บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การคัดเลือก *Acetobacter xylinum* เพื่อใช้ผลิตเซลลูโลสในภาวะที่มีการกวน

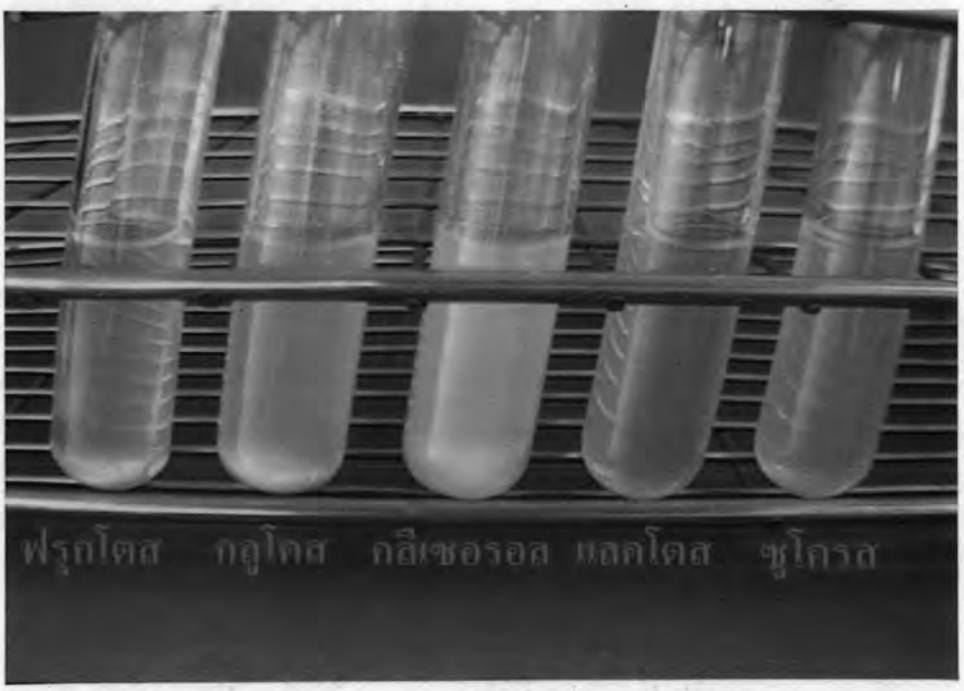
การเลี้ยง *A. xylinum* เพื่อให้ผลิตเซลลูโลสโดยทั่วไปจะเลี้ยงในภาวะนิ่งแต่ ในปี ค.ศ.1989 Johnson และ Neogi รายงานว่า *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 23747, 23769, 23770 และ 53263 สามารถผลิตเซลลูโลสได้ในภาวะที่มีการกวน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำ *A.xylinum* ทั้ง 4 สายพันธุ์ มาคัดเลือกเพื่อหาสายพันธุ์ที่สามารถผลิตเซลลูโลสได้ดีในภาวะที่มีการกวนและนำสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้มาใช้ในงานวิจัยต่อไป ในการคัดเลือกได้เลี้ยงแต่ละสายพันธุ์บนอาหารแข็งตามวิธีการทดลองในข้อ 2.3.2.1 โดยใช้สูตรอาหาร R20-2 (ภาคผนวก ก 2.1) บ่มที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3วัน แล้วนำมาเลี้ยงในอาหารเหลว R20-2 (ภาคผนวก ก 2.1) ตามวิธีการทดลองข้อ 2.3.2.3 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วันโดยใช้เครื่องเขย่าแบบหมุน(rotary) ผลการทดลองพบว่า *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 สามารถผลิตเซลลูโลสในภาวะที่มีการกวนได้ดีกว่า *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 23747, 23769, 23770 ดังรูปที่ 3-1 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Johnson และ Neogi ดังนั้นจึงเลือก *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 เพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

รูปที่ 3-1 ปริมาณเซลลูโลสของ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 23747, 23769, 23770 และ 53263 ใน อาหาร R20-2 บ่มที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน ด้วยเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที

3.2 <u>การเลือกแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็งลาดเอียง</u>

โดยทั่วไปเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* บนอาหารแข็งลาดเอียงเชื้อจะสร้างเซลลูโลสไปพร้อมกับการเจริญ ทำให้เกิดเป็นแผ่นของเซลลูโลสที่มีเซลล์ติดอยู่ด้วยบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการทำเซลล์แขวนลอยเพื่อนำมาใช้ในการเตรียมหัวเชื้อ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมุ่งที่จะหาแหล่งคาร์บอนและปริมาณที่เหมาะสมที่ทำให้ *A.xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 เพิ่มจำนวนเซลล์โดยไม่สร้างแผ่นเซลลูโลส ในปี ค.ศ.1989 Johnson และ Neogi ได้รายงานว่าชนิดของแหล่งคาร์บอนมีผลต่อการเจริญและการสร้างเซลลูโลสของ *A.xylinum* โดย ฟรุกโทส แมนนิทอล ซอร์บิทอล และกลูโคส จะทำให้เชื้อเจริญและผลิตเซลลูโลสได้เร็ว ส่วนกลีเซอรอล กาแลกโทส แลกโทส มอลโทส และซูโครสนั้นจะทำให้เชื้อเจริญและผลิตเซลลูโลสได้ช้ากว่า ดังนั้นจึงนำ ฟรุกโทส แมนนิทอล กลูโคส ซอร์บิทอล กาแลกโทส แลกโทส มอลโทส ซูโครส และกลีเซอรอล มาลองใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารแข็งลาดเอียงสำหรับ *A.xylinum* โดยใช้แทนสารแหล่งคาร์บอนในสูตรอาหาร S-1 (ภาคผนวก ก 1.1) พร้อมทั้งแปรผันปริมาณแหล่งคาร์บอนเป็น 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่อลิตร เลี้ยงเชื้อโดยบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วันและนำมาทำเป็นเซลล์แขวนลอยตามวิธีการทดลองข้อ 2.3.2.2 จากผลการทดลองดังรูปที่ 3-2 พบว่าอาหารแข็งลาดเอียงที่ใช้กลีเซอรอลจะได้เซลล์แขวนลอยที่ดีไม่มีแผ่นของเซลลูโลสอยู่ ส่วนอาหารแข็งลาดเอียงที่

มีฟรุกโทส แมนนิทอล กลูโคส และซอร์บิทอลเมื่อทำเป็นเซลล์แขวนลอยจะมีแผ่นของเซลลูโลสอยู่มาก ส่วนอาหารแข็งลาดเอียงที่มีกาแลกโทส แลกโทส มอลโทส และซูโครสให้การเจริญของเชื้อที่ต่ำเมื่อทำเป็นเซลล์แขวนลอยได้ปริมาณเซลล์ที่น้อย และในอาหารแข็งลาดเอียงที่มีปริมาณกลีเซอรอล 10 กรัมต่อลิตรให้เซลล์แขวนลอยดีที่สุด

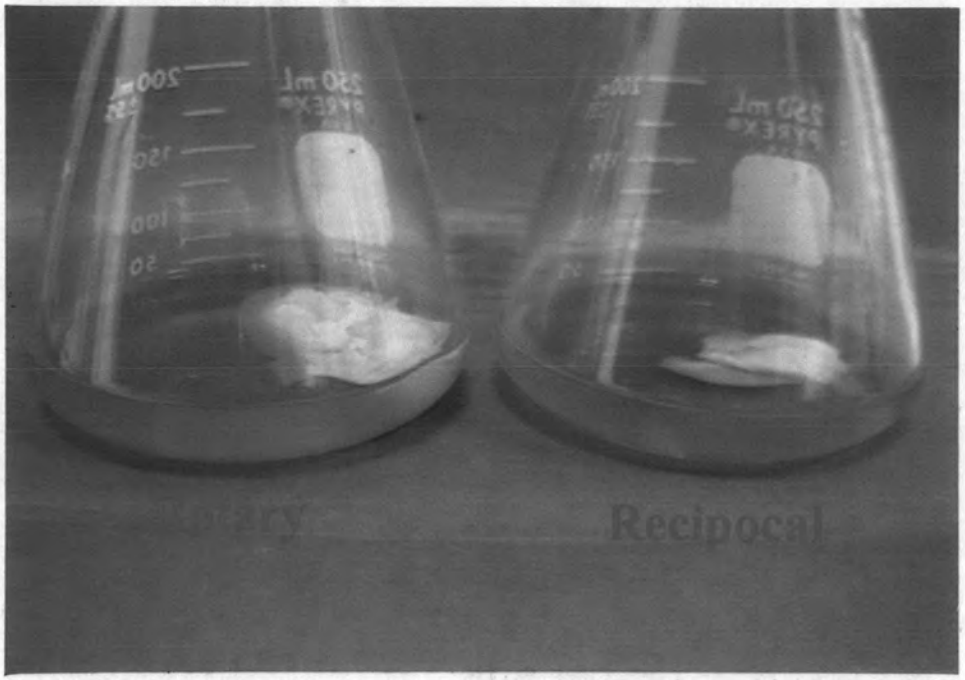


รูปที่ 3-2 ลักษณะเซลล์แขวนลอยที่ได้จากอาหารแข็งลาดเอียง S-1ที่แปรผันชนิดของแหล่งคาร์บอน

3.3 <u>การหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมหัวเชื้อในระดับขวดเขย่า</u>

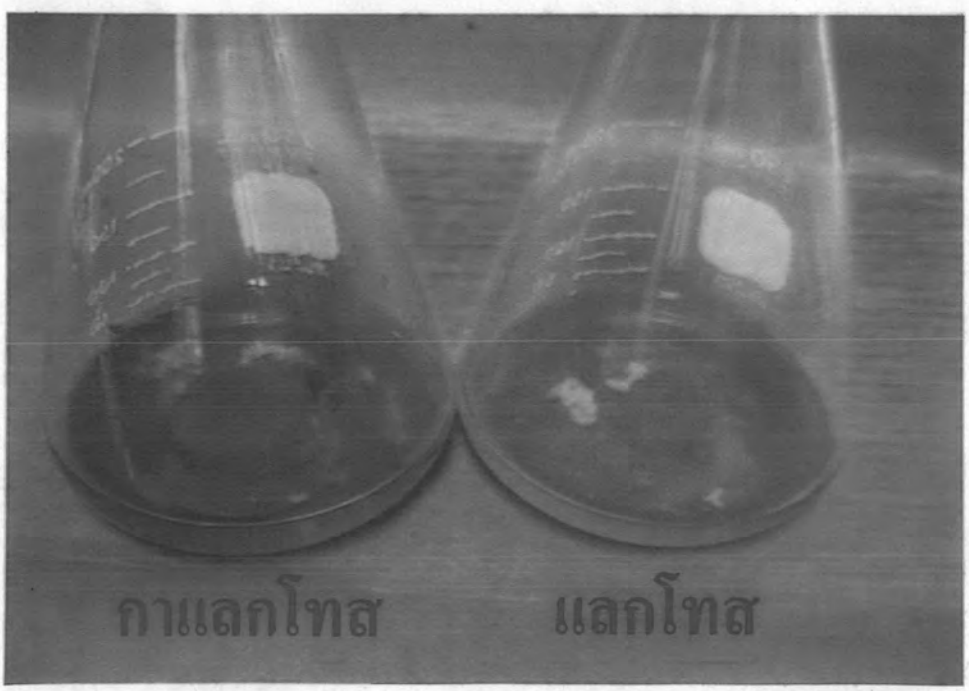
โดยทั่วไปการเตรียมหัวเชื้อจะเลี้ยง *A. xylinum* ในขวดเขย่าซึ่งจะได้เซลล์เกาะติดเซลลูโลสเป็นก้อนใหญ่แล้วจึงนำมาผ่านเครื่อง homogenizer เพื่อทำให้เป็นเซลล์แขวนลอย(Johnson and Neogi,1989) แต่ในการทดลองนี้จะหลีกเลี่ยงการใช้ homogenizer เพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น โดยการเลี้ยง *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 บนอาหารแข็งลาดเอียงสูตร S-1 ซึ่งมี 1 เปอร์เซ็นต์(W/V)กลีเซอรอลเป็นสารแหล่งคาร์บอนตามผลการทดลองที่ 3.2 และนำมาเตรียมเซลล์แขวนลอยตามวิธีการในข้อ 2.3.2.2 ถ่ายใส่ขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุอาหารเหลวสูตร S-2 (ภาคผนวก ก 2.2) โดยแปรผันชนิดของแหล่งคาร์บอนเป็นฟรุกโทส แมนนิทอล กลูโคส ซอร์บิทอล กาแลกโทส แลกโทส มอลโทส ซูโครส และกลีเซอรอลพร้อมทั้งแปรผันปริมาณเป็น 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 กรัมต่อลิตร นำไปบ่มโดยใช้เครื่องเขย่าแบบหมุน(rotary)ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที และเครื่องเขย่าแบบ reciprocal ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่าทั้งการใช้ขวดแก้วรูปชมพู่แบบธรรมดา แบบที่มีขดลวดสปริงและแบบ baffle

การเขย่าทั้ง 2 แบบ(rotary และ reciprocal) ได้เซลล์เกาะติดกับเซลลูโลสเป็นก้อนขนาดใหญ่ 1-2 ก้อนต่อขวดและมีเซลล์แขวนลอยอยู่ในอาหารเหลวอยู่บ้างดังแสดงในรูปที่ 3-3 ถึง 3-7 ส่วนการเจริญนั้นในอาหารที่ใช้ปริมาณกลูโคส 20 กรัมต่อลิตรเป็นแหล่งคาร์บอนให้การเจริญดีที่สุดดังรูปที่ 3-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 3.2

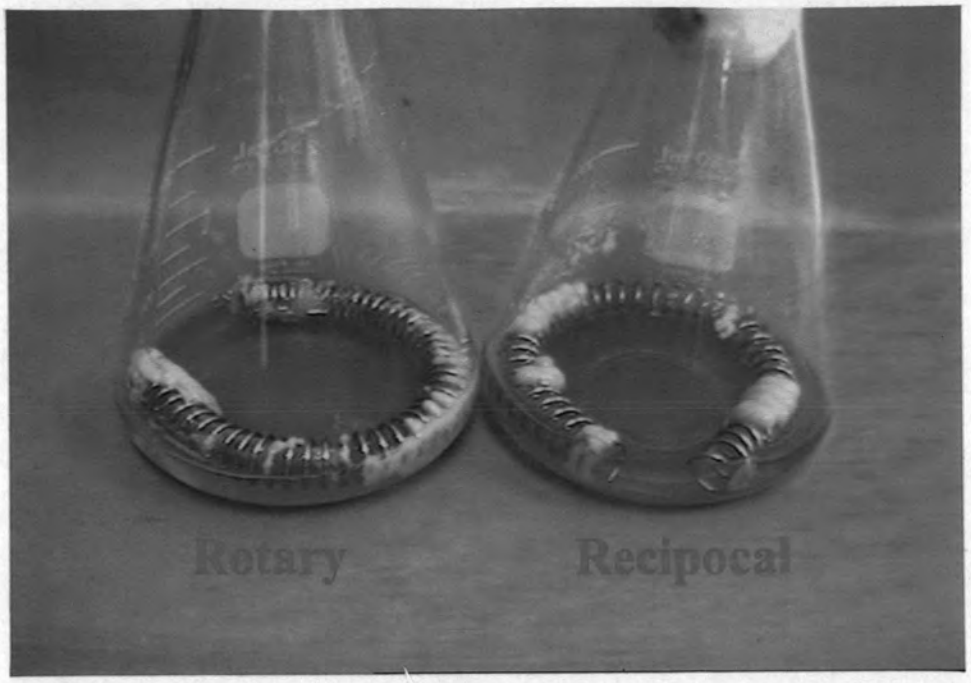


รูปที่ 3-3 ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

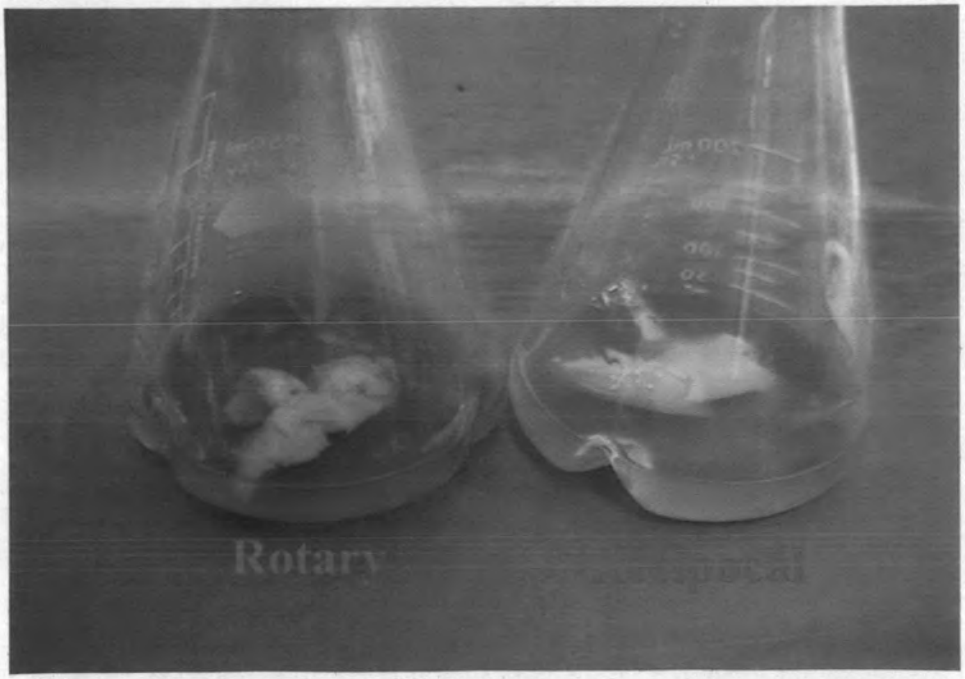
รูปที่3-4 ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้ปริมาณกลูโคส 20 กรัมต่อลิตรเป็นแหล่งคาร์บอนและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 3-5 ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้ปริมาณกาแลกโทส แลกโทส 20 กรัมต่อลิตรเป็นแหล่งคาร์บอนและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่3-6 ลักษณะการเจริญในอาหาร S-2ในขวดรูปชมพู่ที่มีขดลวดสปริง ใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 3-7 ลักษณะการเจริญในอาหาร S-2 ในขวดรูปชมพู่แบบ baffle และใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน

ในปี ค.ศ. 1996 Matsuoka และคณะได้รายงานวิธีการวัดการเจริญของ *A. xylinum* โดยการใช้เอนไซม์เซลลูเลสย่อยเซลลูโลสเพื่อแยกเซลล์ก่อนนำไปหาปริมาณเซลล์ จึงได้นำแนวความคิดนี้มาประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงเซลล์เพื่อเตรียมหัวเชื้อโดยเติมเอนไซม์เซลลูเลสลงในอาหารเตรียมหัวเชื้อนำไปเขย่าโดยเครื่องเขย่าแบบหมุน(rotary)ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน และแปรผันปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส 0.09,0.18,0.37 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สามารถยับยั้งไม่ให้เกิดก้อนเซลลูโลส แต่ไม่สูงเกินไปจนกระทั่งมีผลต่อการสร้างเซลลูโลสในอาหารสำหรับผลิตเซลลูโลส จากผลการทดลองพบว่าปริมาณเอนไซม์เซลลูเลสที่เหมาะสมเท่ากับ 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อสามารถยับยั้งไม่ให้เกิดก้อนเซลลูโลสในอาหารเหลวได้ดังรูปที่ 3-8

