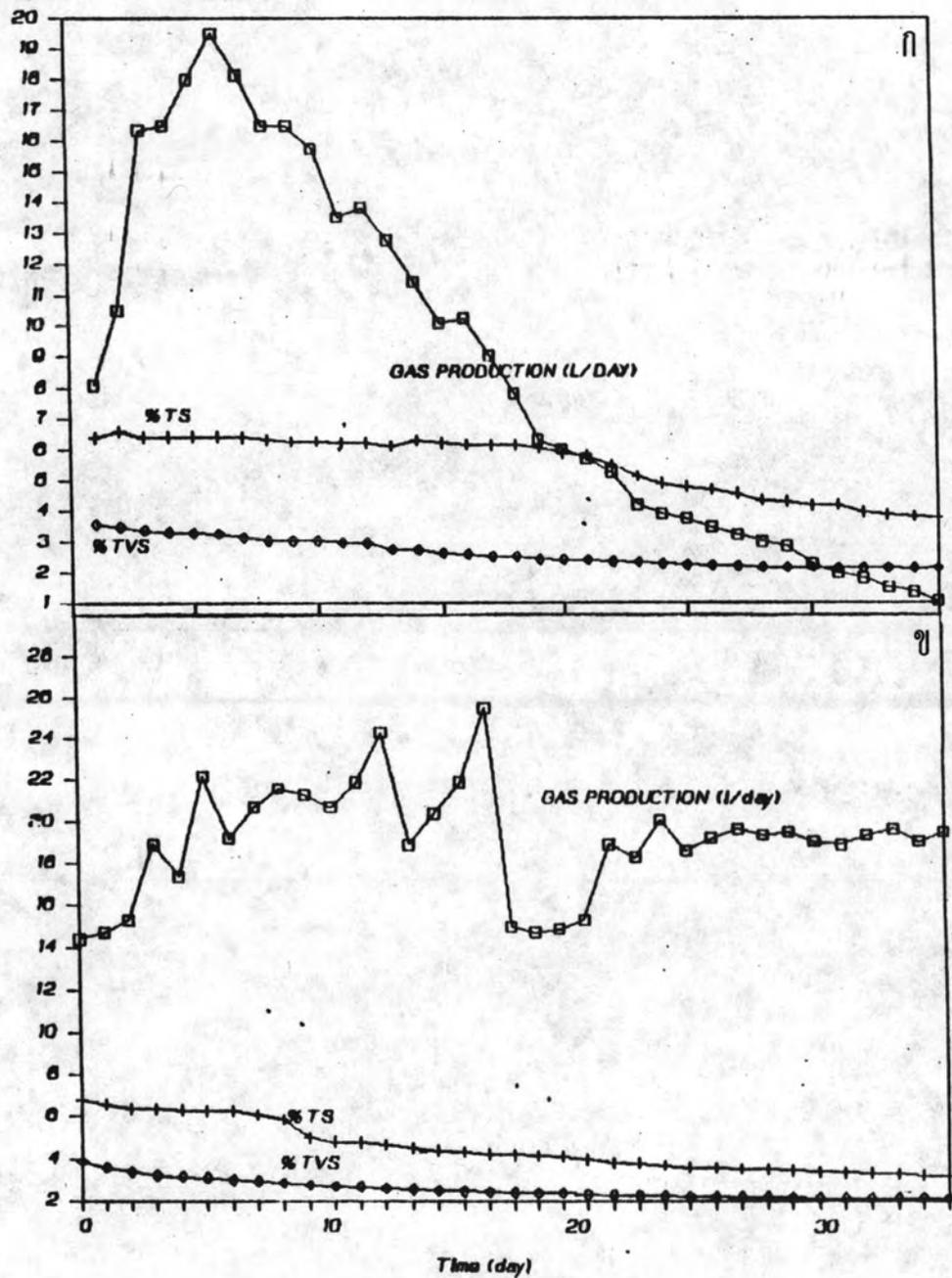


รูปที่ 5.1 การหมักผงข้าวในถังหมักแก๊สถึงกวน โดยใช้อุณหภูมิ 37°C และเวลาหมัก 24 ชั่วโมง โดยที่อัตราความเข้มข้นของสารอาหารแบบเต็มครั้งเดียว ที่อัตราสารอินทรีย์ (total solid) ในระดับต่าง ๆ

ก. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นกับเวลาในการหมัก

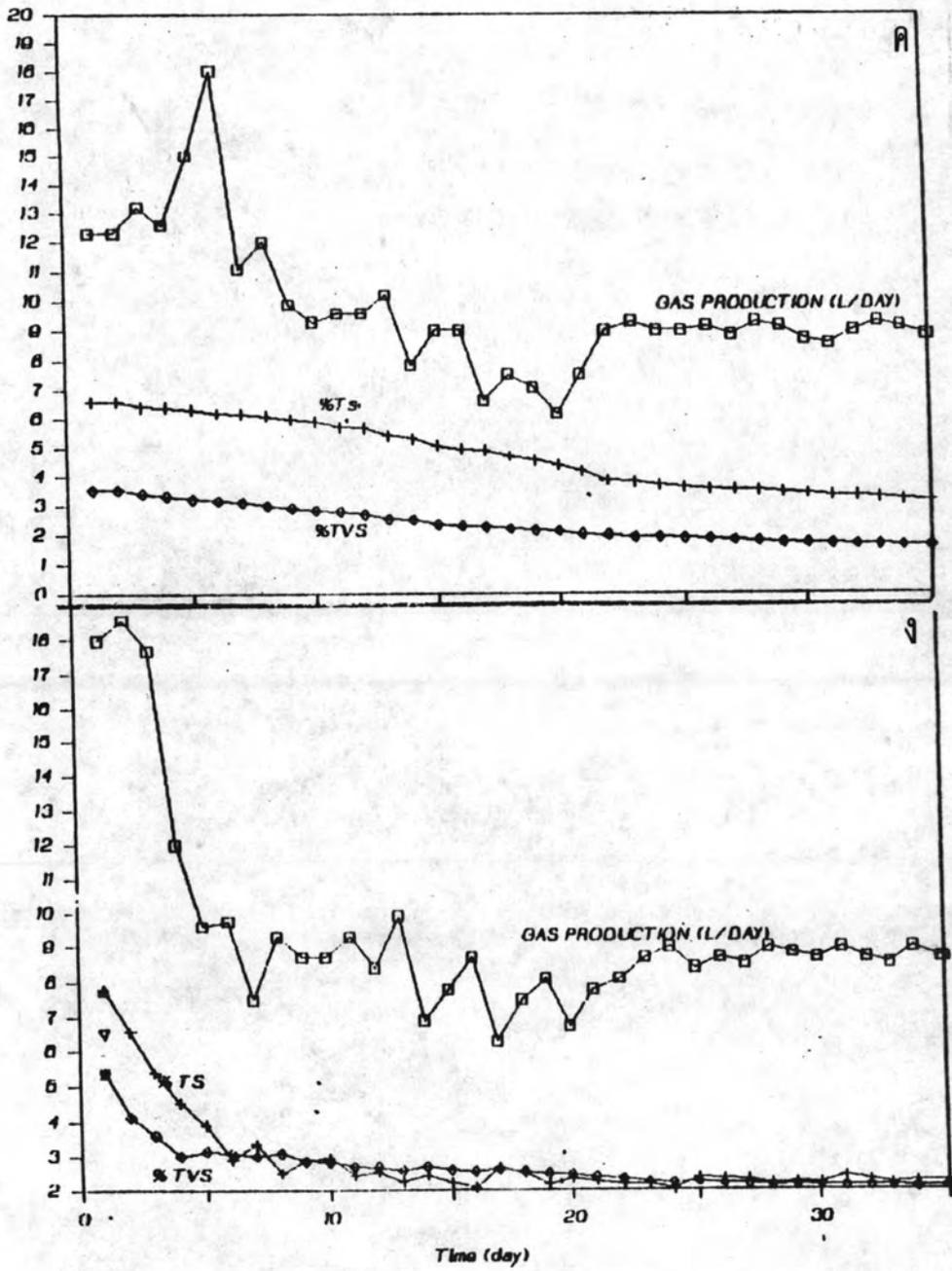
ข. แสดงความสัมพันธ์ของค่า ln ของปริมาณก๊าซสะสมกับเวลาในการหมัก

รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดก๊าซ, ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของของแข็งระเหย (TVS) กับเวลาในการหมัก ในถังหมักแบบ ถังกวน โดยป้อนสารอาหารแบบกึ่งต่อเนื่องที่การะสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 10 เมื่อระยะเวลาจำกัดเท่ากับ 7.5, 10, 15 และ 21 วัน



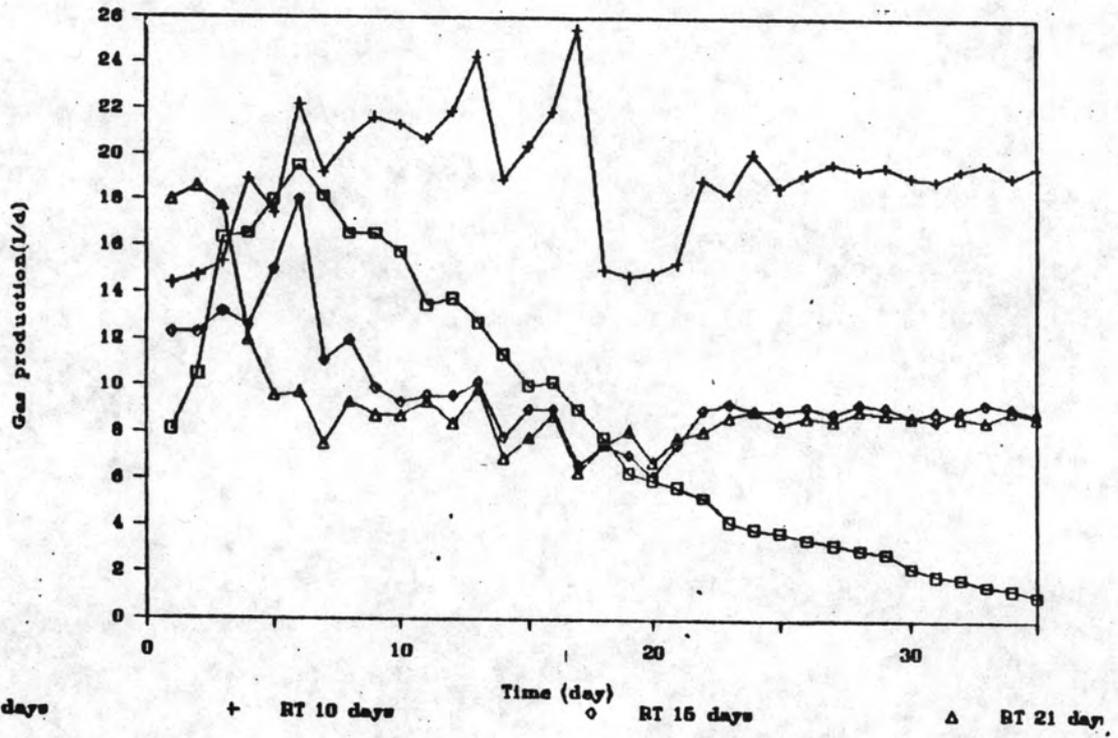
รูปที่ 5.2

- ก. อัตราการเติม 2.0 ลิตร/วัน ระยะเวลาทำจัด 7.5 วัน
 ข. อัตราการเติม 1.5 ลิตร/วัน ระยะเวลาทำจัด 10 วัน

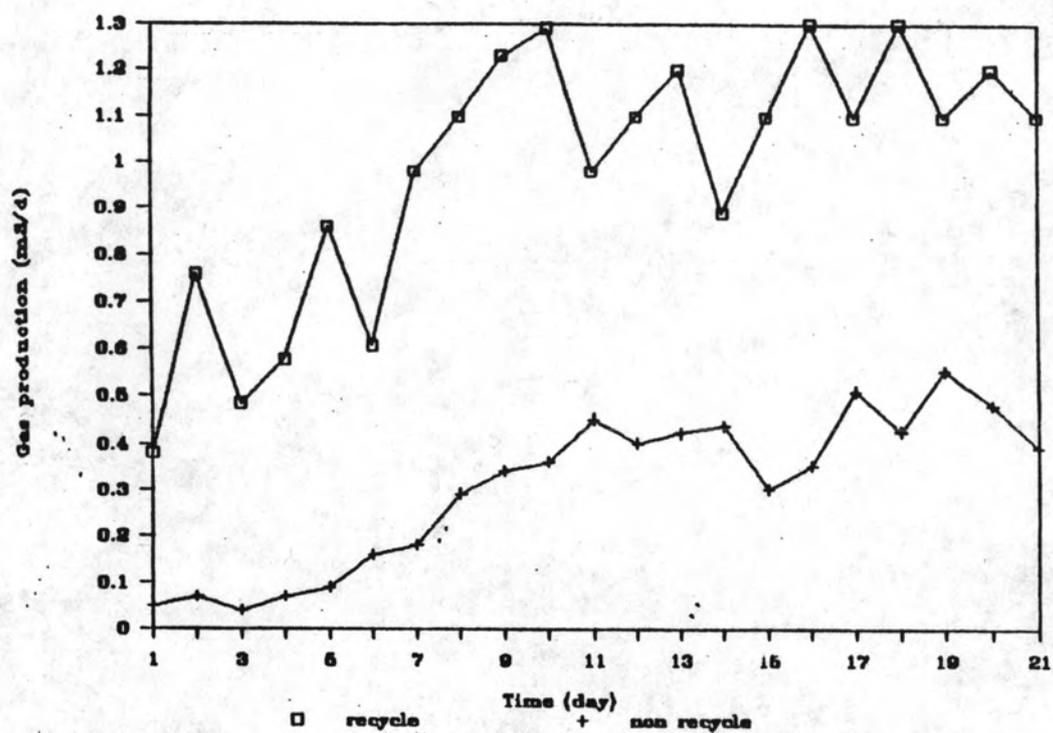


รูปที่ 5.2

- ค. อัตราการเติม 1.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 15 วัน
- ง. อัตราการเติม 0.7 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 21 วัน