รูปที่ 3-8 ลักษณะการเจริญเป็นเซลล์แขวนลอยในขวดรูปชมพู่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร S-2ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน

3.4 <u>รูปแบบการเจริญของ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหารเหลว S-2ที่เติมเซลลูเลส</u>

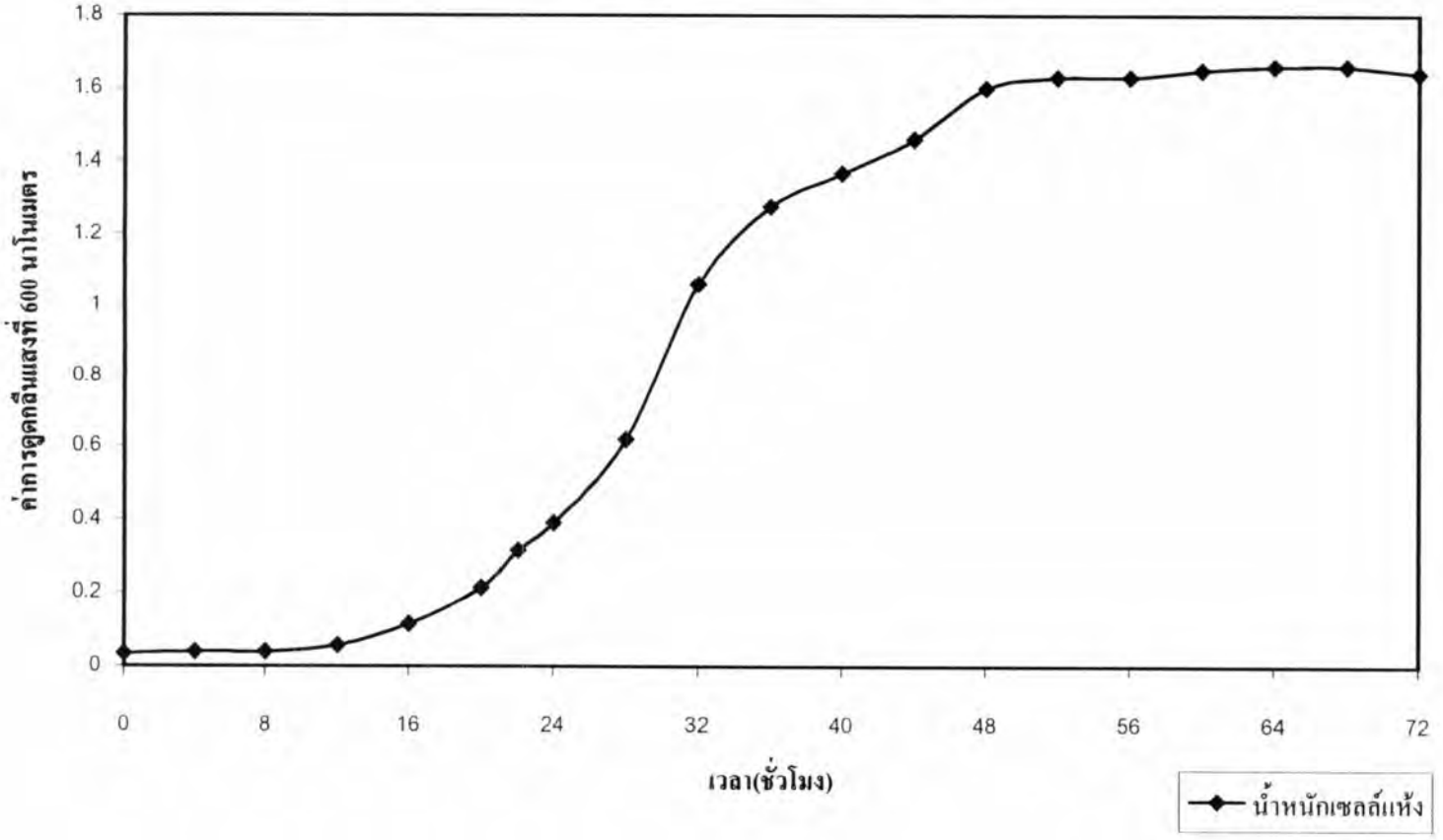
จากผลการทดลองในข้อ3.3 พบว่าปริมาณเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเซลล์เพื่อเตรียมหัวเชื้อ ดังนี้ในการทดลองนี้จึงเลี้ยง *A.xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหารสูตร S-2 ที่มีเซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปเขย่าโดยเครื่องเขย่าแบบหมุน(rotary)ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีซึ่ง

ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ได้ผลการทดลองดังในตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-9 พบว่าชั่วโมงที่ 28 เป็นกึ่งกลางระยะทวีคูณ (mid log phase) ของ *A. xylinum* เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว S-2 (ภาคผนวก ก 2.2) เพราะฉะนั้นจึงเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหารเหลวให้มีอายุ 28 ชั่วโมงเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับถังหมักขนาด 5 ลิตรต่อไป

ตารางที่ 3-1 แสดงการเจริญของเชื้อ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหารเหลว S-2 ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่ระยะเวลาการหมัก 0-72 ชั่วโมง

ระยะเวลา	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
(ชั่วโมง)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	0.03	0.03	0.04	0.03
4	0.04	0.04	0.04	0.04
8	0.04	0.04	0.04	0.04
12	0.05	0.06	0.06	0.05
16	0.10	0.12	0.13	0.12
20	0.20	0.20	0.24	0.21
22	0.30	0.30	0.35	0.31
24	0.34	0.40	0.44	0.39
28	0.58	0.65	0.64	0.62
32	1.08	1.08	1.04	1.07
36	1.29	1.29	1.24	1.27
40	1.44	1.20	1.48	1.37
44	1.40	1.48	1.52	1.46
48	1.60	1.60	1.60	1.60
52	1.68	1.62	1.59	1.63
56	1.59	1.62	1.68	1.63
60	1.67	1.62	1.65	1.65
64	1.68	1.62	1.68	1.66
68	1.68	1.62	1.68	1.66
72	1.68	1.62	1.62	1.64

รูปที่ 3-9 รูปแบบการเจริญของ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263ในอาหาร S-2 ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วย บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที



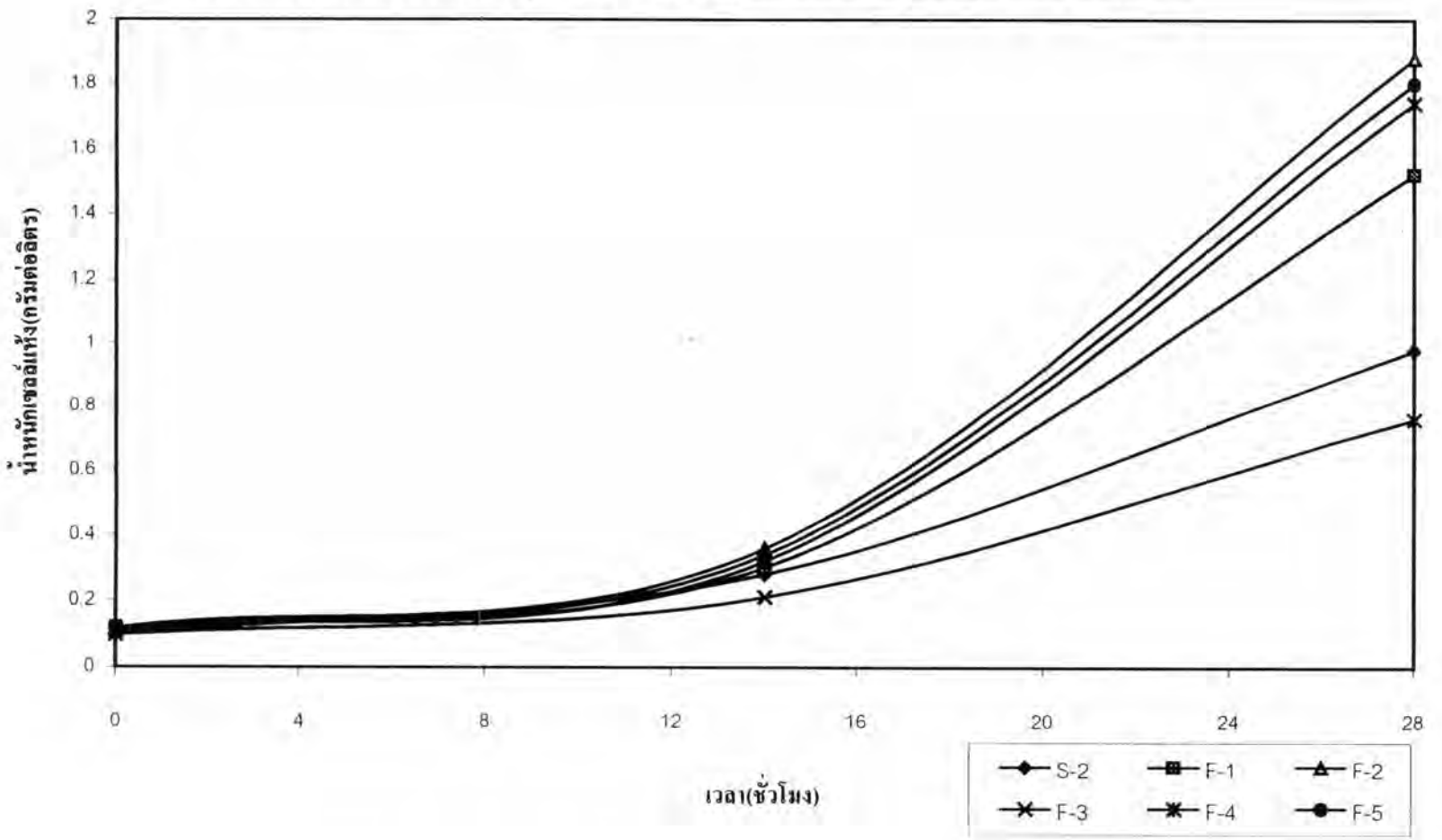
3.5 องค์ประกอบที่เหมาะสมของอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ

เตรียมเซลล์แขวนลอยจากอาหารแข็งลาดเอียงตามวิธีการทดลองข้อ 2.3.2.2 ถ่ายใส่ขวดรูปชมพู่ที่บรรจุอาหาร S-2, F-1, F-2, F-3, F-4 และ F-5 (ภาคผนวก ก 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6และ2.7) นำไปบ่มบนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 14 และ 28 ชั่วโมงและหาน้ำหนักเซลล์แห้งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-2 และรูปที่ 3-10 จากผลการทดลองพบว่าอาหาร F-2, F-4 และ F-5ให้ปริมาณเซลล์แห้ง 1.88, 1.74 และ 1.80 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งมากกว่าอาหาร S-2 ที่ได้ปริมาณเซลล์แห้ง 0.98 กรัมต่อลิตร ทั้งอาหาร F-2, F-4 และ F-5 ให้ปริมาณเซลล์สูงใกล้เคียงกันแต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกสูตร F-4 เนื่องจากอาหาร F-2 และ F-5 มีส่วนประกอบของ corn steep liquor อยู่ถึง 20 กรัมต่อลิตรและอาหาร F-2 ยังมีเพปโทน 3 กรัมต่อลิตรโดยที่ทั้ง 2 องค์ประกอบเป็นสารที่มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในขณะที่ F-4 มีส่วนประกอบของเพปโทนอย่างเดียว 3 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 3-2 เปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 เมื่อเลี้ยงในอาหาร S-2, F-1, F-2, F-3, F-4 และ F-5 บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 14 และ 28 ชั่วโมง

สูตรอาหาร	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)		
	0 ชั่วโมง	14 ชั่วโมง	28 ชั่วโมง
S-2	0.10	0.28	0.98
F-1	0.12	0.30	1.52
F-2	0.12	0.36	1.88
F-3	0.10	0.21	0.76
F-4	0.11	0.32	1.74
F-5	0.12	0.34	1.80

รูปที่ 3-10 การเจริญของ *A. xylinum* สายพันธุ์ ATCC 53263 เมื่อเลี้ยงในอาหาร S-2,F-1,F-2,F-3,F-4,F-5 ที่ระยะเวลา 0, 14และ 28 ชั่วโมง บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที



3.6 การผลิตเซลลูโลสในถังหมักที่มีระบบการกวน

3.6.1 เปรียบเทียบการเจริญและการผลิตเซลลูโลสในอาหารสูตร S-2 และ F-4

เนื่องจากไม่สามารถผลิตเซลลูโลสให้เป็นเม็ด(pellet) ในระดับขวดเขย่าได้เพราะในระดับขวดเขย่าลักษณะของเซลลูโลสที่ได้จะเป็นก้อนเดียวขนาดใหญ่ ดังนั้นในการศึกษาภาวะที่เหมาะสมจึงต้องทำในถังหมักซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยใช้หัวเชื้อที่ได้จากการทดลองข้อ 3.2 ถ่ายลงถังหมักขนาด 5 ลิตรซึ่งบรรจุอาหารสูตร F-4 และ S-2 ตามวิธีการทดลองข้อ 2.3.2.4 ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียสและค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 อัตราการให้อากาศ 1 vvm และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-3 และรูปที่ 3-11และตารางที่3-4 และรูปที่ 3-12 พบว่าในอาหารสูตร S-2 น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด 2.02 กรัมต่อลิตรและปริมาณเซลลูโลสสูงสุด 2.30 กรัมต่อลิตรที่ 36 ชั่วโมง ในขณะที่อาหารสูตร F-4 น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด 4.04 กรัมต่อลิตรที่ 32 ชั่วโมงโดยให้ค่าน้ำหนักเซลล์แห้งในชั่วโมงที่ 28,30,32 ใกล้เคียงกันและปริมาณเซลลูโลสสูงสุด 3.78 กรัมต่อลิตรที่ 28 ชั่วโมง ในงานวิจัยนี้เลือกอาหารสูตร F-4 เพราะให้น้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณเซลลูโลสที่มากกว่าอาหารสูตร S-2 ส่วนลักษณะของเซลลูโลสในทั้ง 2 สูตรเป็นเม็ด(pellet) ขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตรเกือบจะเท่ากันทั้งหมดดังรูปที่ 3-13

ตารางที่ 3-3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหารสูตร S-2 ที่ระยะเวลาต่างๆในระดับถังหมัก 5 ลิตร

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.26	0.10	19.96
12	5.00	0.28	0.16	19.12
18	5.00	0.32	0.34	18.19
20	5.00	0.34	0.46	16.15
24	4.96	0.52	0.56	14.55
26	4.96	0.54	0.72	12.34
28	4.96	0.56	0.72	10.91
30	4.96	1.00	1.20	5.82
32	4.96	1.76	2.00	3.42
36	4.96	2.02	2.30	3.23

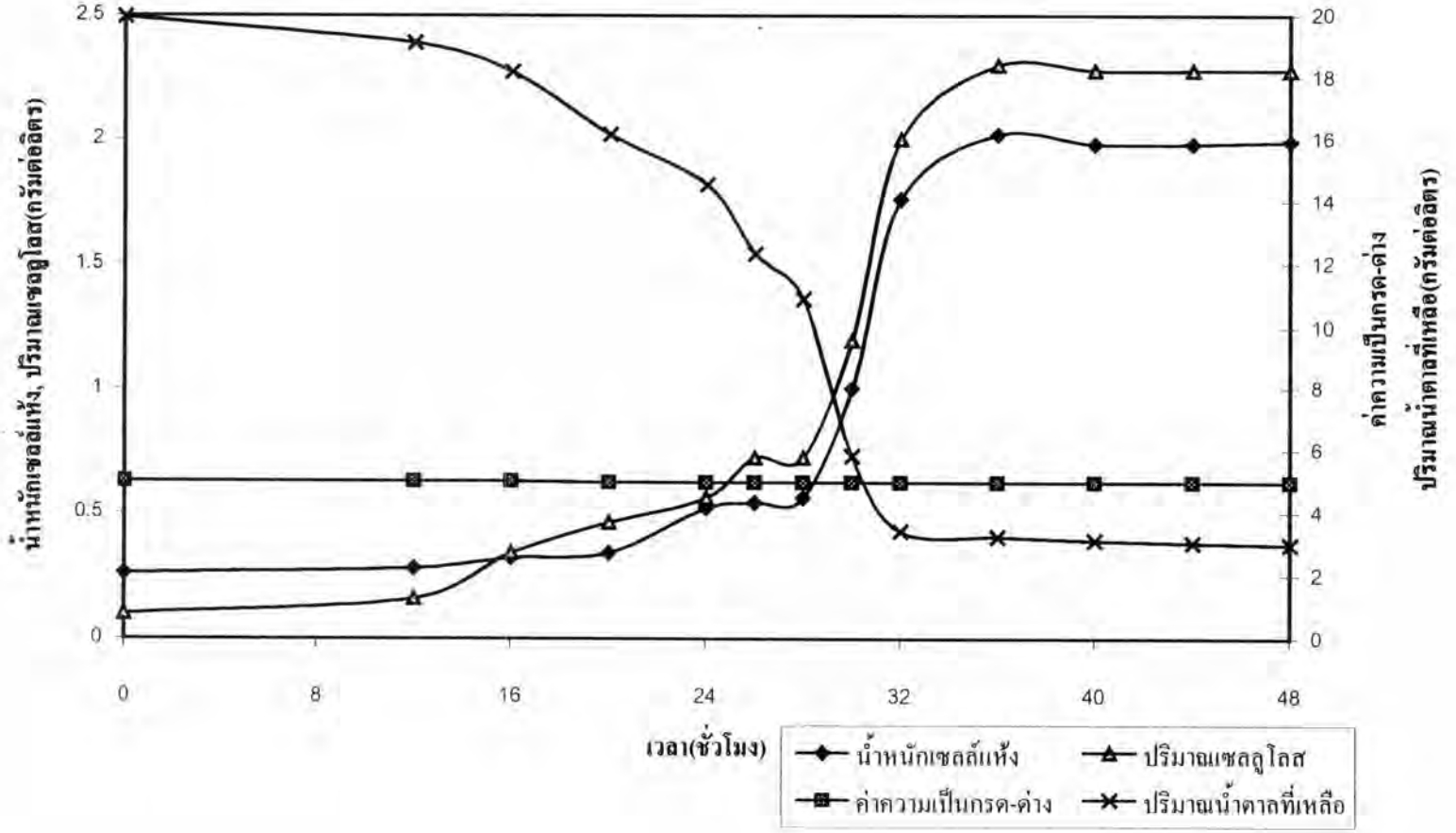
ตารางที่ 3.3 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
40	4.96	1.98	2.31	3.12
44	4.96	1.98	2.28	3.04
48	4.96	1.99	2.28	2.98