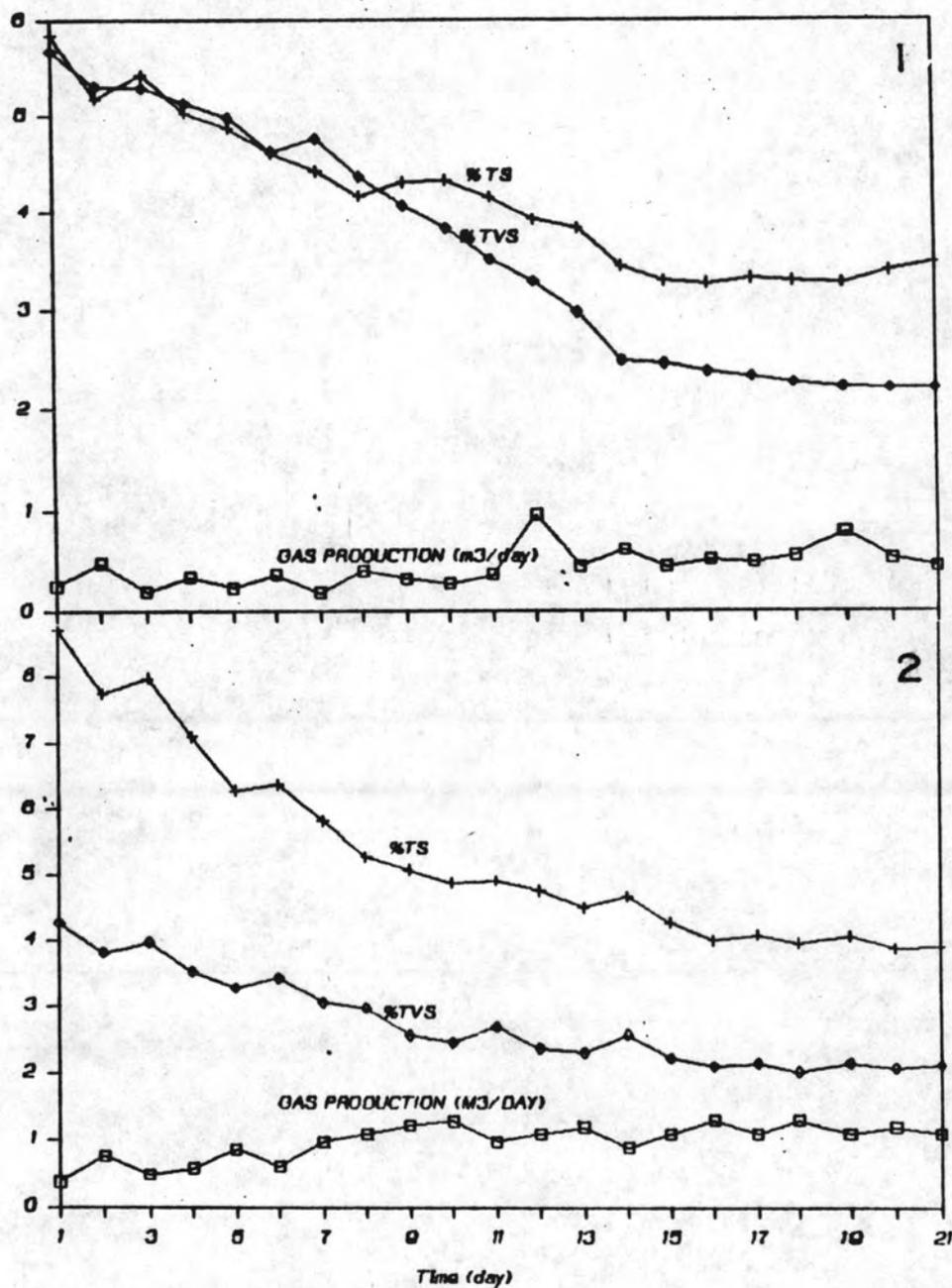


รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซ เมื่อการระส่ำรลินทรีย์ (TS) เท่ากับร้อยละ 10 ที่ระยะเวลาจำจัดต่าง ๆ ในถังหมักขนาดตั้งกวาง



รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซจากการหมักเศษเสี้ยวไม้แห้งหมักแบบดิวีไฟล เมล็ด
 ใยมะพร้าวแบบผสมตะกอนแบคทีเรีย (recycle) และไม่ผสมตะกอน
 แบคทีเรีย (non recycle)

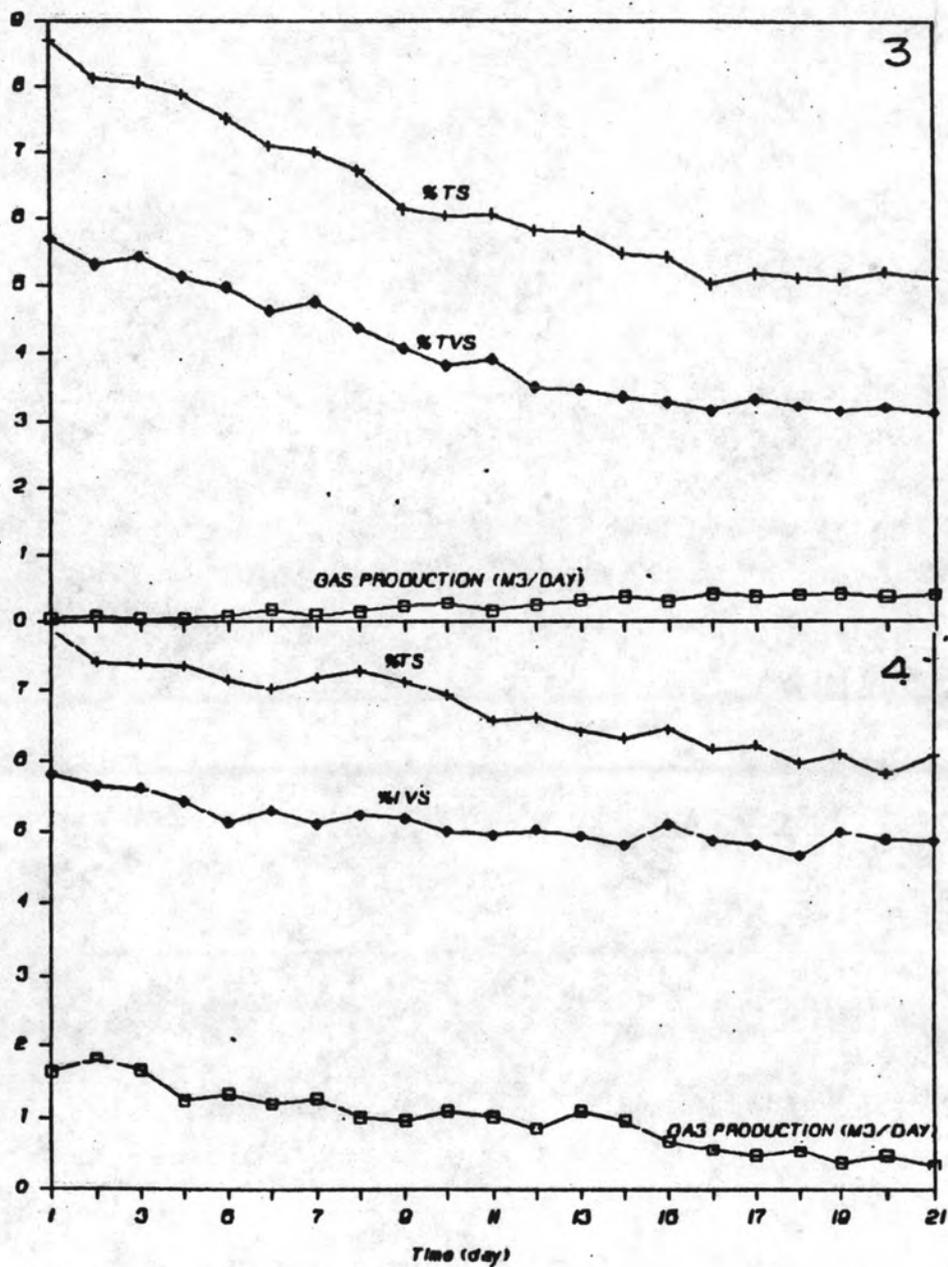
รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ของ อัตราการเกิดก๊าซ, ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (TS) และปริมาณของของแข็งระเหย (TVS) กับเวลาในการหมัก ในถังหมักแบบ ปลั๊กโฟล โดยป้อนสารอาหารแบบกึ่งต่อเนื่องที่การระส่ำรอนทรีย์ (TS) ร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 เมื่อระยะเวลากำจัดเท่ากับ 51.4, 25.7, 12.8 และ 8.7 วัน



รูปที่ 5.5

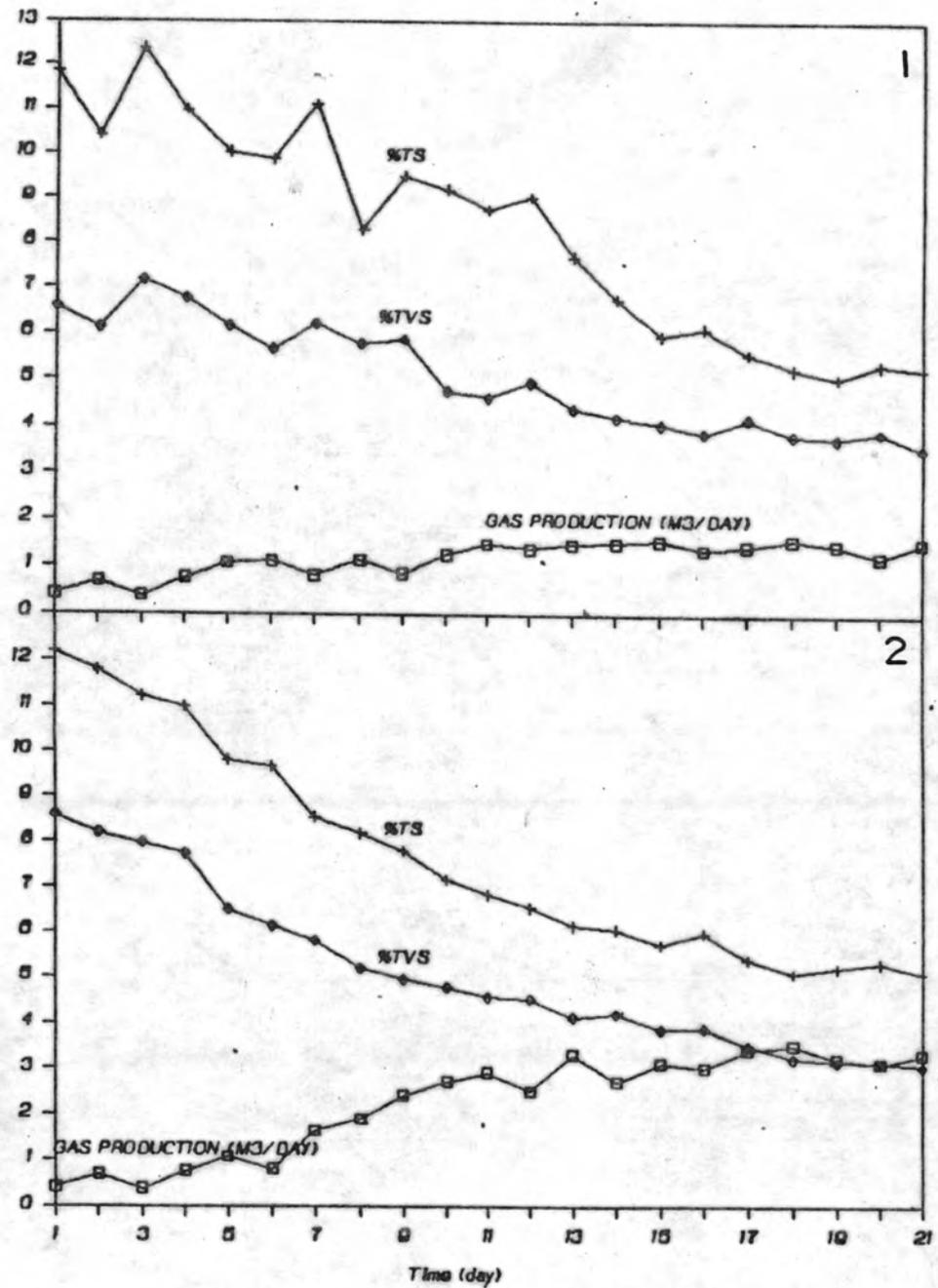
ก. ที่การระส่ำรลินทรีย์ (TS) วัลยะ 10

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลายำจัด 51.4 วัน
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลายำจัด 25.7 วัน



รูปที่ 5.5-ก

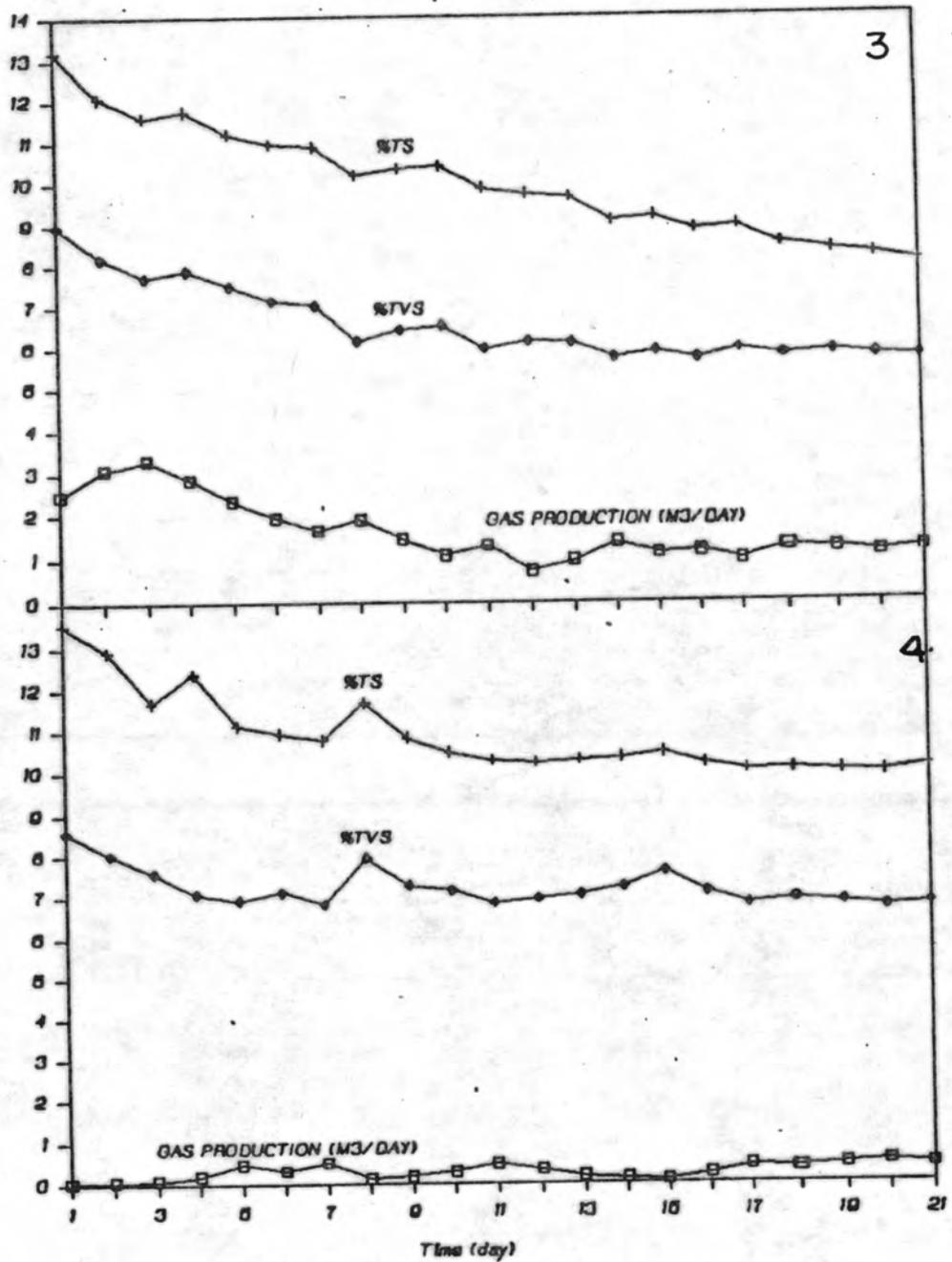
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน
4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน