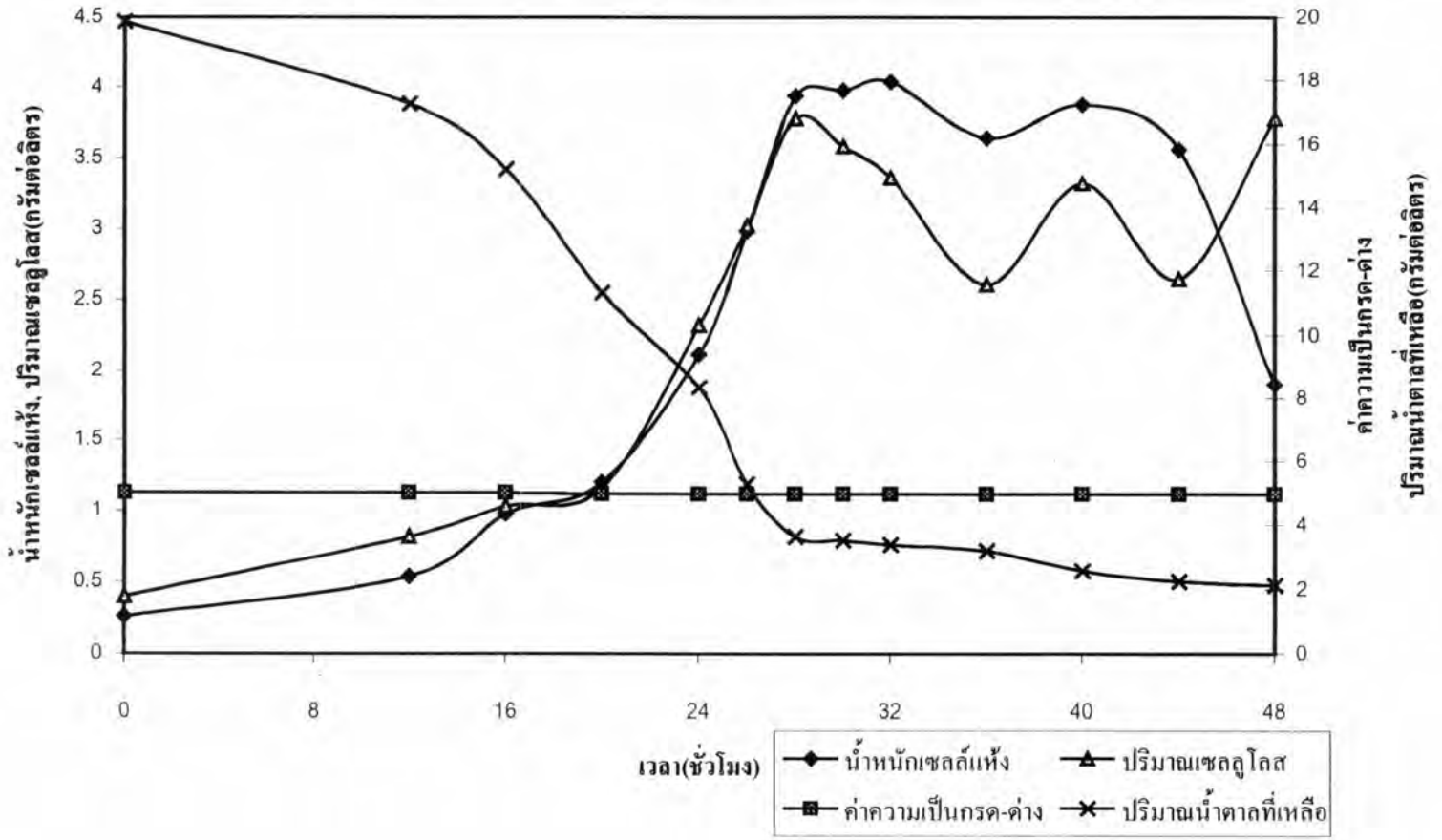
ตารางที่ 3-4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหารสูตร F-4 ที่ระยะเวลาต่างๆในระดับถังหมัก 5 ลิตร

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.26	0.40	19.87
12	5.00	0.54	0.82	17.26
18	5.00	0.98	1.03	15.20
20	5.00	1.20	1.16	11.32
24	4.96	2.12	2.32	8.35
26	4.96	2.98	3.02	5.28
28	4.96	3.94	3.78	3.65
30	4.96	3.98	3.58	3.52
32	4.96	4.04	3.36	3.40
36	4.96	3.64	2.60	3.20
40	4.96	3.88	3.23	2.57
44	4.96	3.56	3.64	2.23
48	4.96	1.90	3.78	2.12

รูปที่3-11 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตรสูตรอาหาร S-2บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที



รูปที่ 3-12 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส,ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตรสูตรอาหาร F-4บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที



รูปที่ 3-13 ลักษณะเม็ดเซลลูโลส(pellet)

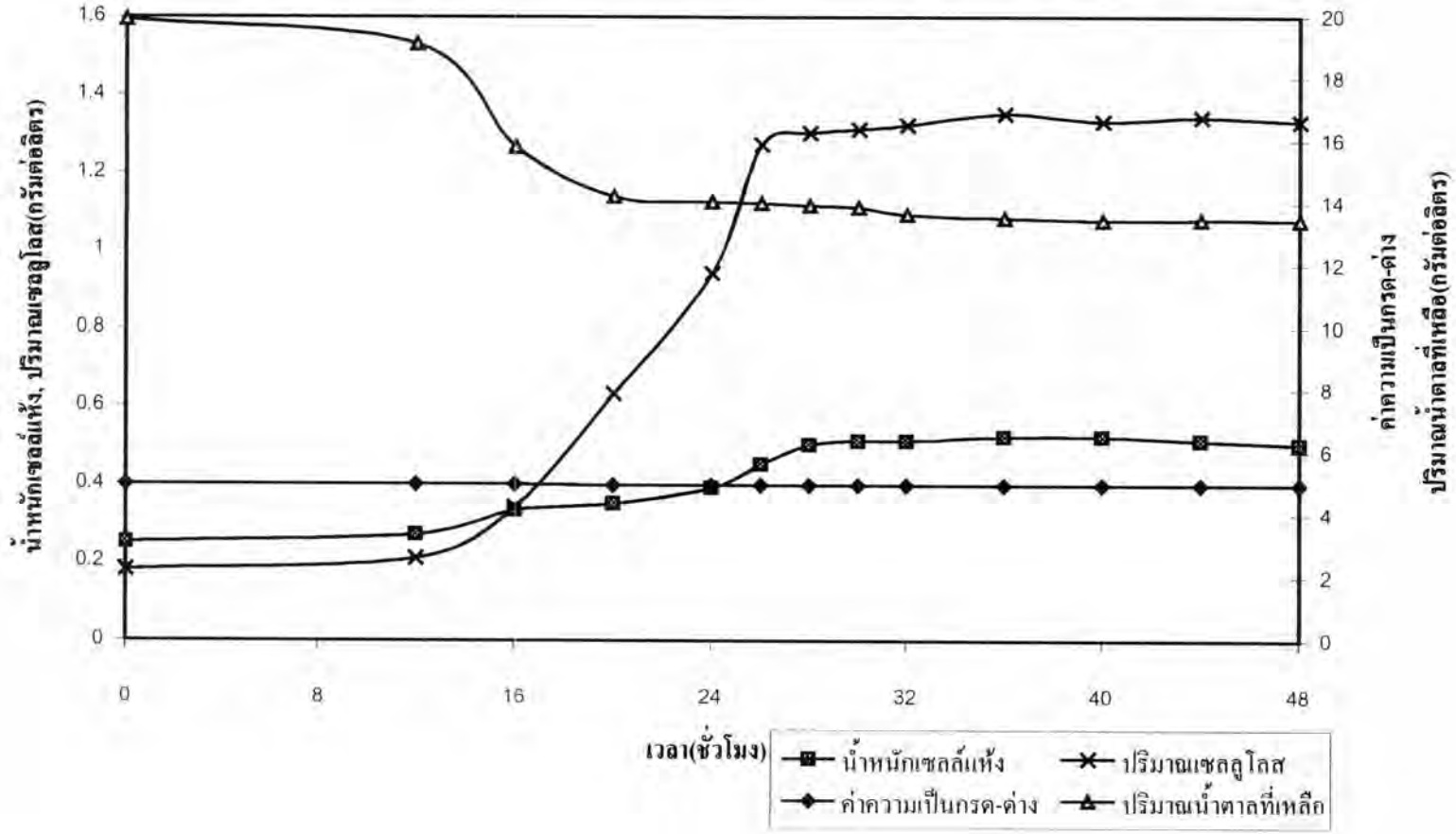
3.6.2 การลดอัตราการกวนในถังหมัก 5 ลิตร

จากผลการทดลองในข้อ 3.6.1 พบว่าเม็ดเซลลูโลส(pellet)ที่ได้มีขนาดเล็กละเอียดมาก น่าจะมีการเพิ่มขนาดเม็ดขึ้นจึงได้ทดลองลดอัตราการกวนให้เหลือเพียง 250 รอบต่อนาทีเพื่อลดแรงเฉือนในถังหมัก ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.6.1 แต่ลดอัตราการกวนจาก 500 รอบต่อนาทีเหลือ 250 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-14 พบว่าการเจริญช้าลงและปริมาณเซลลูโลสลดต่ำลงอย่างมาก น้ำหนักเซลล์แห้งลดลงเหลือ 0.52 กรัมต่อลิตรที่ 36 ชั่วโมง ปริมาณเซลลูโลสลดลงเหลือ 1.35 กรัมต่อลิตรที่ 36 ชั่วโมง ส่วนขนาดของเม็ด(pellet)เซลลูโลสไม่เปลี่ยนแปลงยังมีขนาดเท่าเดิมเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำตาลที่เหลือในถังหมักมีมาก จากผลการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่าการลดอัตราการกวนไม่ได้ช่วยให้ขนาดของ pellet ใหญ่ขึ้นแต่กลับให้ปริมาณเซลล์แห้งและเซลลูโลสลดลง ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะใช้อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3-5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่ระยะเวลาต่างๆในระดับถังหมัก 5 ลิตรและอัตราการกวน 250 รอบต่อนาที

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.25	0.18	19.92
12	5.00	0.27	0.21	19.12
18	5.00	0.32	0.34	15.80
20	5.00	0.35	0.63	14.21
24	5.00	0.39	0.94	14.03
26	5.00	0.45	1.27	14.00
28	4.96	0.50	1.30	13.92
30	4.96	0.51	1.31	13.86
32	4.96	0.51	1.32	13.64
36	4.96	0.52	1.35	13.52
40	4.96	0.52	1.33	13.44
44	4.96	0.51	1.34	13.45
48	4.96	0.50	1.33	13.43

รูปที่ 3-14 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตรโดยใช้สูตรอาหาร F-4 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที



3.6.3 การปรับองค์ประกอบของอาหารสำหรับการผลิตเซลลูโลสในถังหมักขนาด 5 ลิตร

เพื่อเพิ่มปริมาณเซลล์และปริมาณเซลลูโลสจึงทำการทดลองปรับปริมาณขององค์ประกอบอาหารสำหรับการผลิตเซลลูโลสในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟตและโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารสูตร F-4 (ภาคผนวก ก 2.6)

3.6.3.1 การแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ในอาหารสำหรับผลิตเซลลูโลส F-4

เตรียมหัวเชื้อตามการทดลองข้อ 3.2 ถ่ายลงถังหมักขนาด 5 ลิตรที่มีอาหารสูตร F-4 (ภาคผนวก ก 2.6) ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 3.6.1 แต่แปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.4, 0.5 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-6, 3-7, 3-8 และรูปที่ 3-15, 3-16, 3-17, 3-18, 3-19 พบว่าในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)ให้น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุด 4.1 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 28 และปริมาณเซลลูโลส 5.62 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 แต่ที่ชั่วโมง28, 36, 40 มีค่าใกล้เคียงกันจึงใช้สารสกัดจากยีสต์ที่ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3-6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.46	0.58	19.90
12	5.00	0.90	1.04	16.87
16	5.00	1.16	2.02	12.58
20	4.96	3.00	3.38	8.02
24	4.96	3.24	4.66	5.12
28	4.96	3.19	4.38	3.65
32	4.96	3.02	4.54	3.42
36	4.96	2.92	4.72	3.23
40	4.96	2.74	4.96	3.12
44	4.96	2.98	4.02	2.57
48	4.96	2.92	3.92	2.24

ตารางที่ 3-7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมักที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.50	19.92
12	5.00	0.66	1.34	17.22
16	5.00	0.86	2.86	15.48
20	4.96	1.66	3.48	11.21
24	4.96	2.14	3.97	8.38
28	4.96	4.14	4.93	3.42
32	4.96	4.32	4.94	3.20
36	4.96	4.30	4.74	3.02
40	4.96	4.28	4.36	2.68
44	4.96	4.18	3.44	2.24
48	4.96	4.02	3.50	2.14

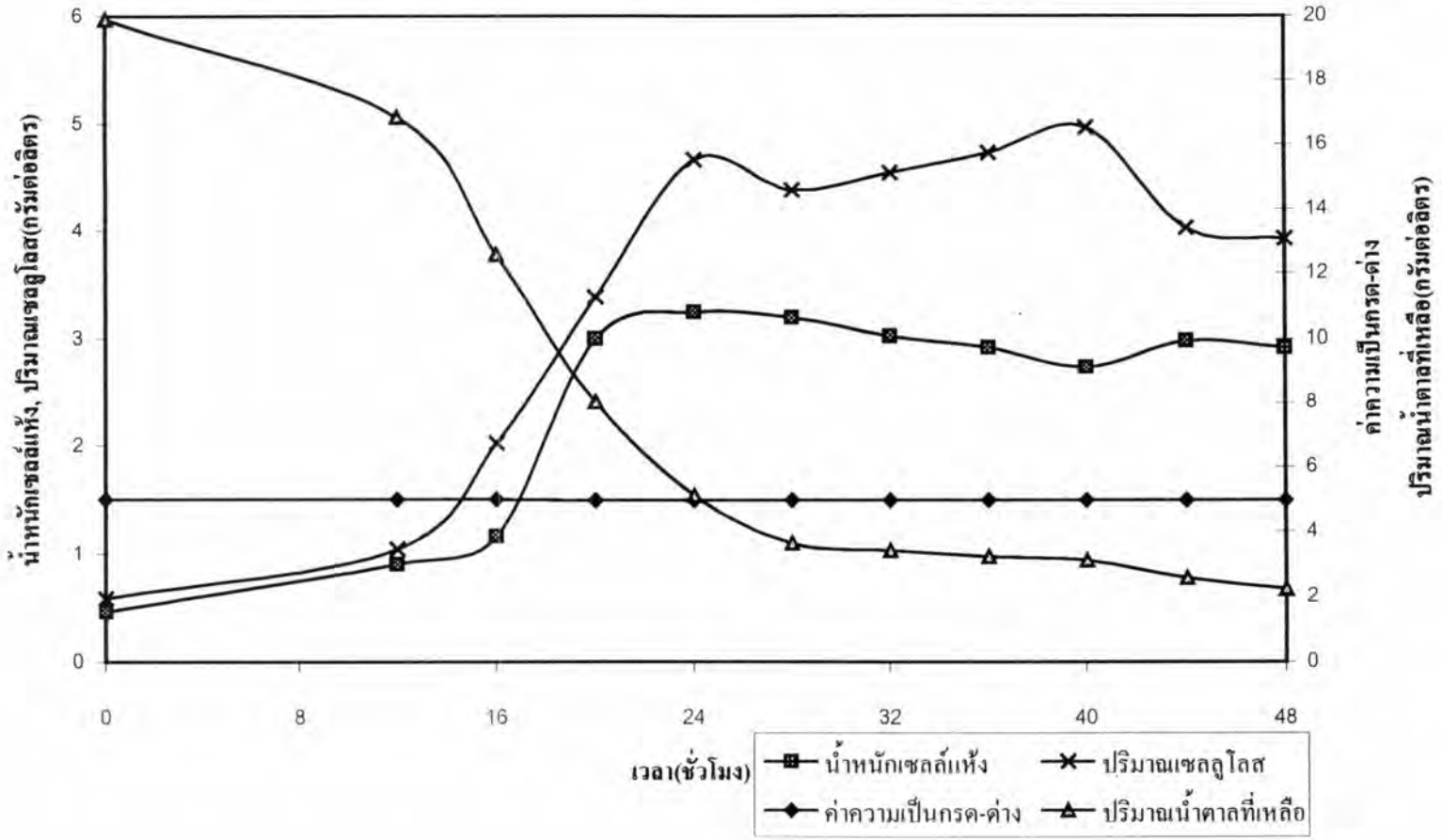
ตารางที่ 3-8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมักที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.46	0.52	19.86
12	5.00	1.22	1.88	16.43
16	5.00	1.58	2.89	13.72
20	4.96	2.42	3.64	8.32
24	4.96	3.90	4.52	4.72
28	4.96	4.10	5.44	3.14
32	4.96	3.84	4.80	2.96

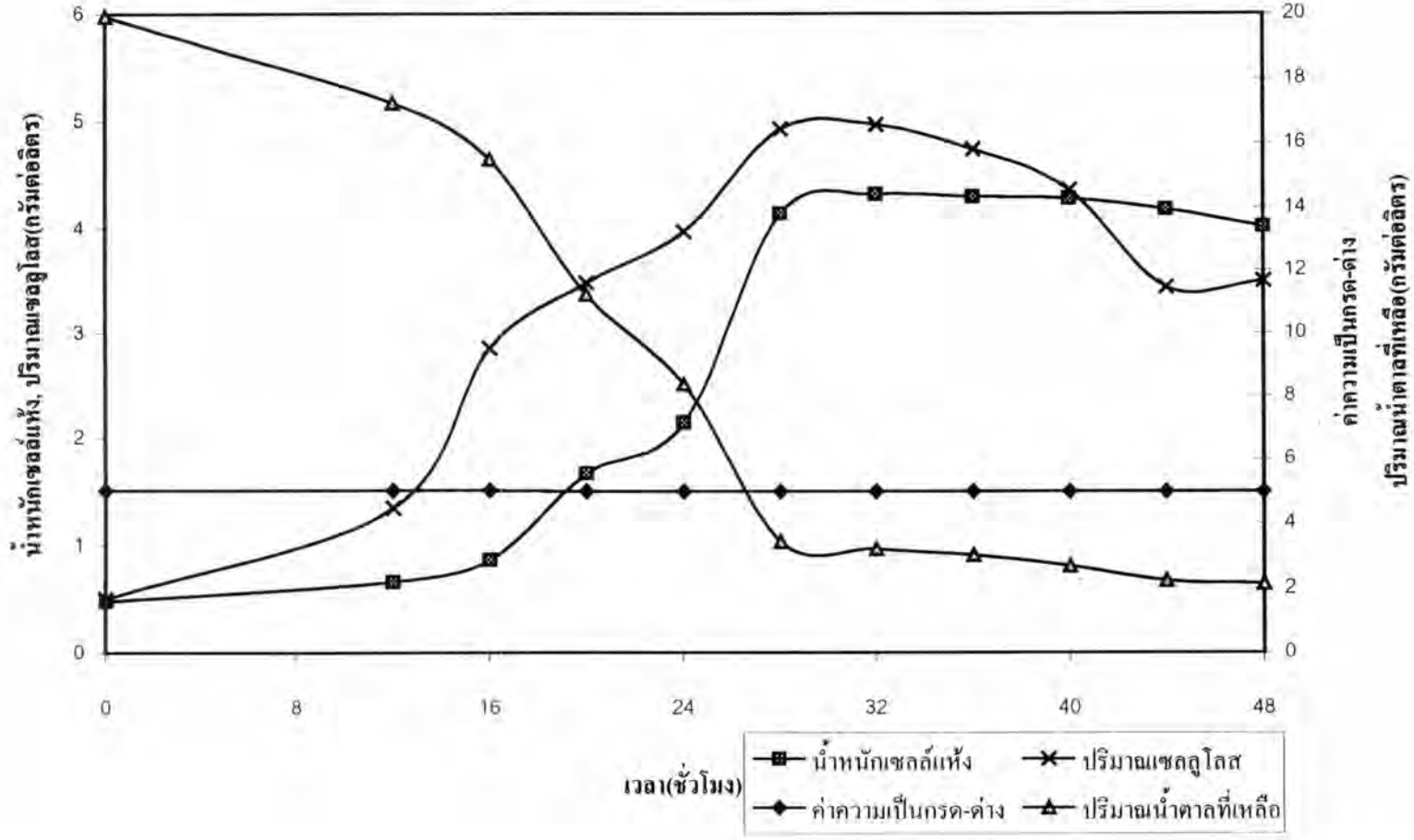
ตารางที่ 3-8 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
36	4.96	3.90	5.56	2.57
40	4.96	3.84	5.62	2.39
44	4.96	3.76	5.56	1.97
48	4.96	3.74	4.14	1.82

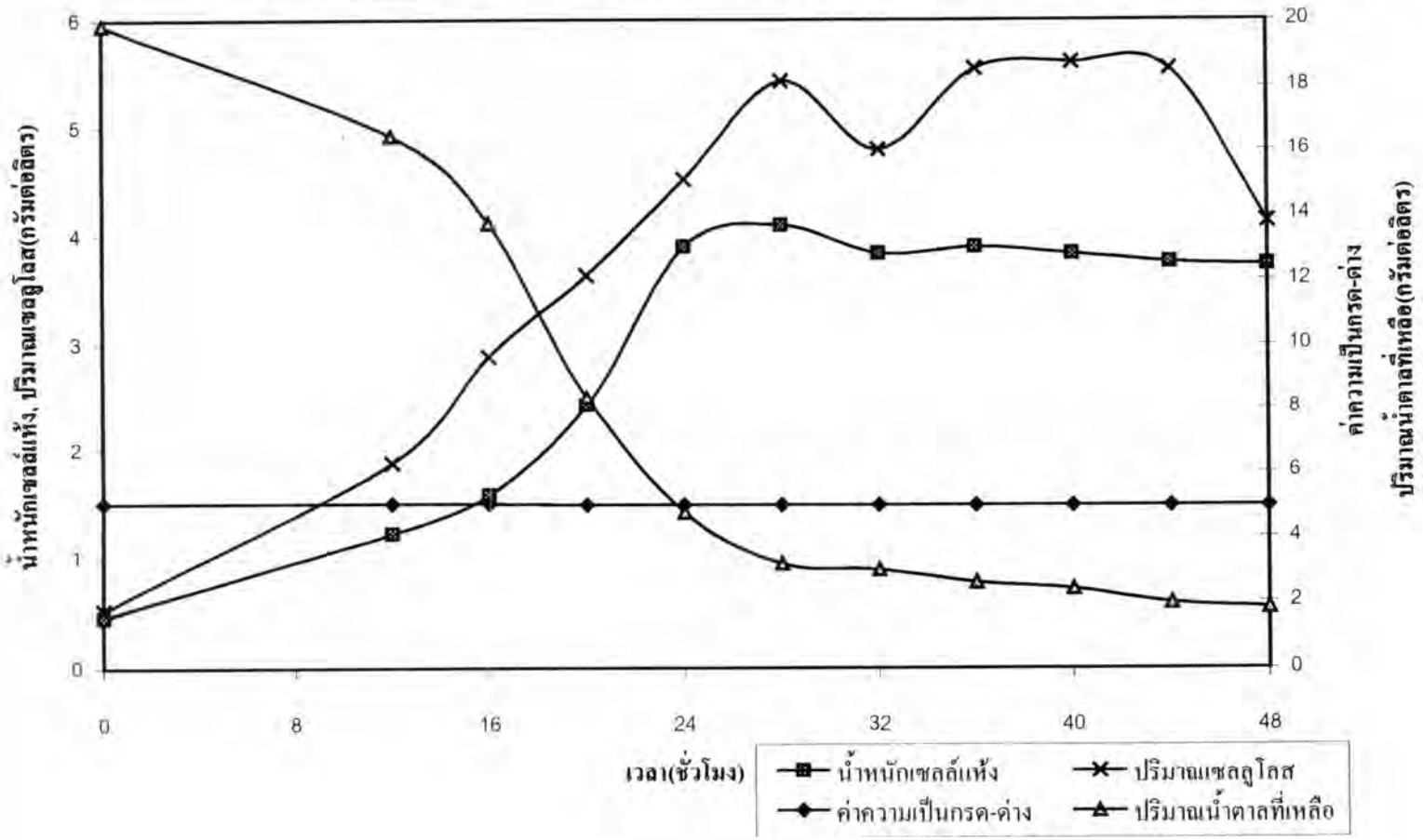
รูปที่ 3-15 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



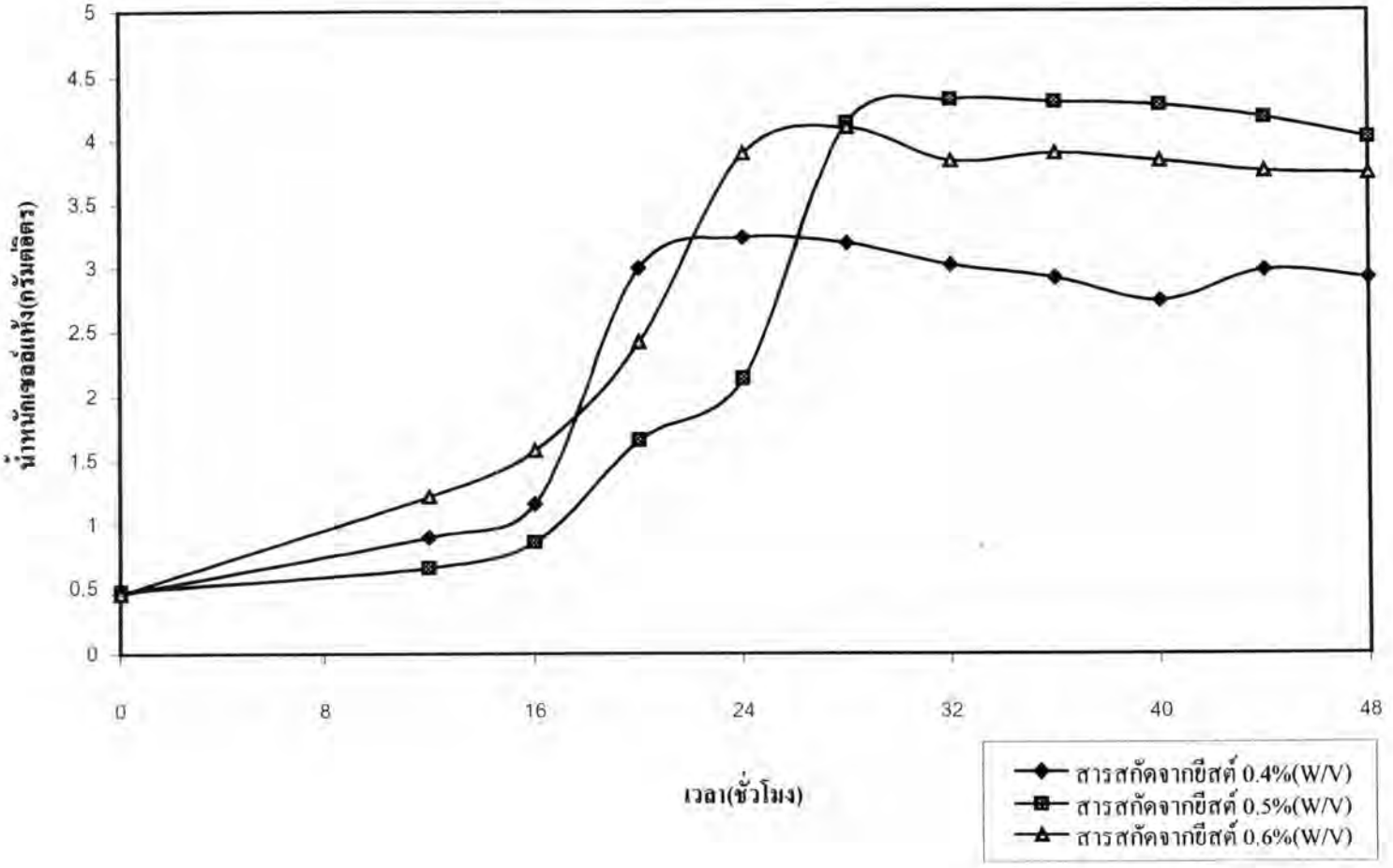
รูปที่ 3-16 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหารที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร ปั่นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



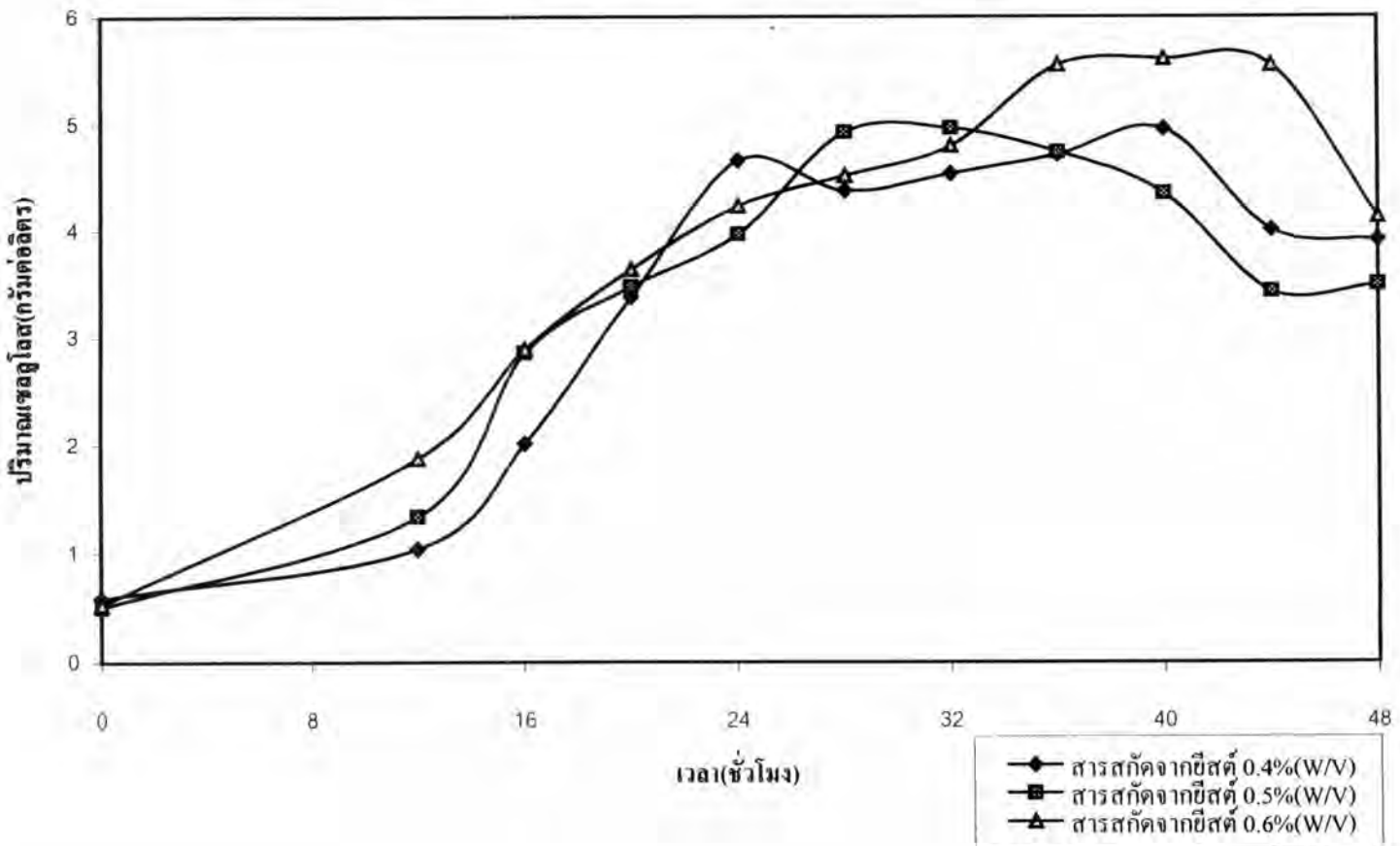
รูปที่ 3-17 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3-18 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่แปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ เป็น 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)ในถังหมัก 5 ลิตร



รูปที่ 3-19 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่แปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ เป็น 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



3.6.3.2 การแปรผันปริมาณเพปโทนในอาหาร F-4 ที่มีปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)

จากผลทดลองข้อ 3.6.3.1 ได้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์ที่เหมาะสมคือ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)จึงได้แปรผันปริมาณเพปโทนในการทดลองนี้ โดยเตรียมหัวเชื้อตามการทดลองข้อ 3.2 ถ่ายลงถังหมักขนาด 5 ลิตรที่มีอาหารสูตร F-4 (ภาคผนวก ก 2.6)ที่ใช้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) และแปรผันปริมาณเพปโทนเป็น 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 3.6.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-9, 3-10, 3-11 และรูปที่ 3-20, 3-21, 3-22, 3-23 และ 3-24 พบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยงในอาหาร F-4 ที่มีปริมาณเพปโทนเป็น 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)เท่ากับ 4.32 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 32 และปริมาณเซลลูโลส 5.72 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่32 แต่ชั่วโมงที่ 28 ก็ให้เซลลูโลสต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสพบว่าปริมาณเพปโทน 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ให้เซลลูโลสไม่ต่างกันมาก จึงใช้ปริมาณเพปโทนที่ 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3-9 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) และปริมาณเพปโทน 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.45	0.52	19.94
12	5.00	1.02	1.54	16.80
16	5.00	1.21	2.45	13.96
20	4.96	2.24	3.31	9.64
24	4.96	3.54	3.89	5.34
28	4.96	3.86	5.08	3.57
32	4.96	3.92	5.16	2.91
36	4.96	3.89	5.15	2.02
40	4.96	3.84	4.98	1.56
44	4.96	3.76	4.93	1.24
48	4.96	3.82	4.82	1.19

ตารางที่ 3-10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) และปริมาณเพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.50	19.95
12	5.00	1.18	1.76	16.40
16	5.00	1.46	3.12	13.64
20	4.96	2.40	3.61	8.41
24	4.96	3.85	4.67	4.64
28	4.96	4.18	5.62	2.98
32	4.96	4.32	5.72	2.54
36	4.96	4.24	5.61	1.30
40	4.96	4.20	5.51	1.26
44	4.96	4.22	5.55	0.76
48	4.96	4.20	5.20	0.72

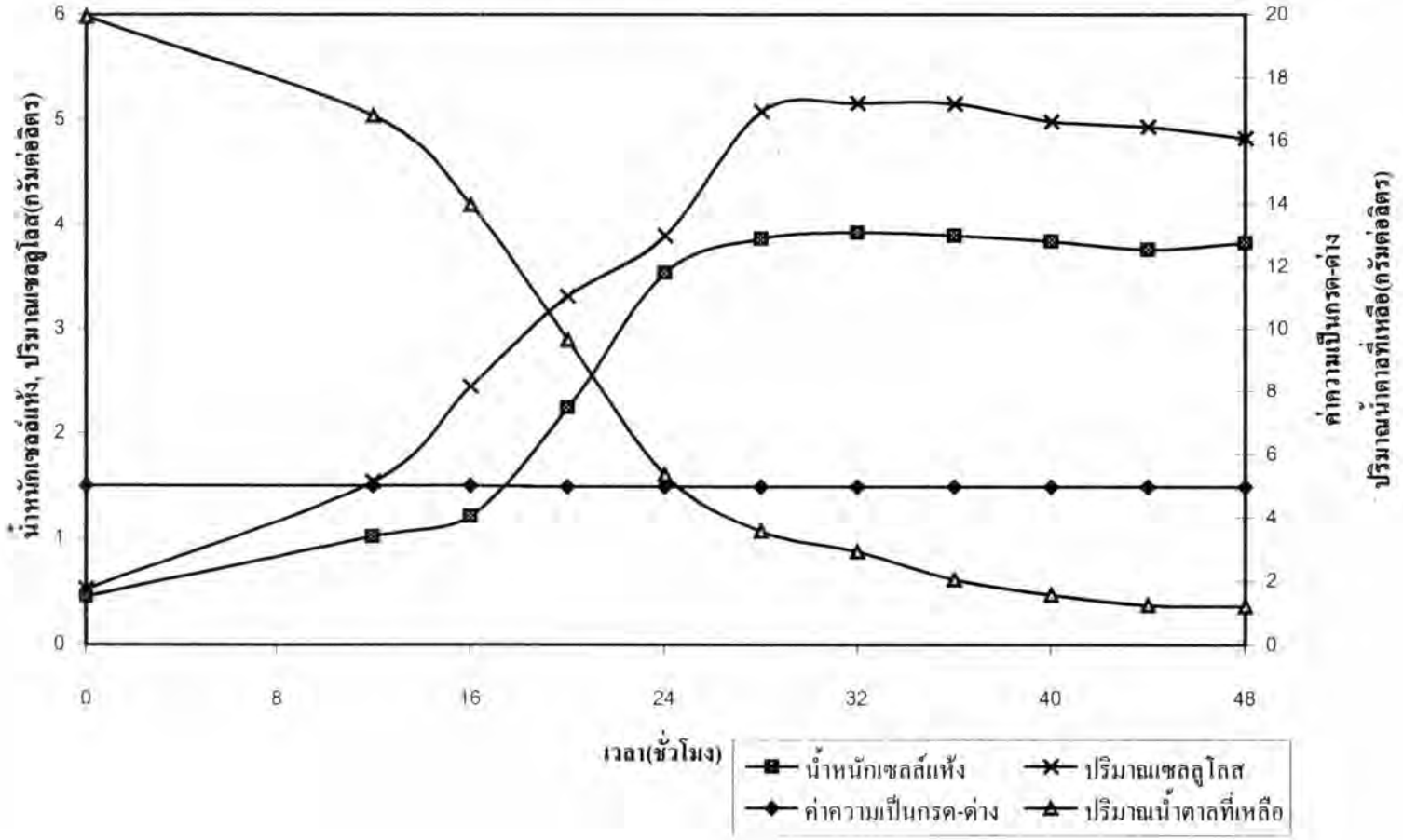
ตารางที่ 3-11 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) และปริมาณเพปโทน 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.46	0.51	19.92
12	5.00	1.20	1.78	16.32
16	5.00	1.42	2.84	13.79
20	4.96	2.38	3.75	8.48
24	4.96	3.82	4.58	4.82
28	4.96	4.08	5.32	3.12
32	4.96	4.24	5.57	2.68