รูปที่ 5.5

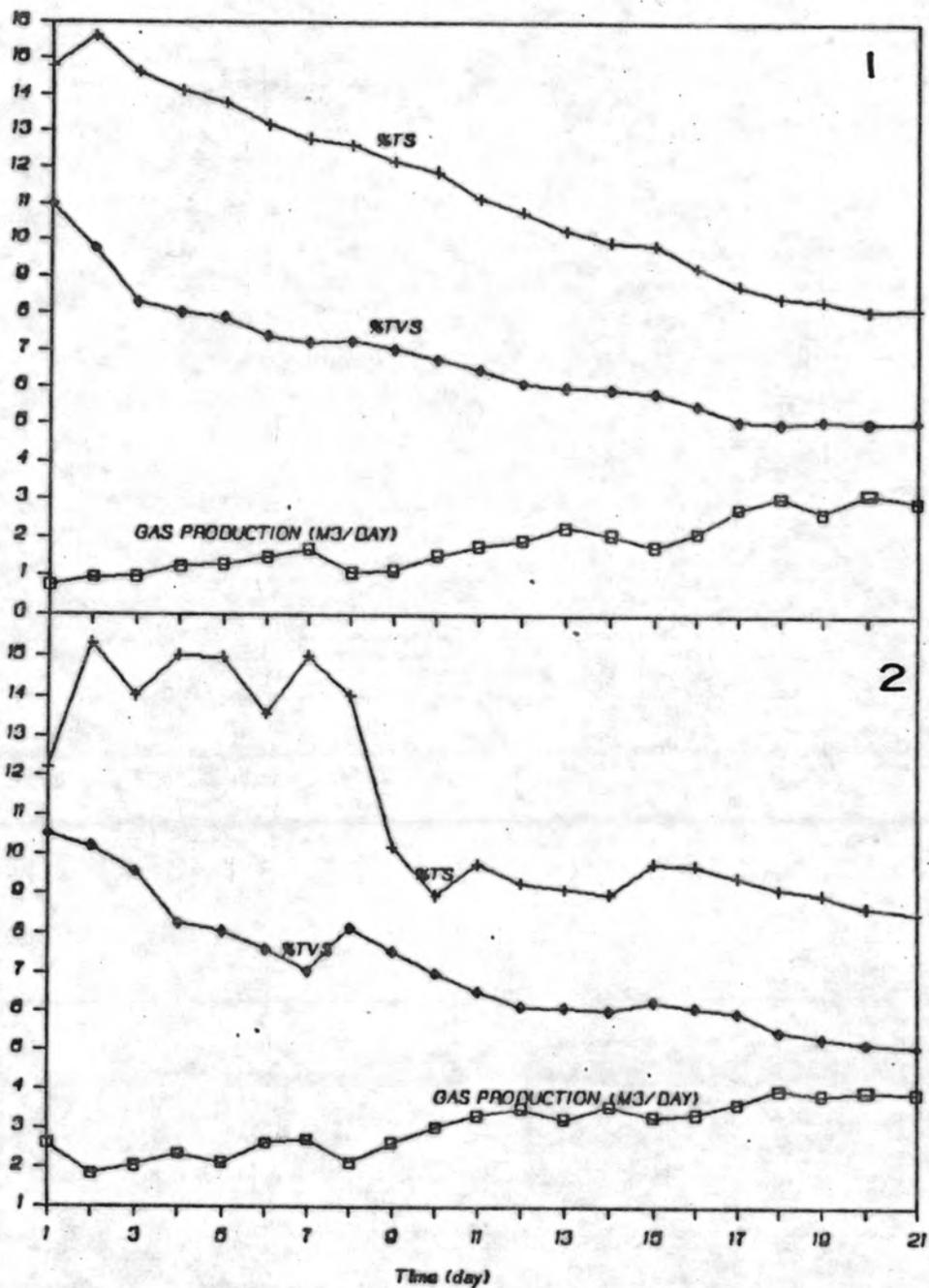
ข. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 15

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน



รูปที่ 5.5-ข

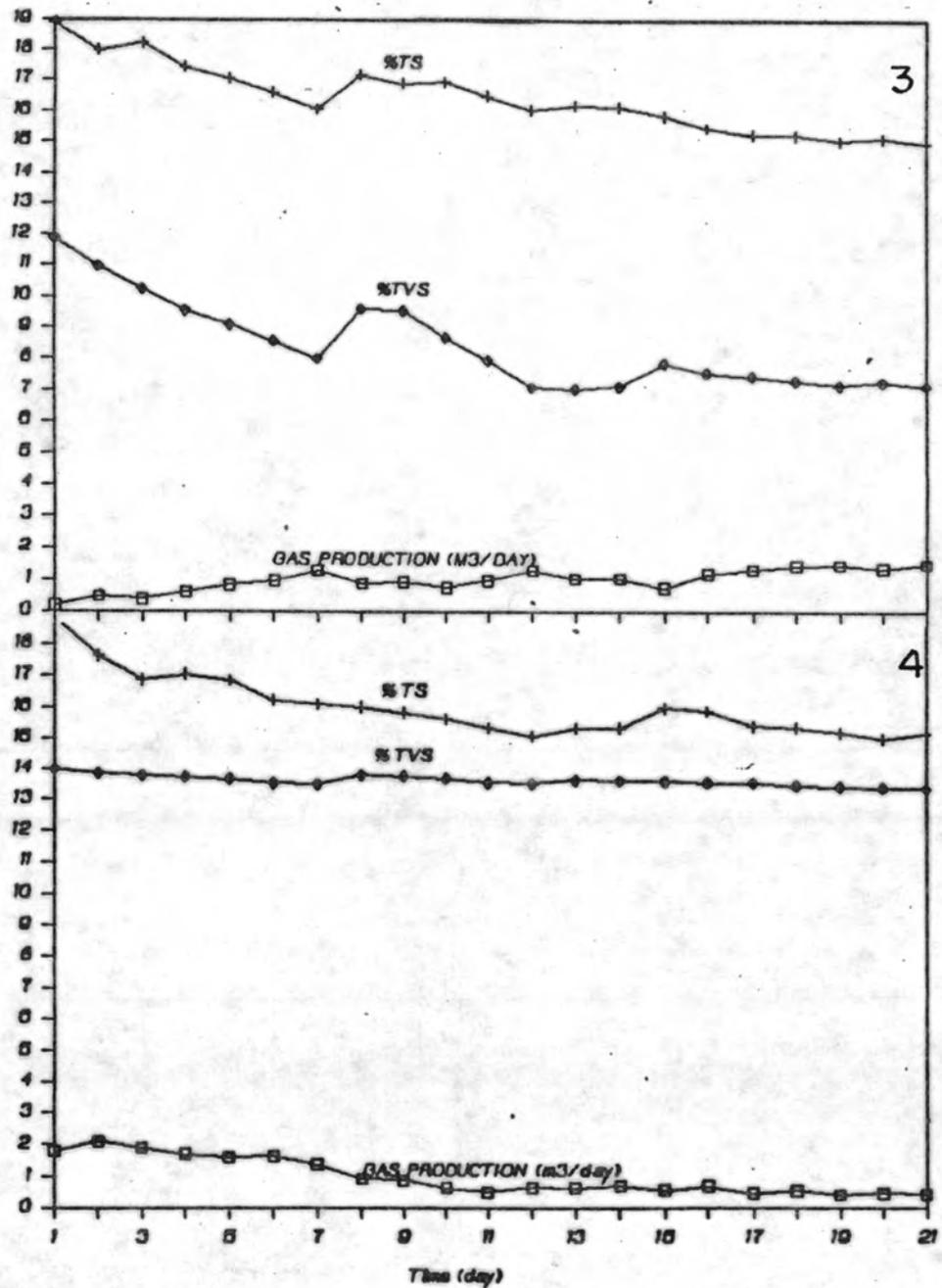
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน
4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน