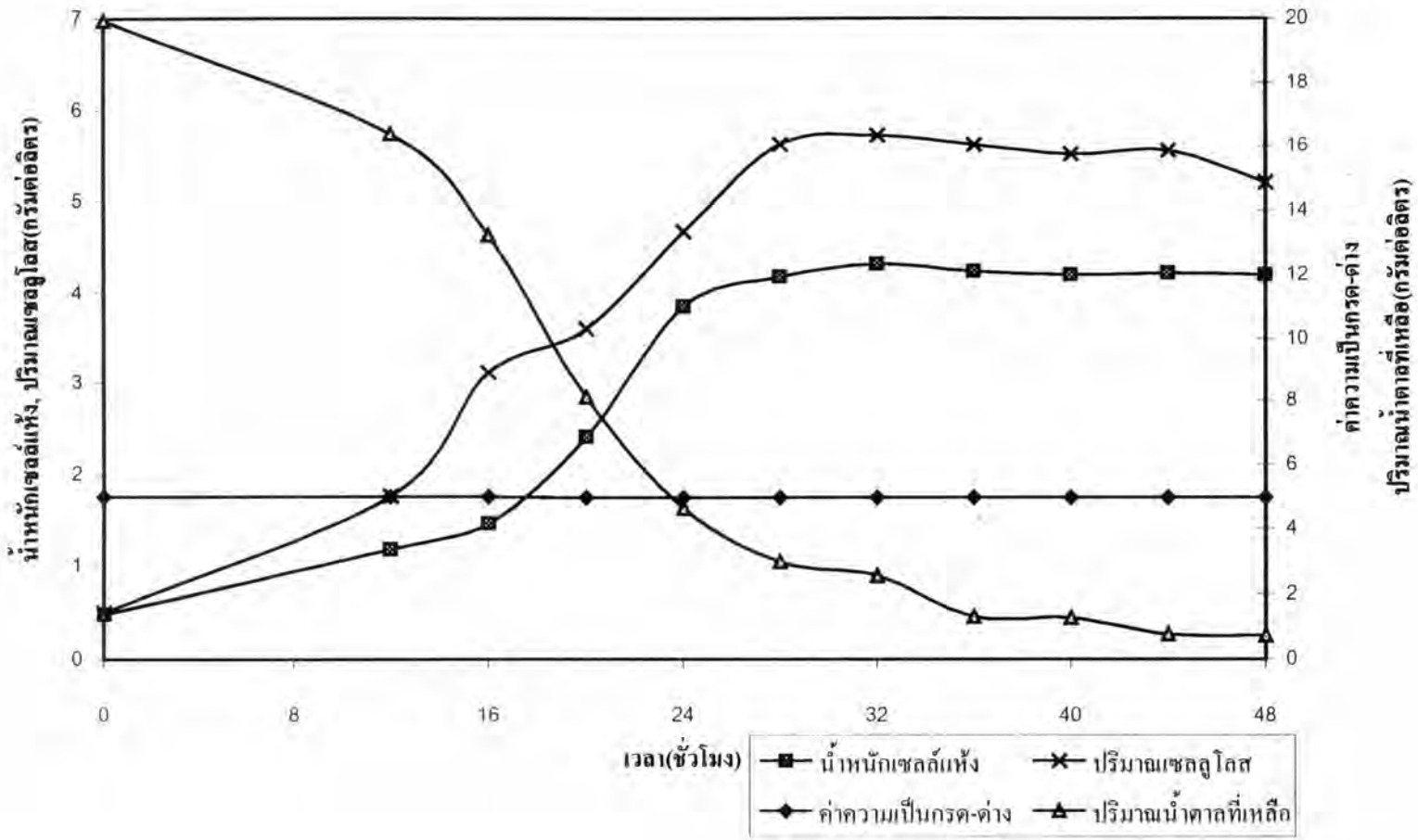
ตารางที่ 3-11 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
36	4.96	4.22	5.41	1.45
40	4.96	4.20	5.47	1.32
44	4.96	4.18	5.20	0.92
48	4.96	4.20	5.28	0.81

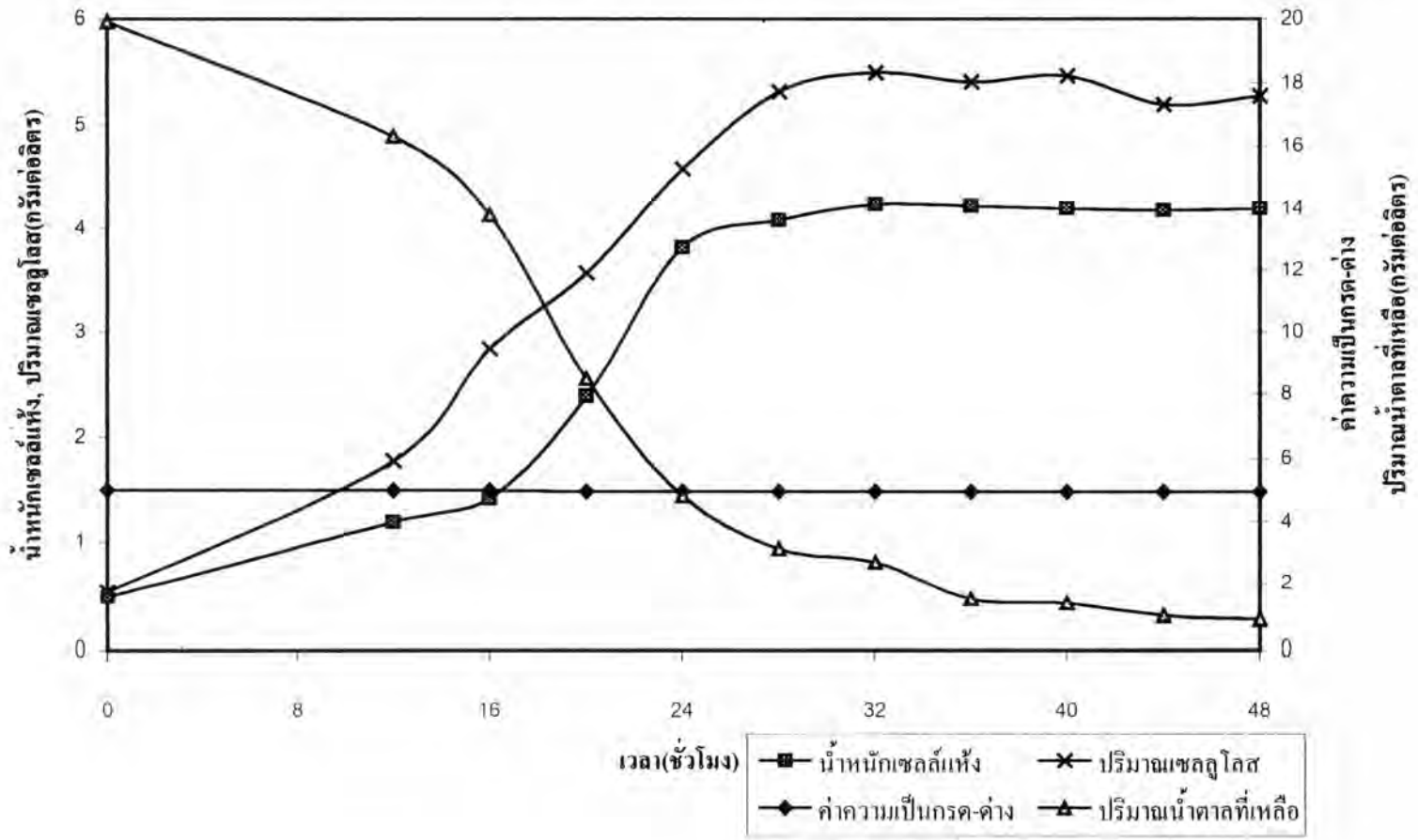
รูปที่ 3-20 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์(W/V) และ เพปโทน 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



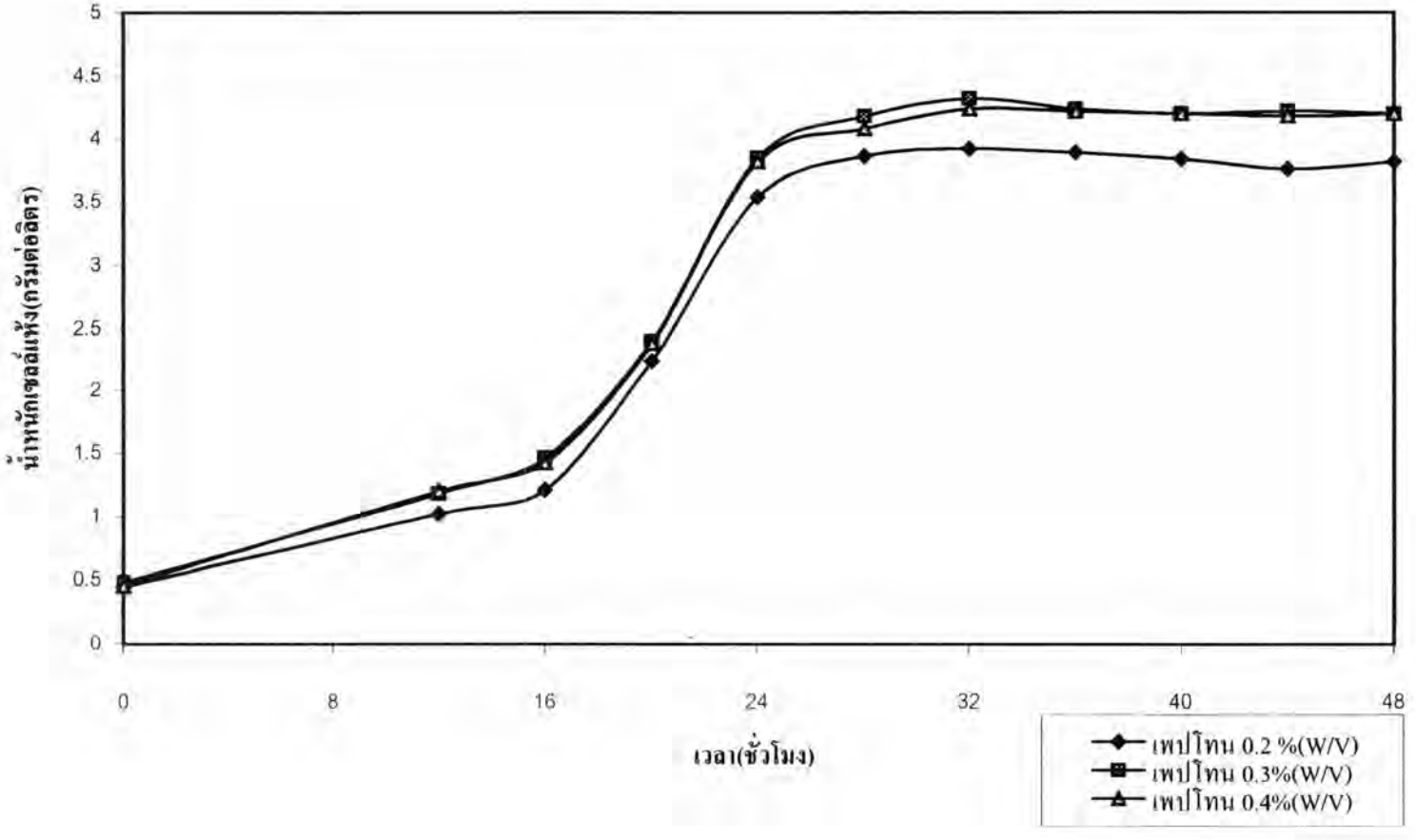
รูปที่ 3-21 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์(W/V) และเพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



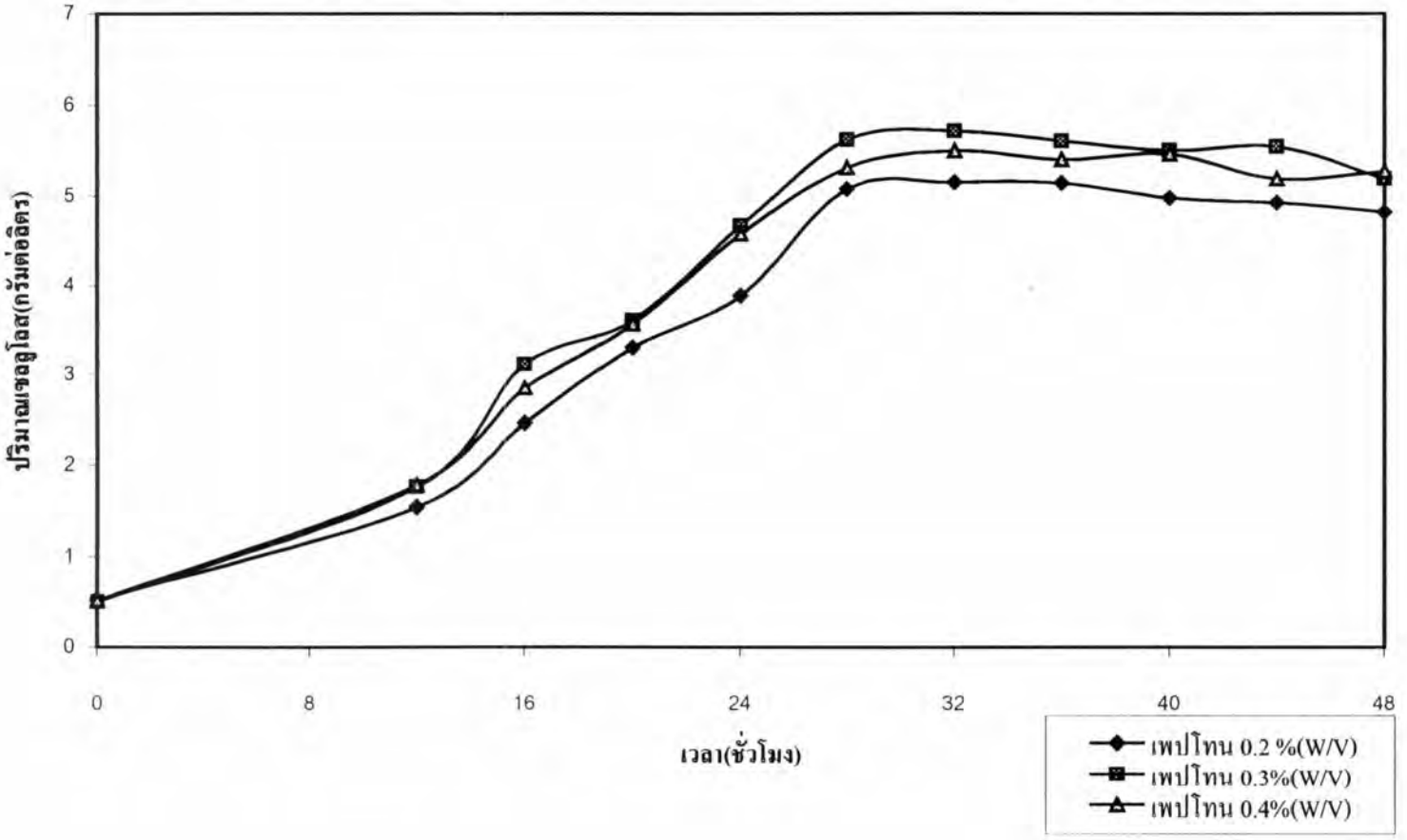
รูปที่ 3-22 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์(W/V) และเพปโทน 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



รูปที่ 3-23 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 และแปรผันปริมาณเพปโทนเป็น 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



รูปที่ 3-24 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 และแปรผันปริมาณเพปโทนเป็น 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



3.6.3.3 การแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตในอาหารสูตร F-4 ที่มีปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)และปริมาณเพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)

จากผลทดลองข้อ 3.6.3.2 และได้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์และปริมาณเพปโทนที่เหมาะสมในอาหารสูตร F-4 เป็น 0.6 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ ในการทดลองนี้จะหาปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมซึ่งเดิมใช้อยู่ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) โดยแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)และดำเนินการทดลองตามข้อ 3.6.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-12, 3-13, 3-14 และรูปที่ 3-25, 3-26, 3-27, 3-28, 3-29 พบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ให้ปริมาณสูงสุด 4.39 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,32 และเซลลูโลสเท่ากับ 5.58 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,31 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเซลล์แห้งและเซลลูโลสพบว่าปริมาณเซลล์แห้งและเซลลูโลสในอาหารที่มีแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)สูงสุดรองลงมาคือ 0.3 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ จึงใช้ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3-12 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.1 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.50	19.93
12	5.00	1.12	1.20	16.65
16	5.00	1..24	1.87	14.32
20	4.96	2.10	2.89	10.21
24	4.96	3.42	3.89	5.38
28	4.96	3.88	4.21	3.42
32	4.96	4.02	4.13	2.97
36	4.96	4.18	4.23	2.19
40	4.96	4.14	4.26	1.87
44	4.96	4.12	4.21	1.61
48	4.96	3.81	4.12	1.54

ตารางที่ 3-13 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.47	0.51	19.94
12	5.00	1.20	1.82	16.36
16	5.00	1.48	3.07	13.6
20	4.96	2.47	3.62	8.52
24	4.96	3.92	4.52	4.48
28	4.96	4.21	5.53	2.81
32	4.96	4.36	5.37	2.52
36	4.96	4.39	5.58	1.27
40	4.96	4.28	5.56	1.16
44	4.96	4.30	5.50	0.82
48	4.96	4.29	5.32	0.79