รูปที่ 5.5

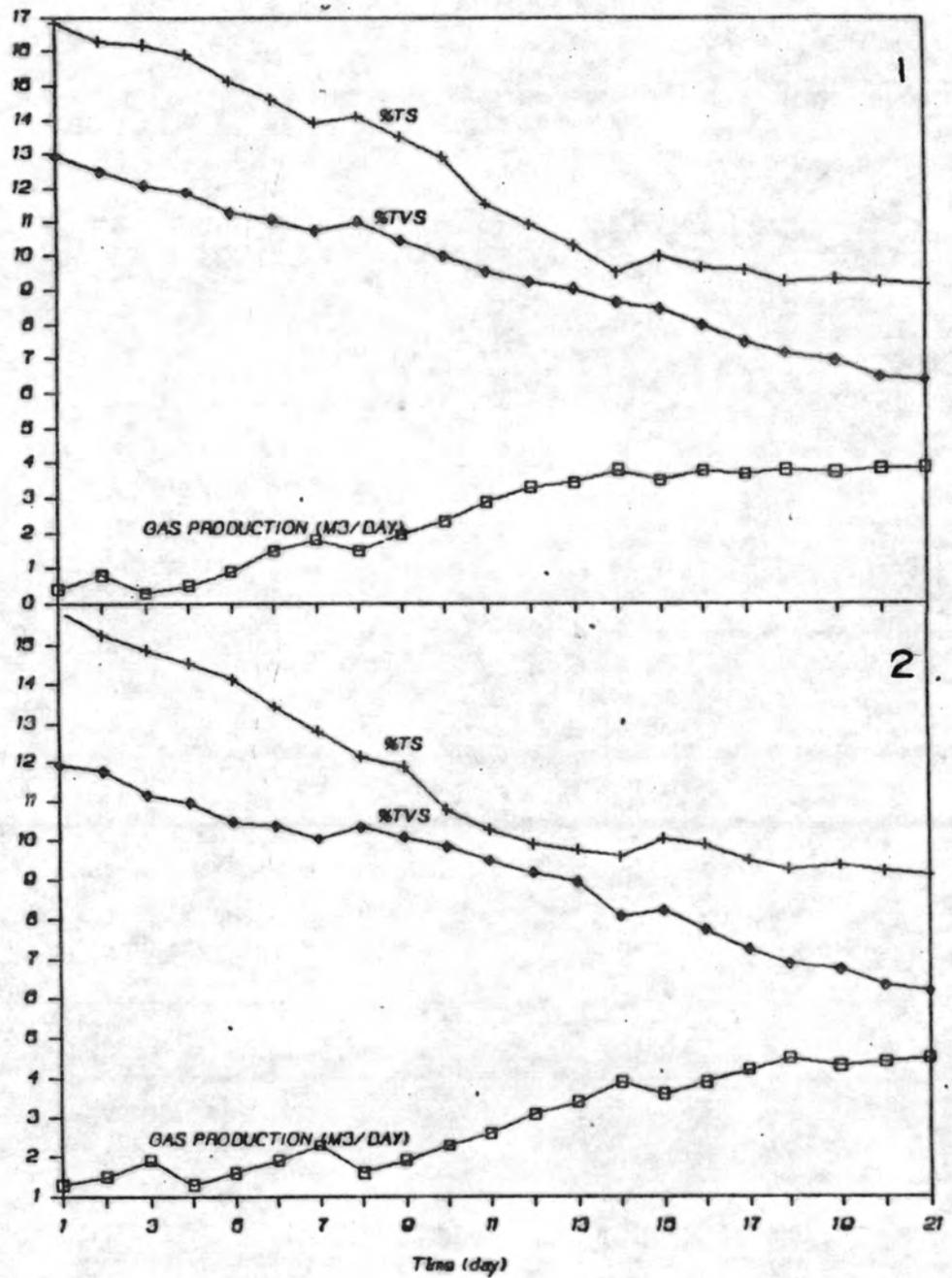
ค. ที่ภาระสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 20

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน



รูปที่ 5.5-ค

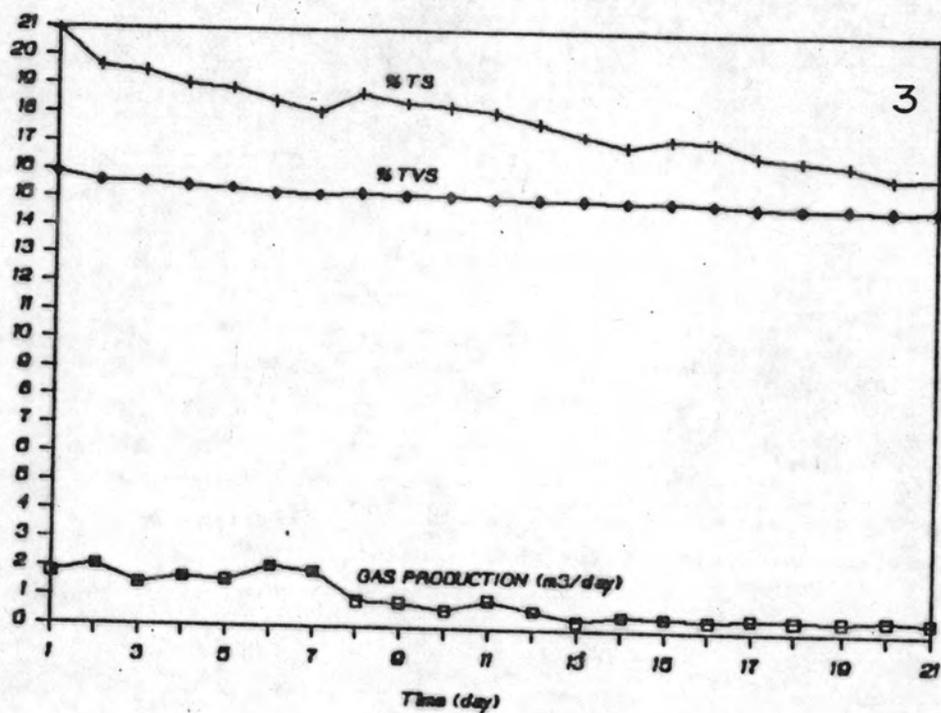
- 3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน
- 4. อัตราการเติม 21.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 8.7 วัน



รูปที่ 5.5

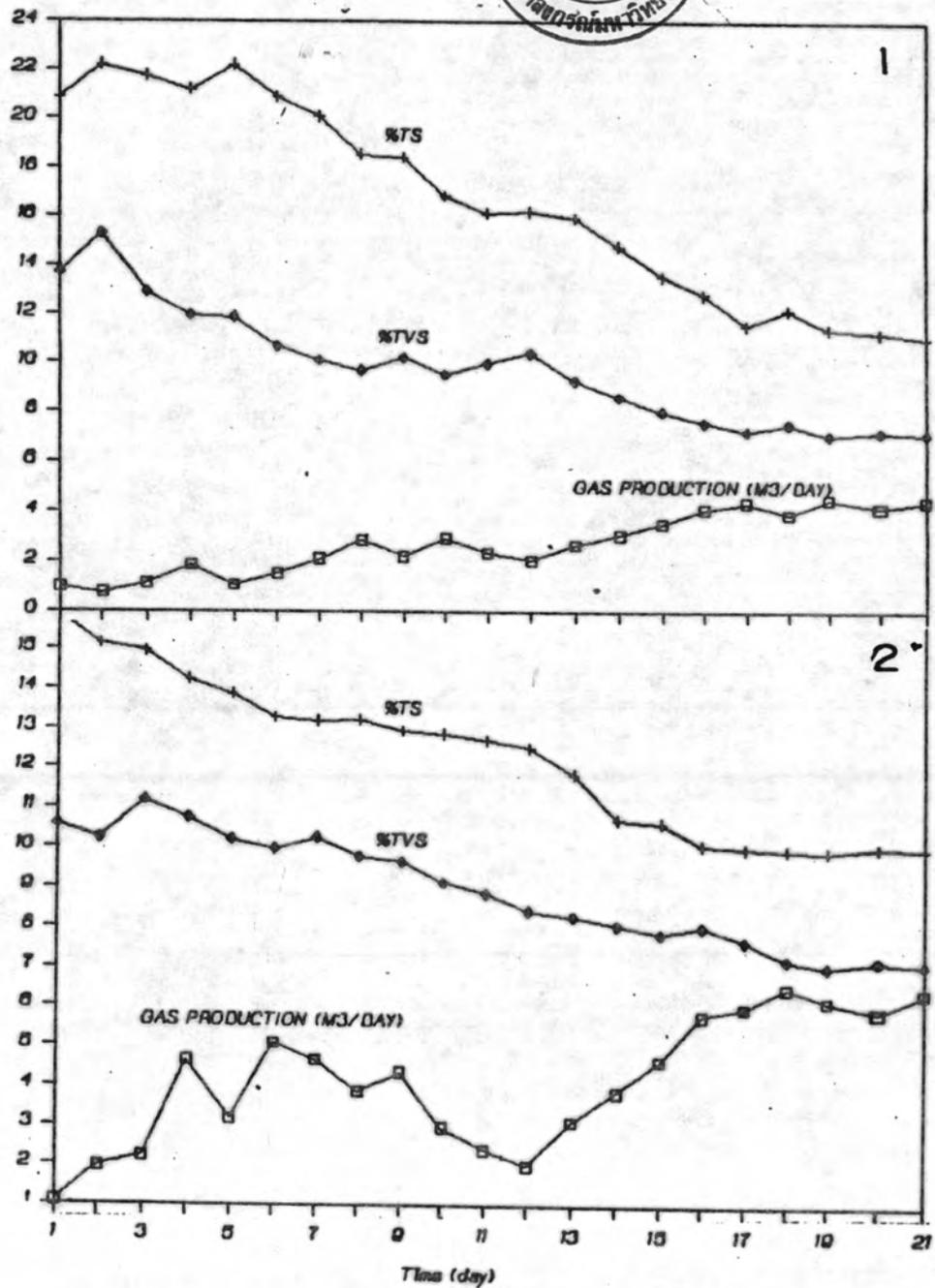
ง. ที่การระส่ำรลินทรีย์ (TS) ร้อยละ 25

1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลาทำจัด 51.4 วัน
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลาทำจัด 25.7 วัน