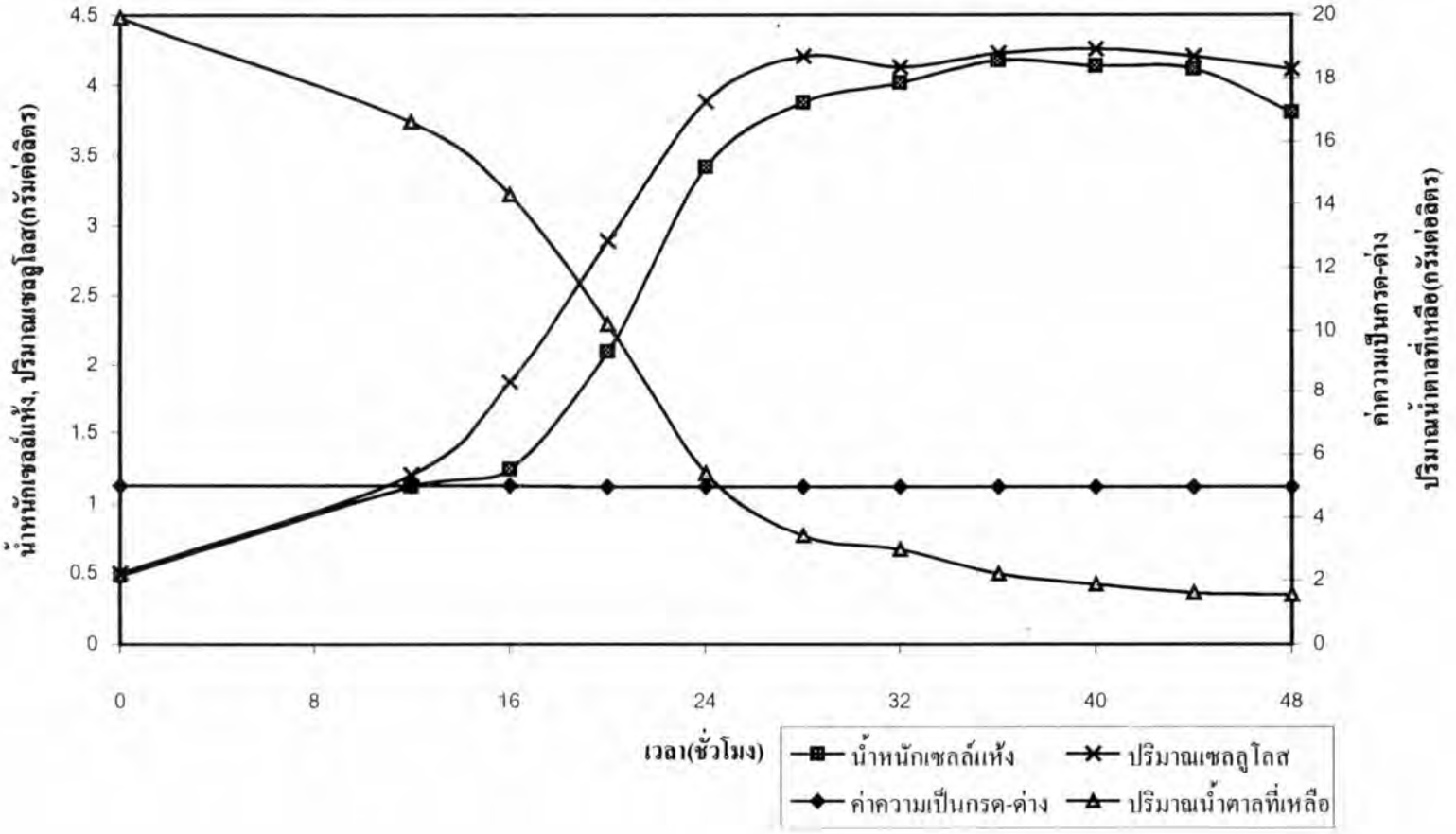
ตารางที่ 3-14 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.50	19.97
12	5.00	1.15	1.70	16.52
16	5.00	1.43	2.67	13.64
20	4.96	2.20	3.47	8.92
24	4.96	3.58	4.28	5.08
28	4.96	4.01	5.25	3.22

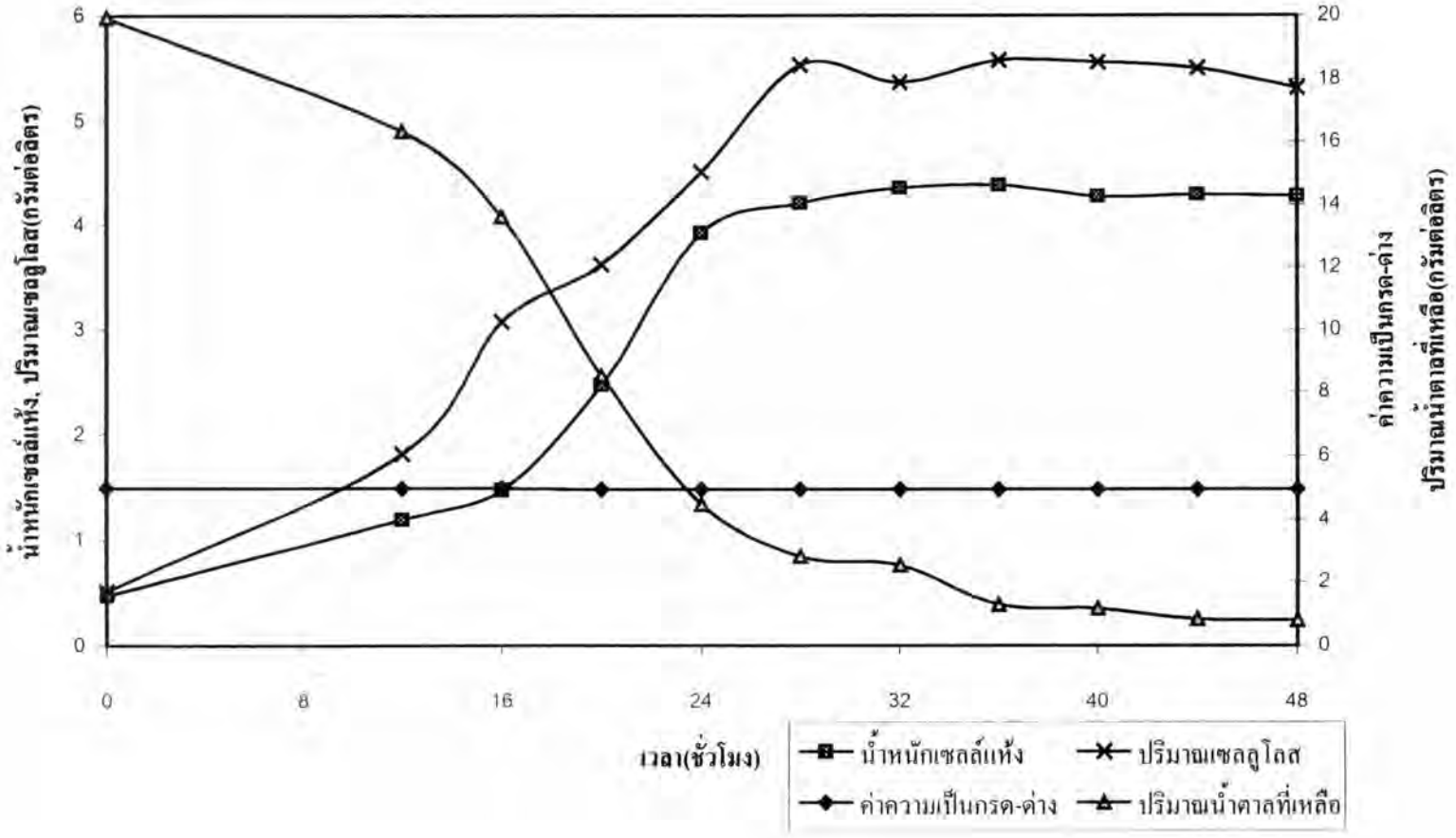
ตารางที่ 3-14 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
32	4.96	4.28	5.31	2.74
36	4.96	4.32	5.35	1.25
40	4.96	4.36	5.23	0.97
44	4.96	4.35	5.21	0.74
48	4.96	4.32	5.22	0.71

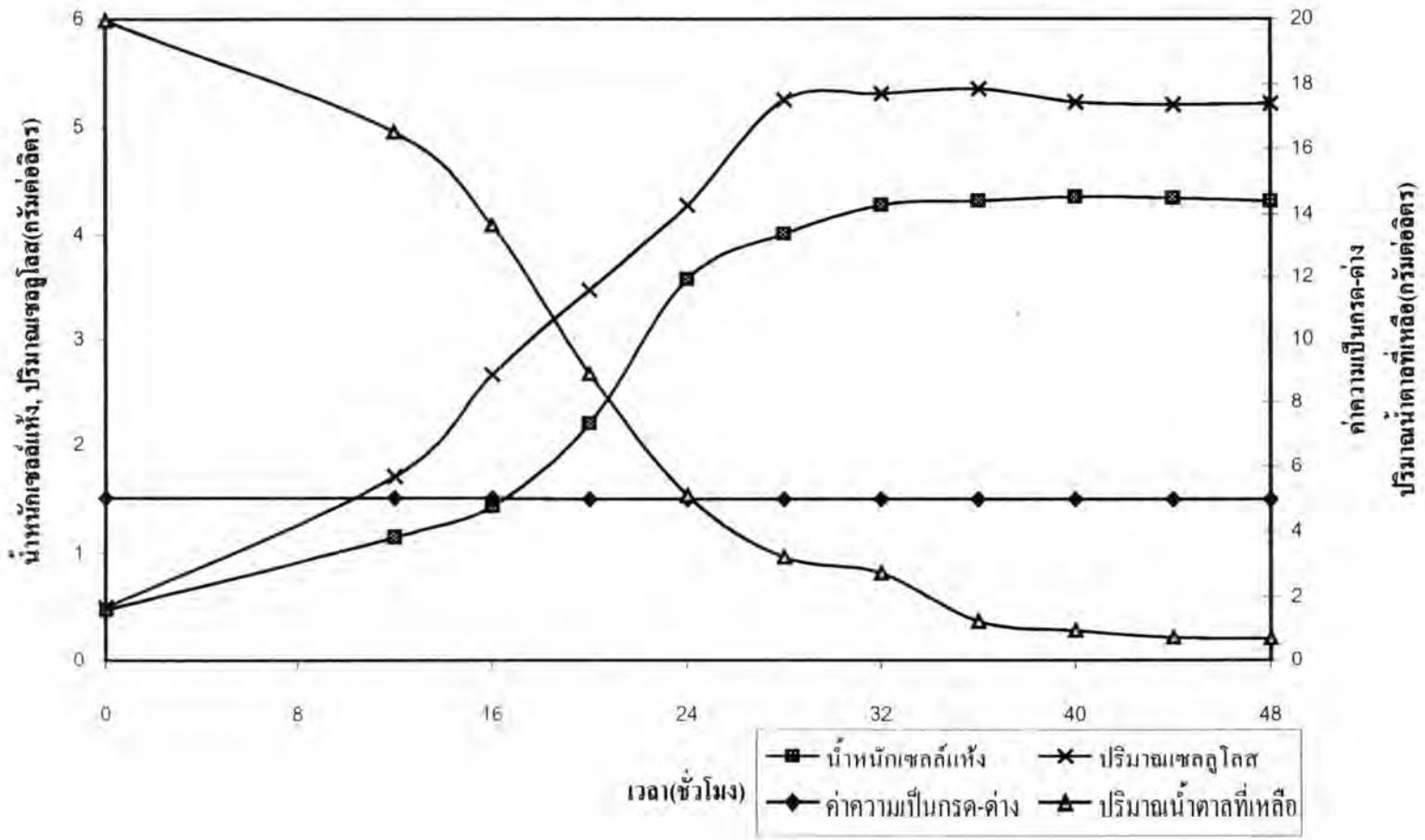
รูปที่ 3-25 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ใน อาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3, 0.1 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



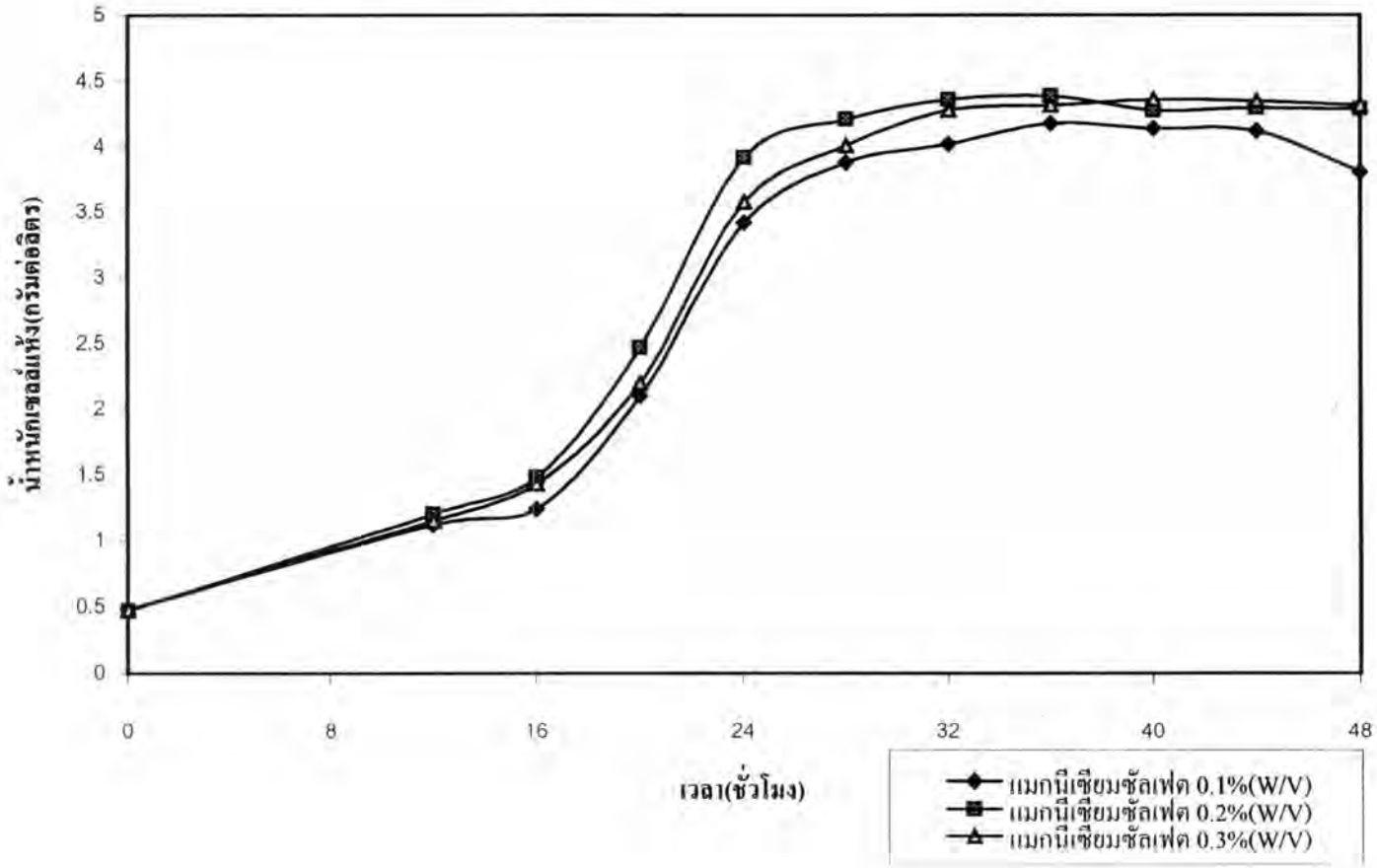
รูปที่ 3-26 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3, 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



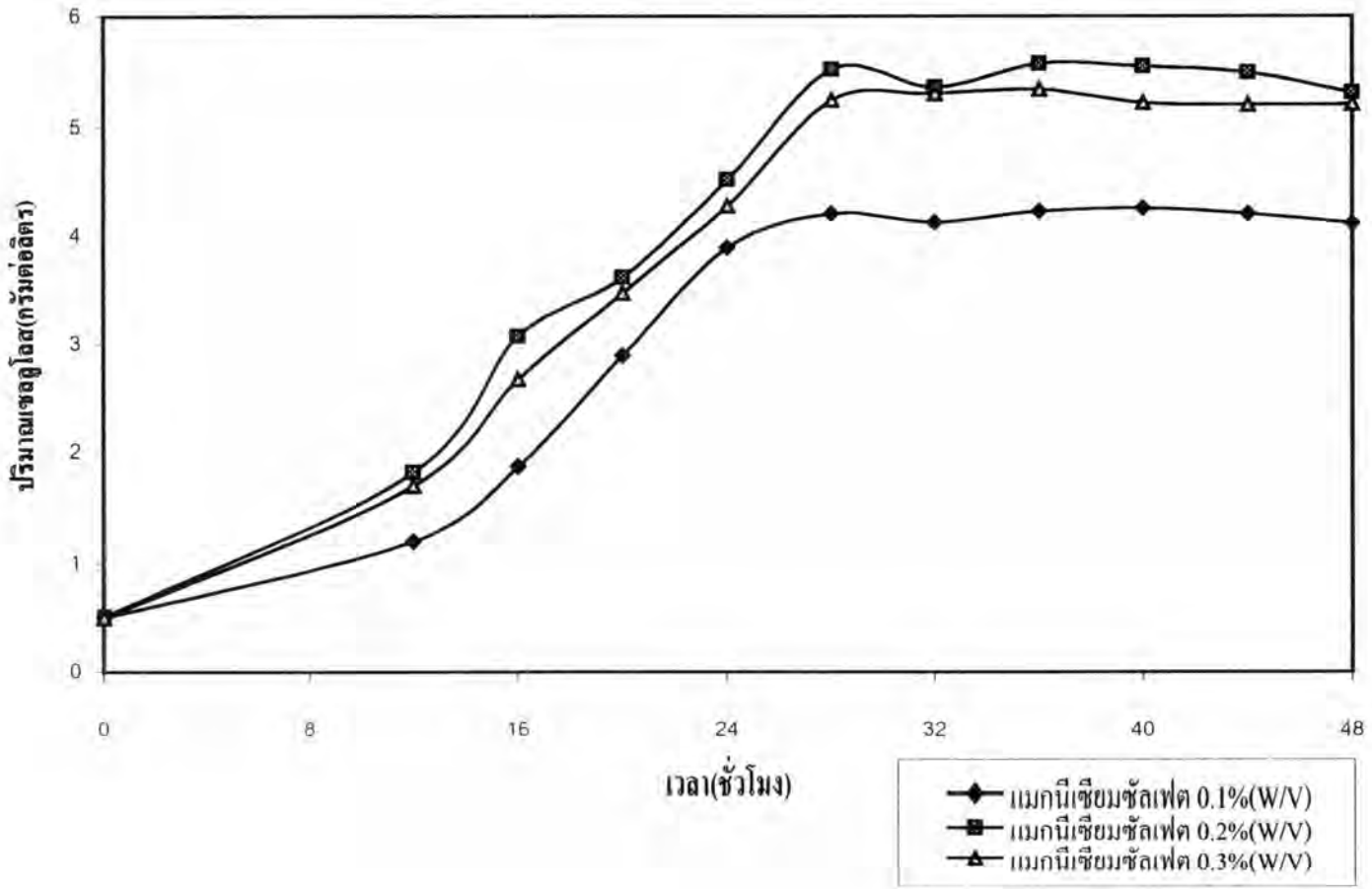
รูปที่3-27 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ใน อาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3, 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร



รูปที่ 3-28 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทนเป็น0.6,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) และแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.1,0.2,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)



รูปที่ 3-29 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทนเป็น0.6,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) และแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเป็น 0.1,0.2,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)



3.6.3.4 การแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตในอาหารสูตร F-4 ที่มีปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)ปริมาณเพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/Vและปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)

จากผลการทดลองข้อ 3.6.3.3 ได้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์ ปริมาณเพปโทนและปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมในอาหารสูตร F-4 เป็น 0.6, 0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ ในการทดลองนี้จะหาปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมซึ่งเดิมใช้อยู่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) โดยแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0.4, 0.5 และ0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)และดำเนินการทดลองตามข้อ 3.6.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-15, 3-16, 3-17 และรูปที่ 3-30, 3-31, 3-32, 3-33, 3-34 พบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งในอาหารที่มีปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ให้ปริมาณสูงสุด 4.28 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 32 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,36 และปริมาณเซลลูโลสเท่ากับ 5.60 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 32 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,36 เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณเซลลูโลสพบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณเซลลูโลสในอาหารที่มีปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)สูงสุด รองลงมาคือ 0.4 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ จึงใช้ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 3-15 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทนและแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.47	0.52	19.98
12	5.00	1.08	1.48	16.82
16	5.00	1.28	2.52	13.92
20	4.96	2.27	3.29	9.58
24	4.96	3.59	4.32	5.32
28	4.96	4.02	5.08	3.21
32	4.96	4.13	5.48	2.86
36	4.96	4.15	5.49	2.13
40	4.96	4.12	5.40	1.72
44	4.96	4.13	5.41	1.41
48	4.96	4.11	5.35	1.04