รูปที่ 5.5-ง

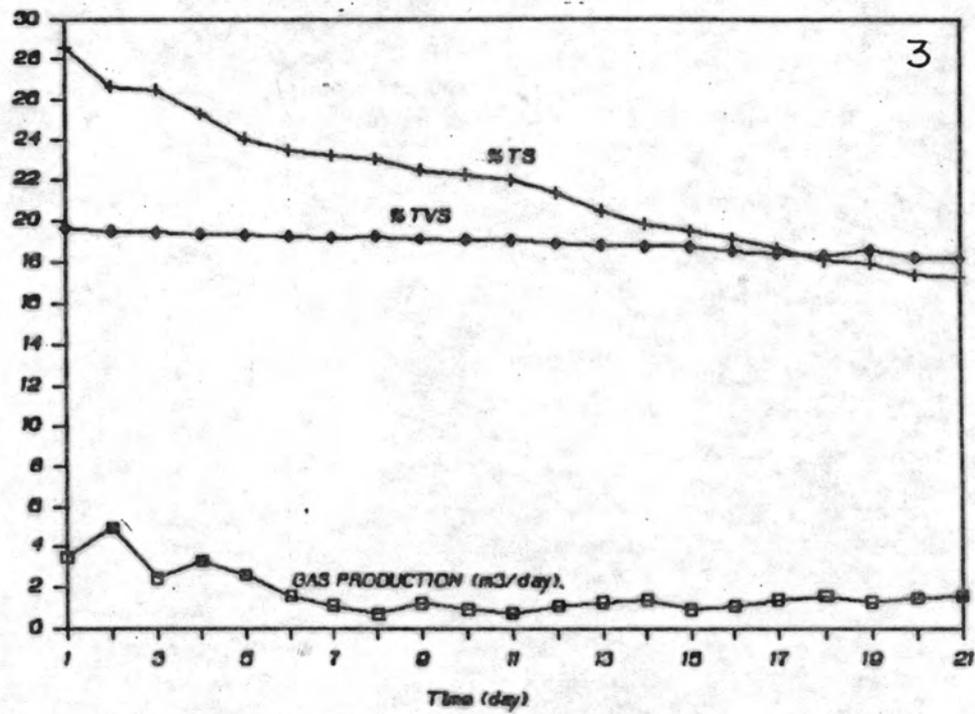
3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน



รูปที่ 5.5

จ. ที่การะสารอินทรีย์ (TS) ร้อยละ 30

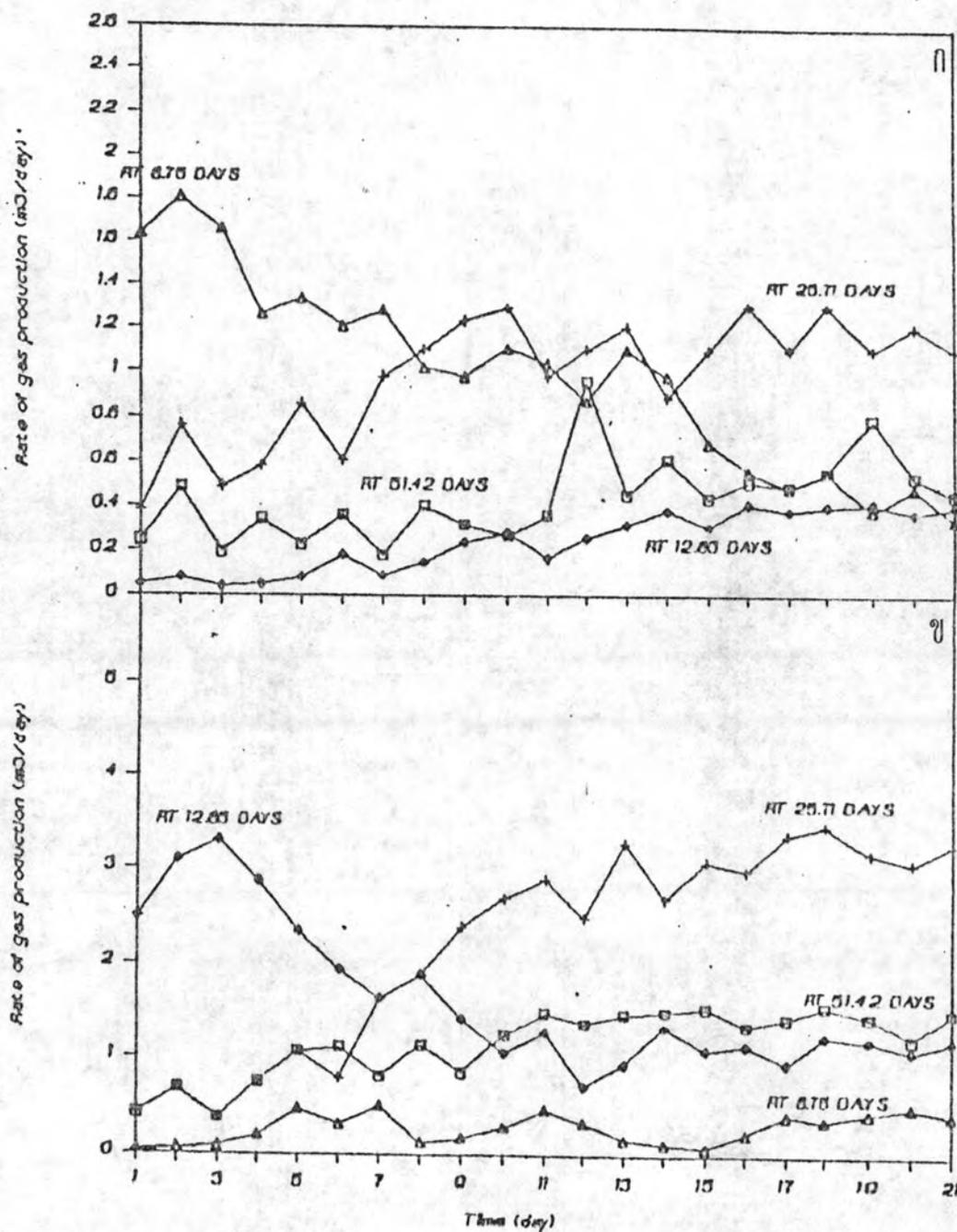
1. อัตราการเติม 3.5 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 51.4 วัน
2. อัตราการเติม 7.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 25.7 วัน



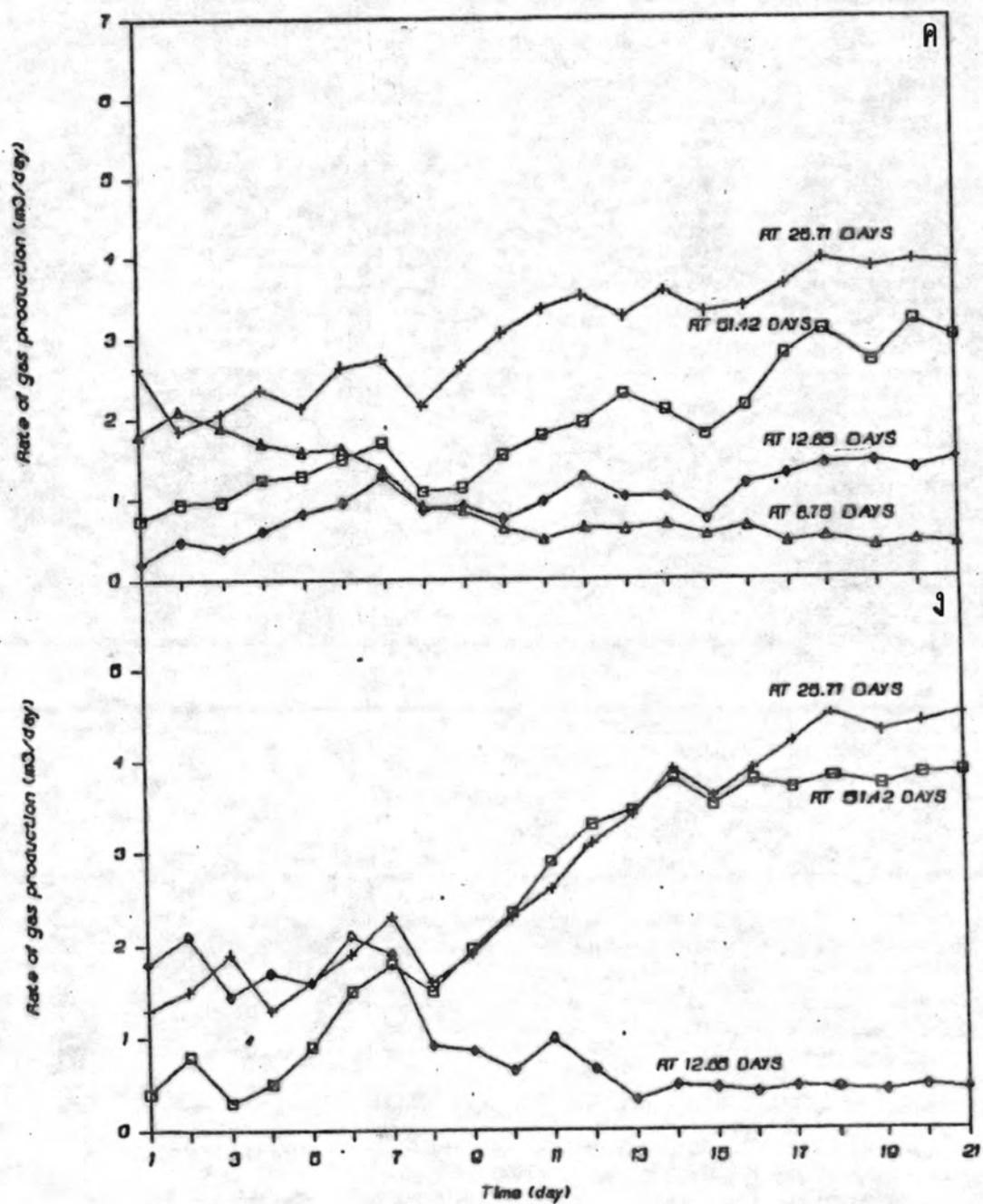
รูปที่ 5.5-๑

3. อัตราการเติม 14.0 ลิตร/วัน ระยะเวลากำจัด 12.8 วัน

รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซที่ระยะเวลาทำจัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบปลั๊กโฟล
ที่การะสารอินทรีย์ร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30

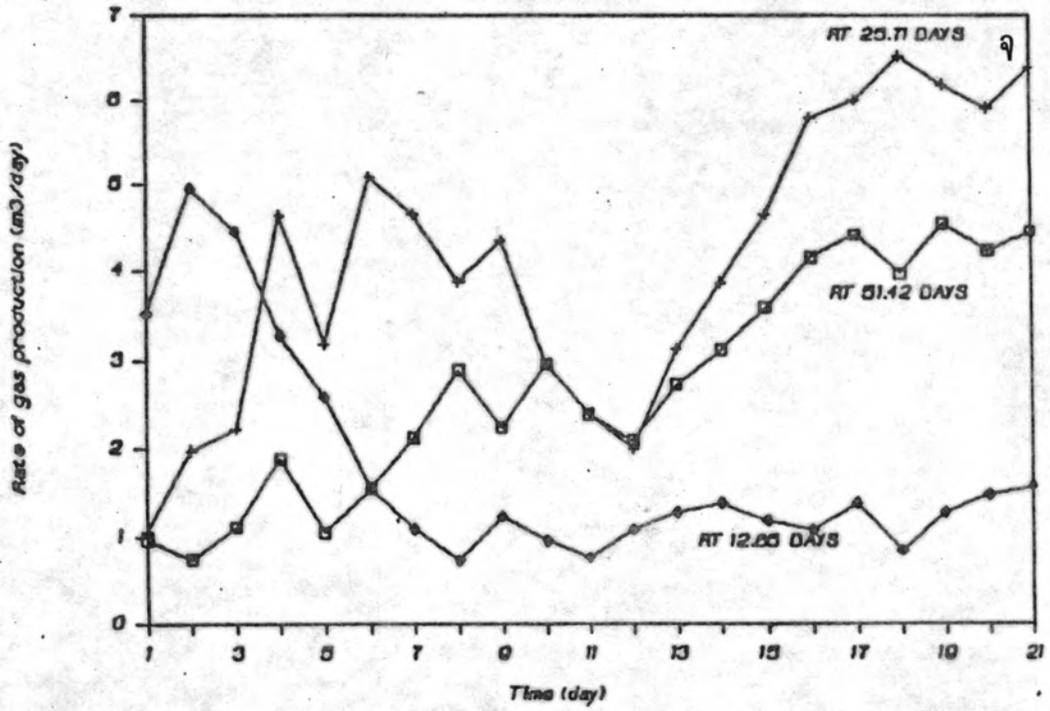


รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบผลตรวจการผลิดก๊าซที่ระยะเวลาจำัดต่าง ๆ ในถังหมักแบบกลักโฟล
 ก. ที่ระยะเวลาจำัดที่ 10
 ข. ที่ระยะเวลาจำัดที่ 15



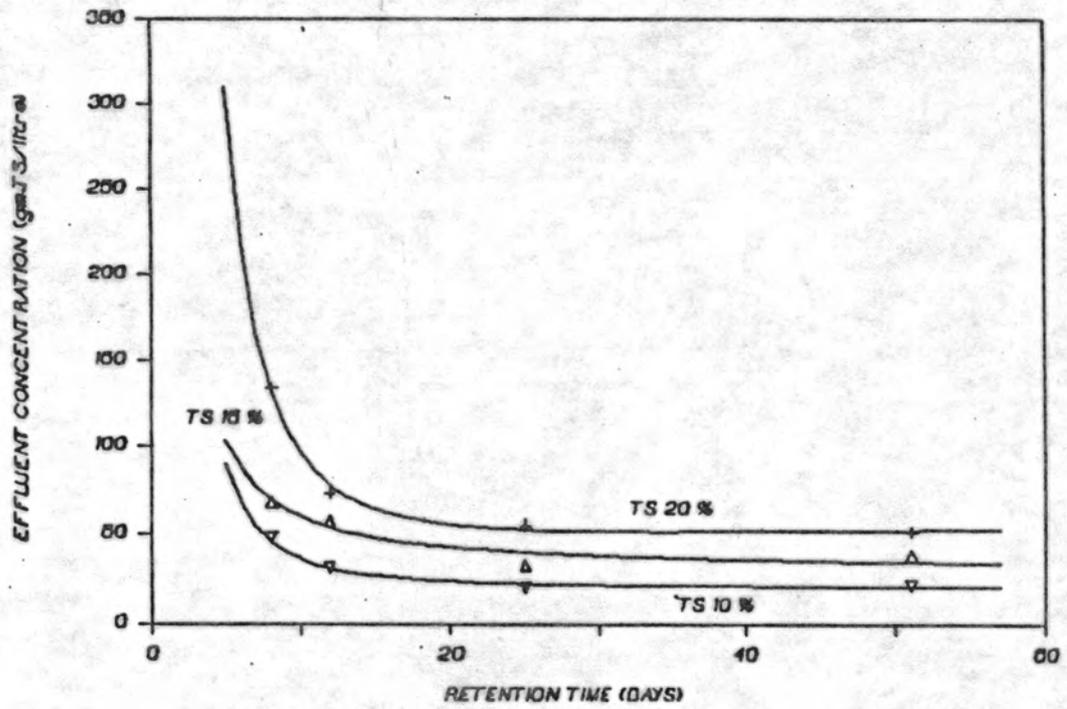
รูปที่ 5.6

- ค. ที่การะสารอินทรีย์ร้อยละ 20
 ง. ที่การะสารอินทรีย์ร้อยละ 25



รูปที่ 5.6

จ. ที่การระสารอินทรีย์ร้อยละ 30



รูปที่ 5.7 แสดงผลของระยะเวลาบำบัดต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังหมักแบบปลั๊ก โฟล