ตารางที่ 3-16 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทนและแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.45	0.51	19.96
12	5.00	1.16	1.59	16.45
16	5.00	1.42	2.89	13.65
20	4.96	2.35	3.53	8.57
24	4.96	3.80	4.56	4.71
28	4.96	4.15	5.48	2.97
32	4.96	4.28	5.60	2.56
36	4.96	4.21	5.57	1.32
40	4.96	4.22	5.53	1.24
44	4.96	4.21	5.46	0.87
48	4.96	4.18	5.42	0.75

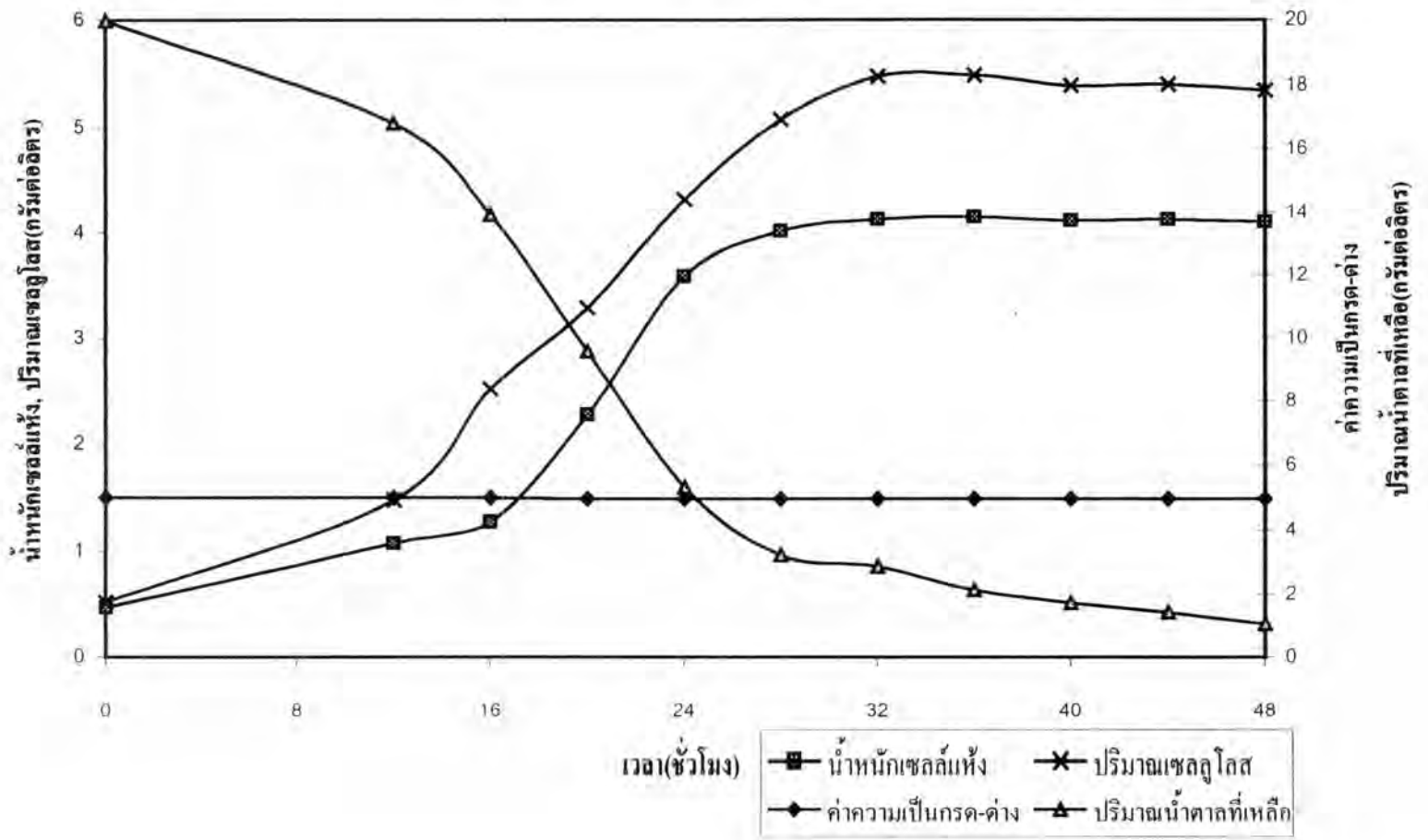
ตารางที่ 3-17 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทนและแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.46	0.50	19.96
12	5.00	0.87	1.19	17.48
16	5.00	1.07	1.87	14.97
20	4.96	2.01	2.72	10.86
24	4.96	2.94	3.81	7.54
28	4.96	3.67	4.71	5.09
32	4.96	3.72	4.89	4.57

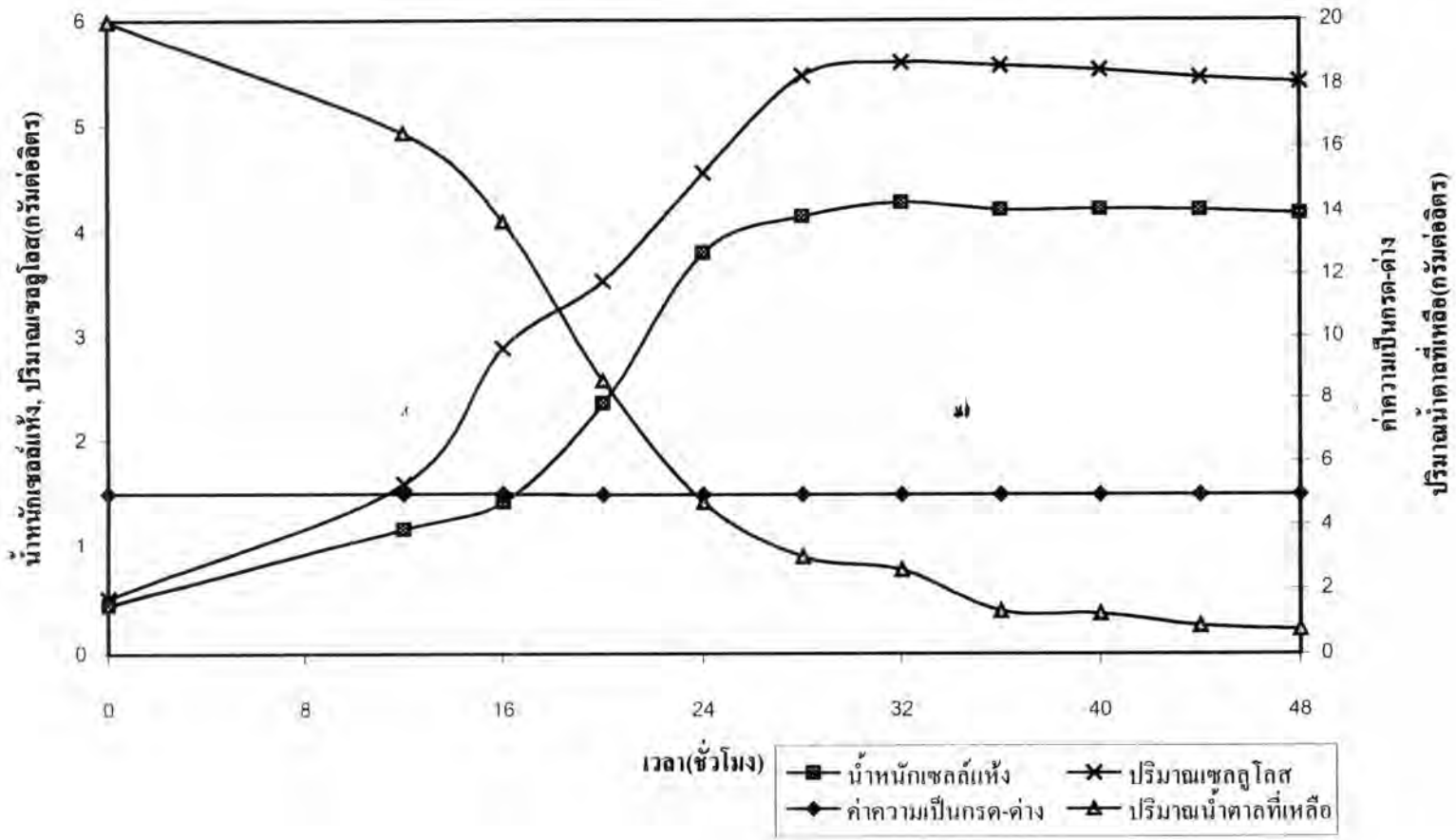
ตารางที่ 3-17 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
36	4.96	3.75	4.95	3.21
40	4.96	3.68	4.82	2.84
44	4.96	3.69	5.09	2.65
48	4.96	3.71	4.98	2.34

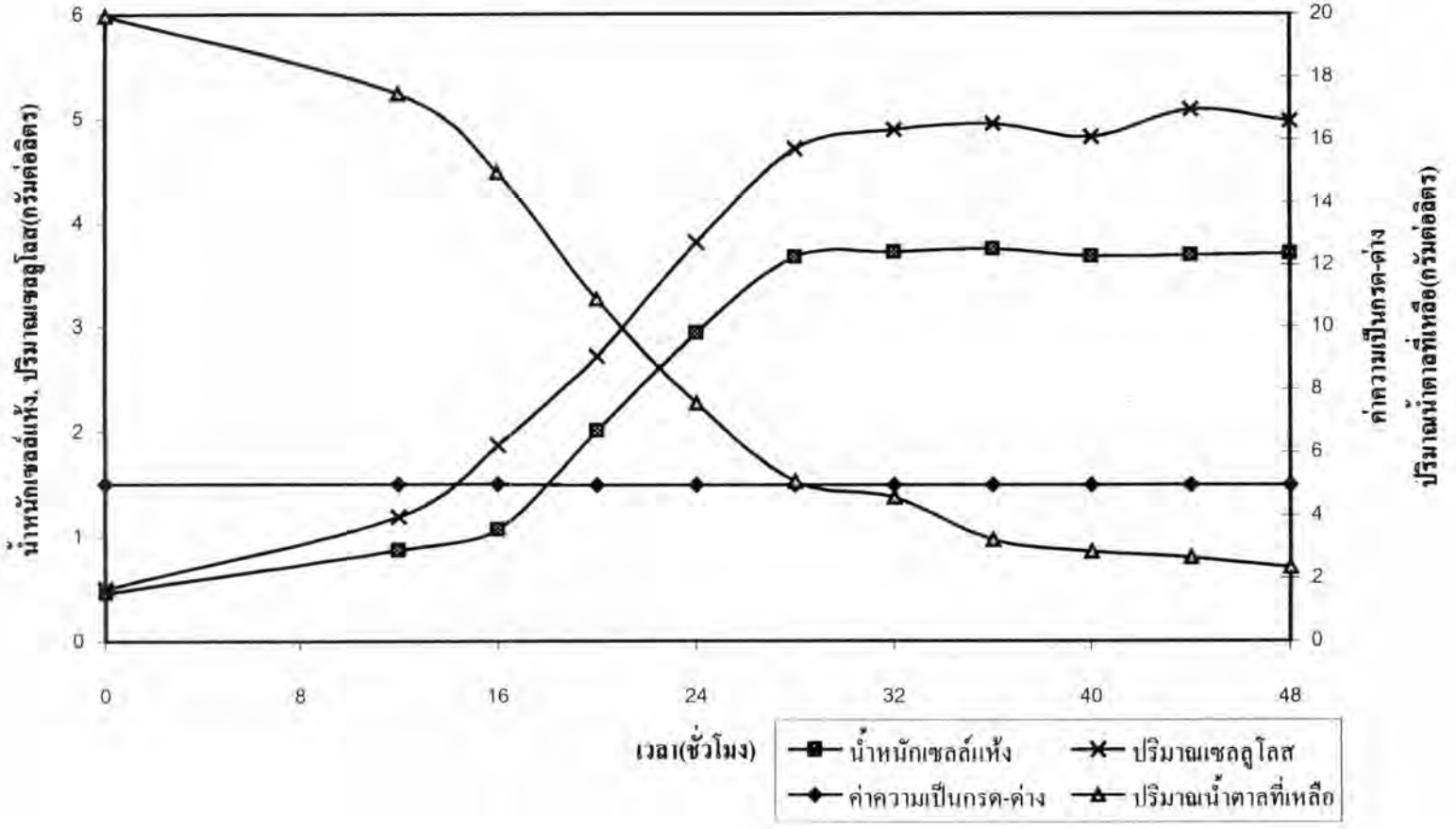
รูปที่ 3-30 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



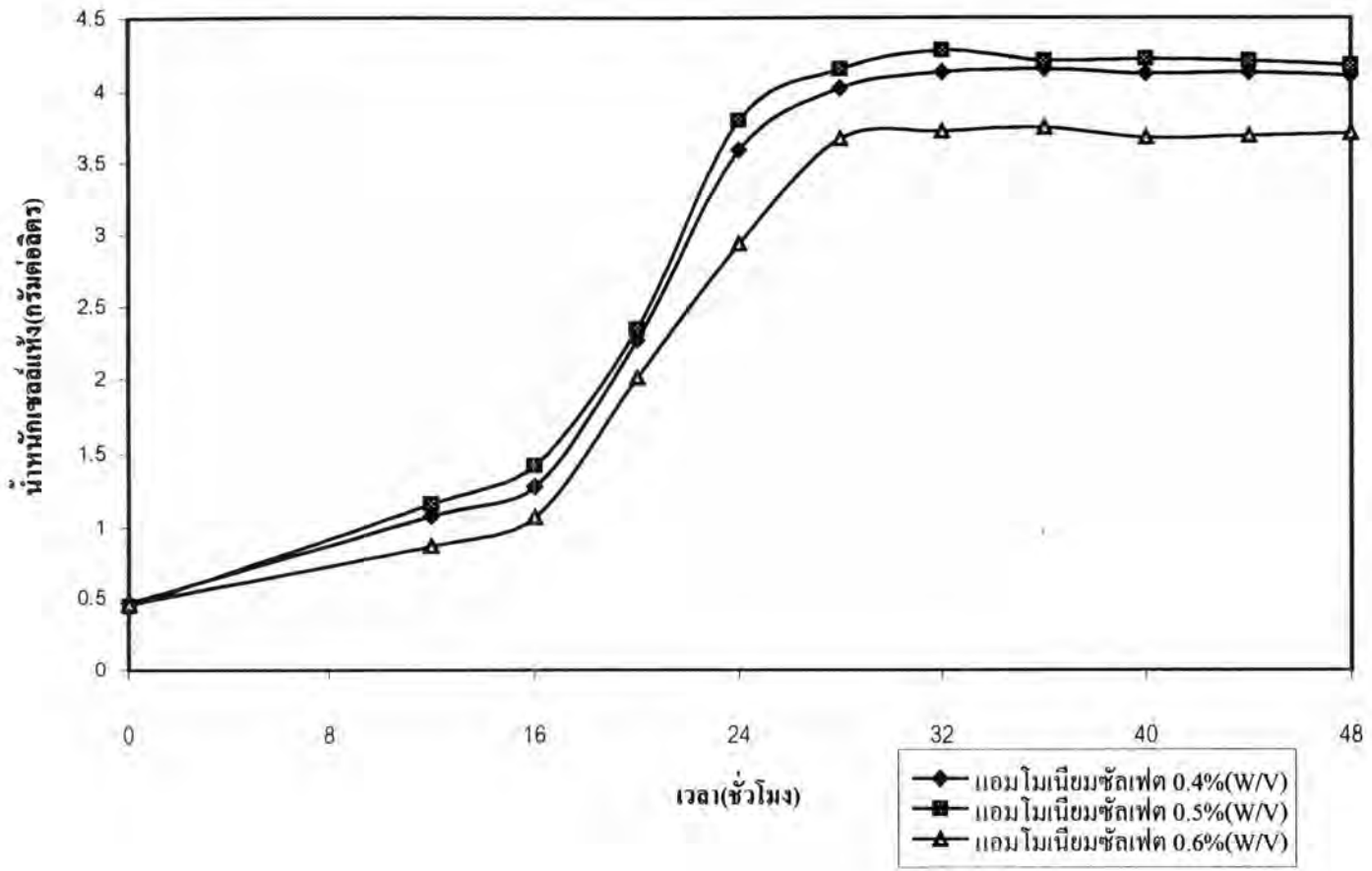
รูปที่ 3-31 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



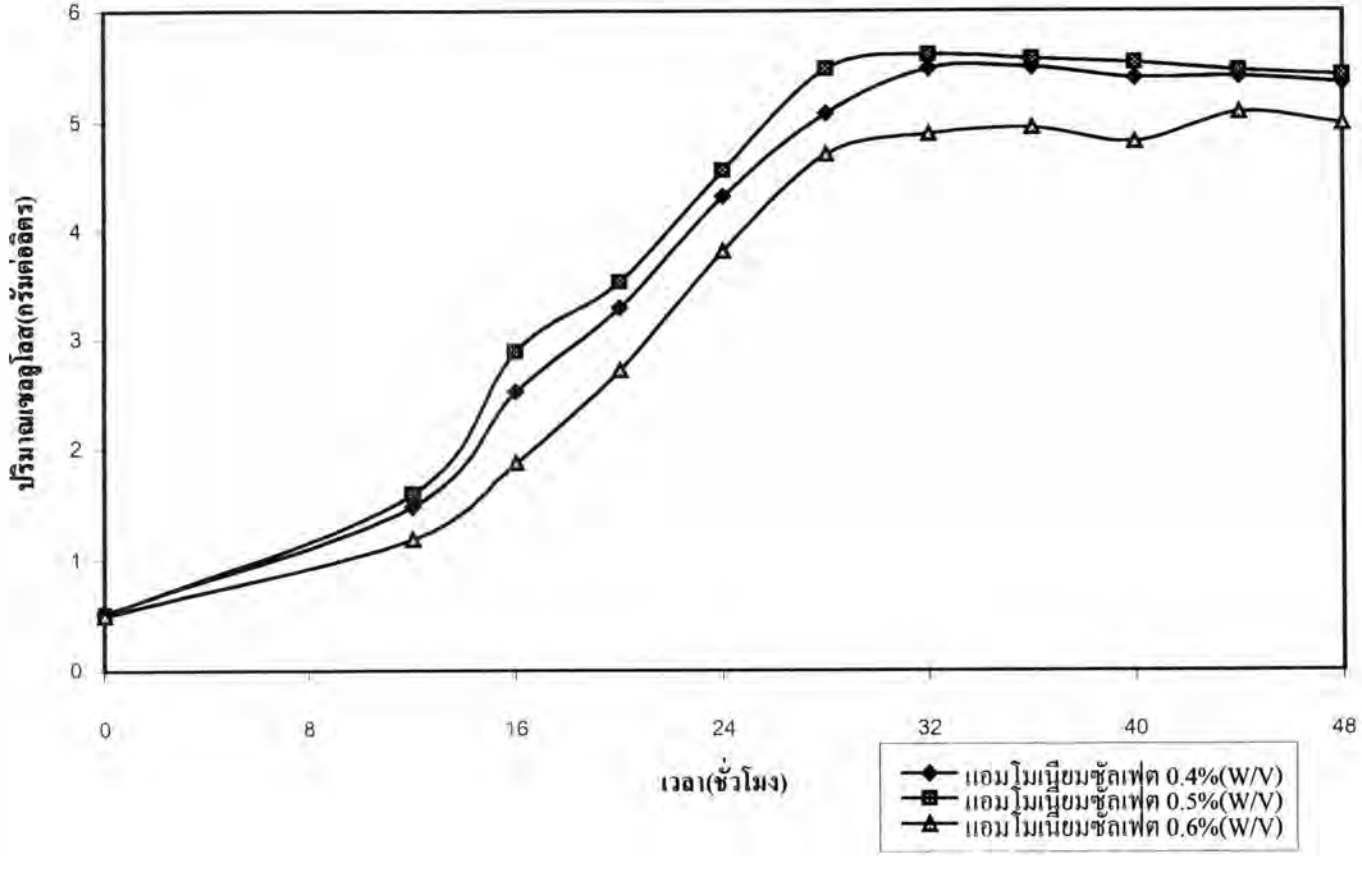
รูปที่ 3-32 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



รูปที่ 3-33 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)



รูปที่ 3-34 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V)



3.6.3.5 การแปรผันปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ในอาหารสูตร F-4 ที่มีปริมาณสารสกัดจากยีสต์เป็น 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V) เพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) แมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)

จากผลการทดลองข้อ 3.6.3.4 และได้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์ เพปโทน แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมในอาหารสูตร F-4 เป็น 0.6, 0.3, 0.2 และ0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ ในการทดลองนี้จะหาปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมซึ่งเดิมใช้อยู่ 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) โดยแปรผันปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็น 0.2, 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V)และดำเนินการทดลองตามข้อ 3.6.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-18, 3-19, 3-20 และรูปที่ 3-35, 3-36, 3-37, 3-38, 3-39 พบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งในอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่ 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) สูงสุด 4.45 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,32 และปริมาณเซลลูโลสเท่ากับ 5.77 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 ซึ่งใกล้เคียงกับชั่วโมงที่ 28,32 เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณเซลลูโลส พบว่าน้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณเซลลูโลสในอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)สูงสุด รองลงมาคือที่ 0.4 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) จึงใช้ปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ตารางที่ 3-18 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.47	0.50	19.96
12	5.00	1.10	1.61	16.62
16	5.00	1.35	2.17	13.91
20	4.96	2.27	3.02	9.21
24	4.96	3.61	4.15	5.66
28	4.96	3.97	4.87	3.16
32	4.96	4.11	5.12	2.67
36	4.96	4.18	5.27	2.18

ตารางที่ 3-18 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
40	4.96	4.17	5.31	1.59
44	4.96	4.19	5.29	1.27
48	4.96	4.28	5.21	1.12

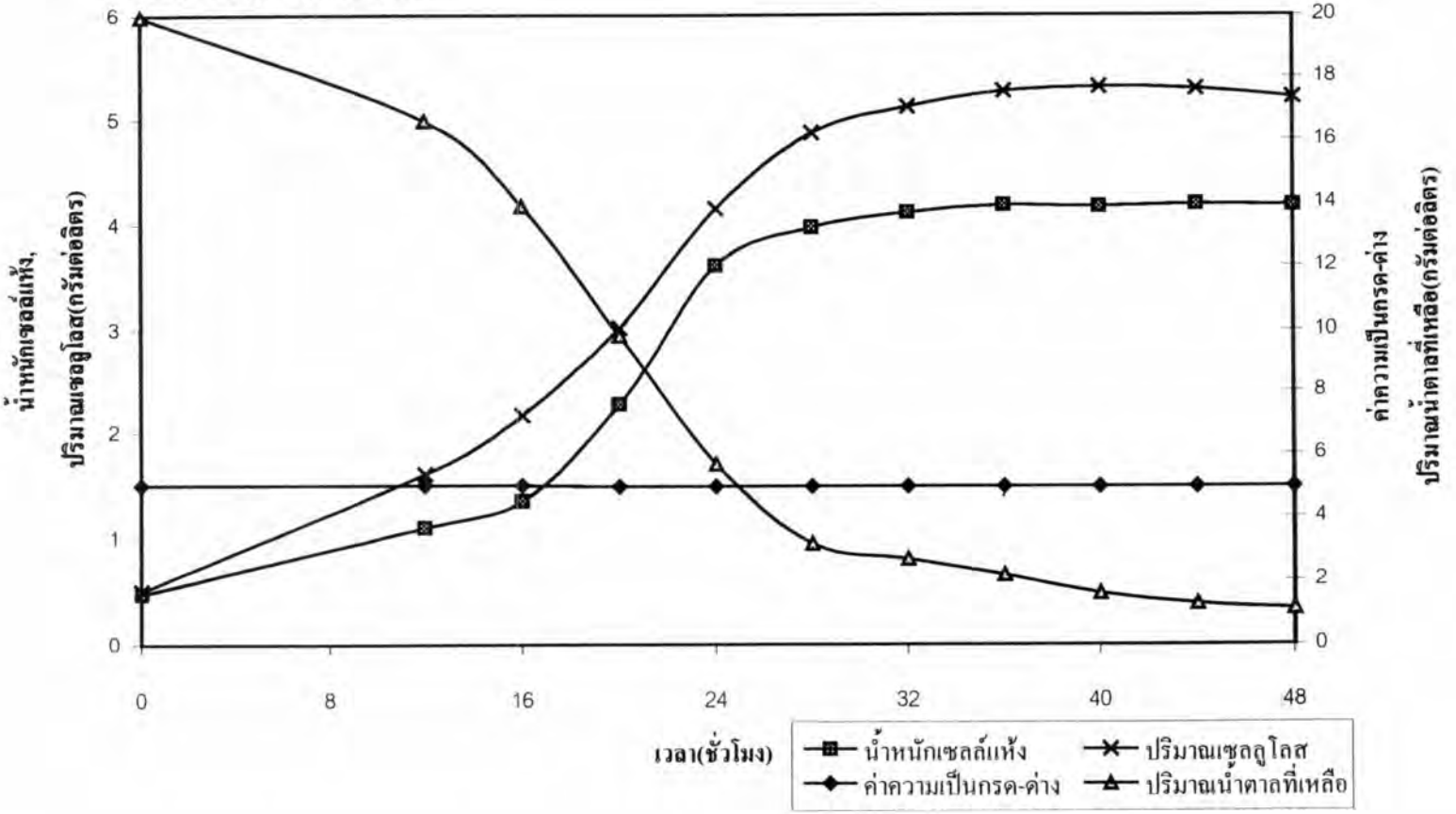
ตารางที่ 3-19 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.45	0.48	19.92
12	5.00	1.20	1.79	16.31
16	5.00	1.52	3.17	13.50
20	4.96	2.48	3.71	8.56
24	4.96	3.89	4.67	4.59
28	4.96	4.24	5.52	2.81
32	4.96	4.37	5.64	2.42
36	4.96	4.45	5.77	1.56
40	4.96	4.32	5.68	0.96
44	4.96	4.28	5.63	0.82
48	4.96	4.26	5.51	0.71

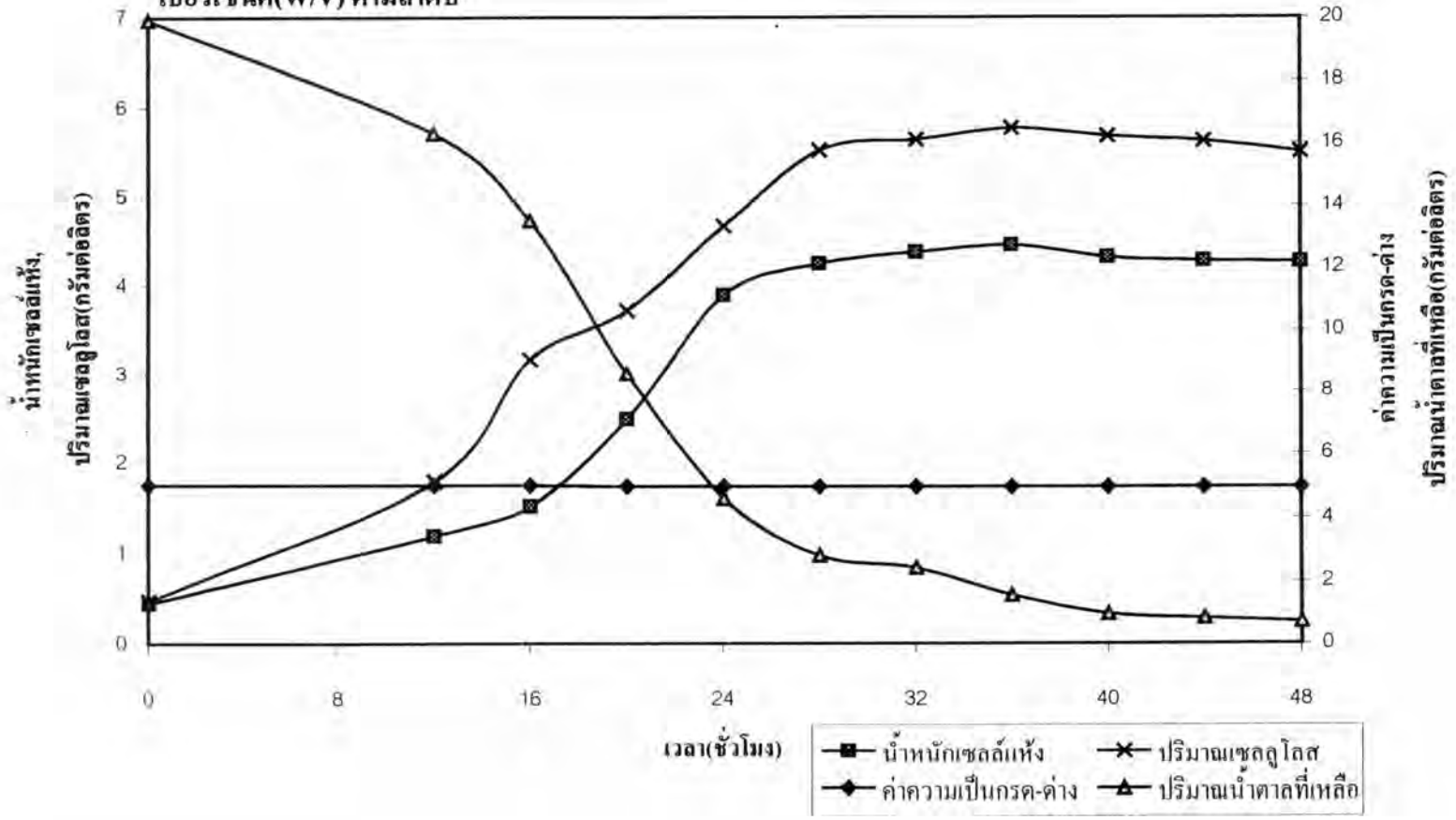
ตารางที่ 3-20 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.46	0.51	19.95
12	5.00	1.19	1.72	16.38
16	5.00	1.46	2.89	13.65
20	4.96	2.40	3.59	8.68
24	4.96	3.82	4.47	4.82
28	4.96	4.18	5.23	2.95
32	4.96	4.23	5.44	2.53
36	4.96	4.25	5.48	2.01
40	4.96	4.26	5.45	1.49
44	4.96	4.24	5.42	0.92
48	4.96	4.21	5.40	0.81

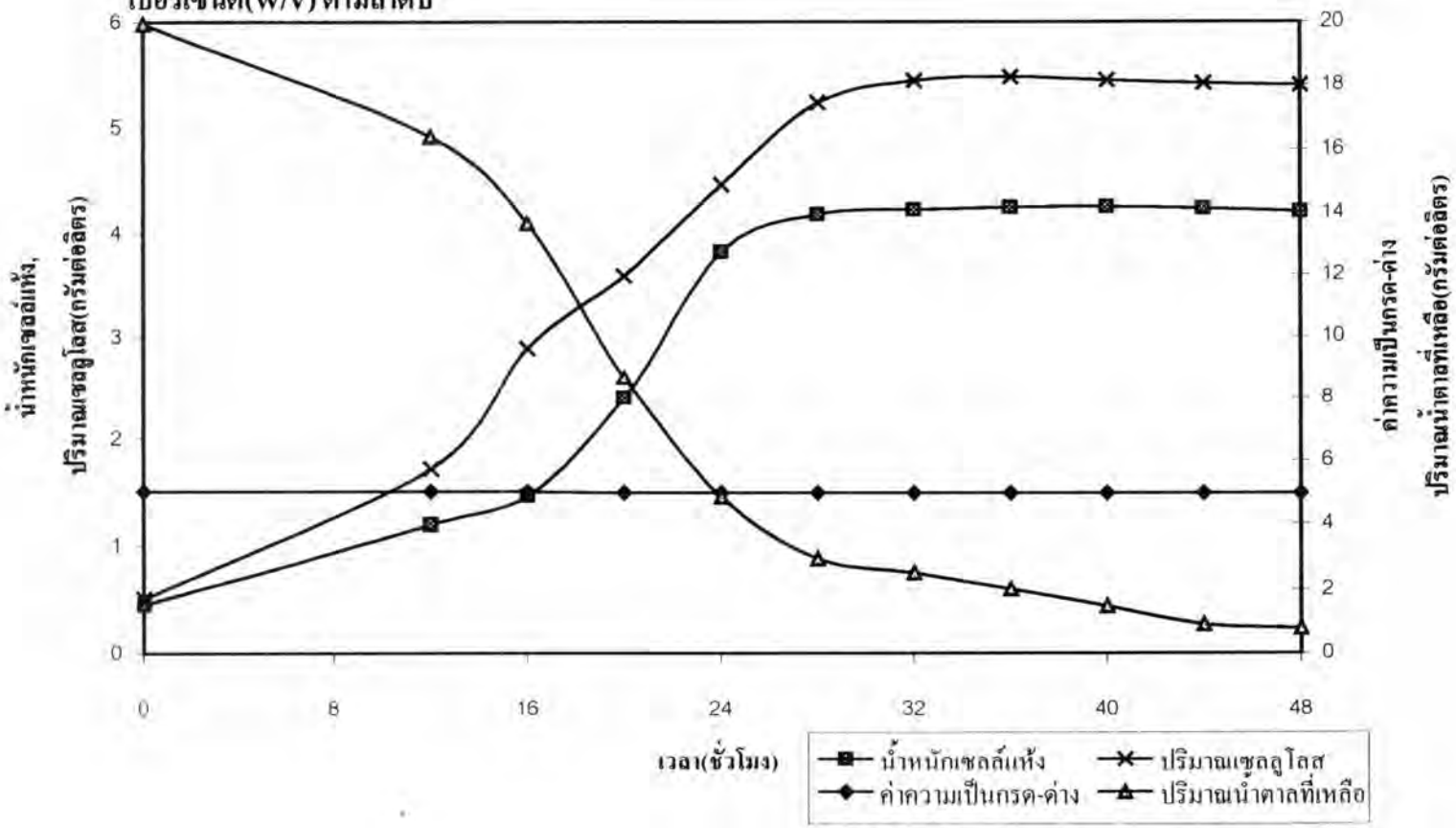
รูปที่ 3-35 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหารF-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟต, โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.5, 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



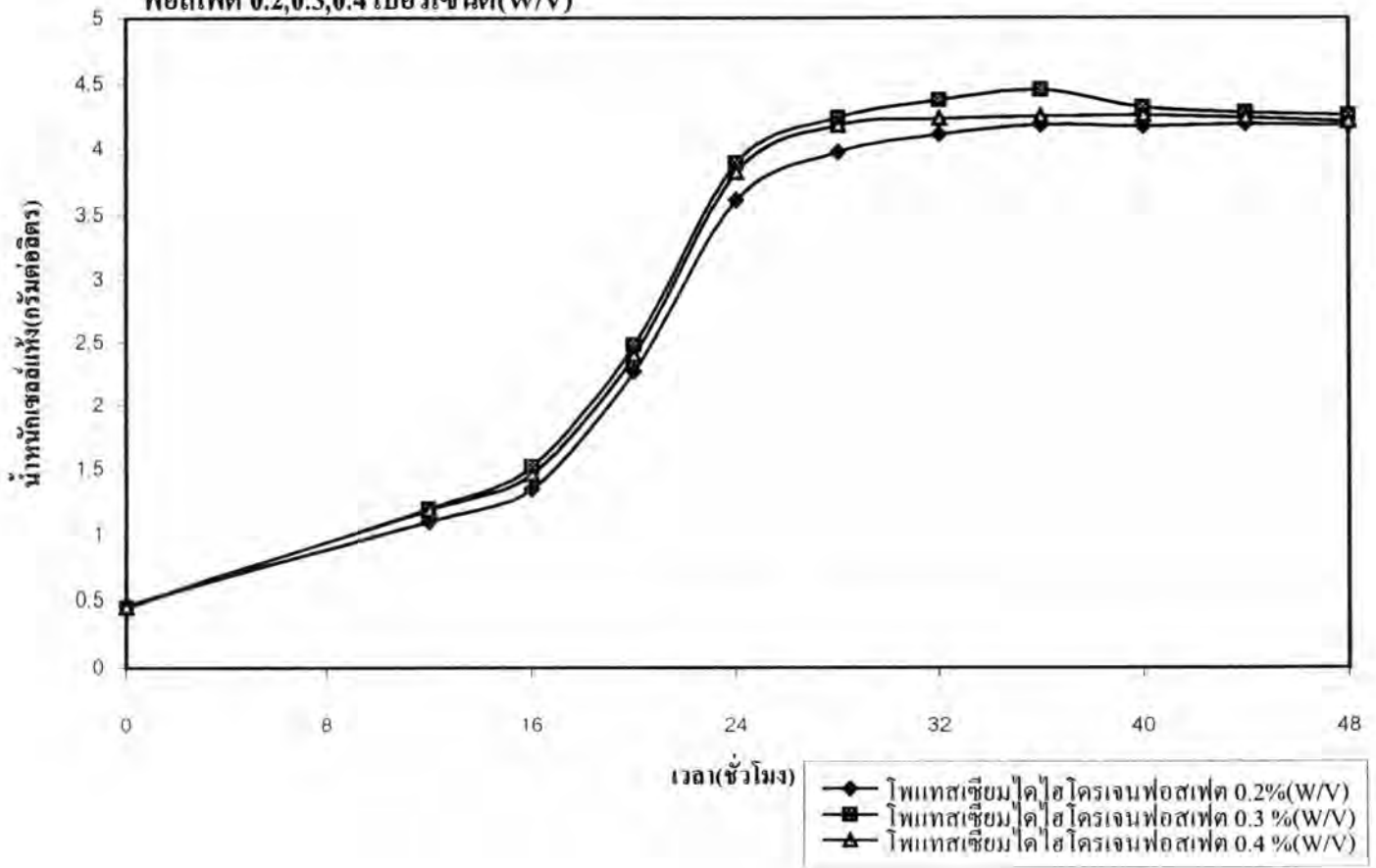
รูปที่ 3-36 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟต, โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.5, 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



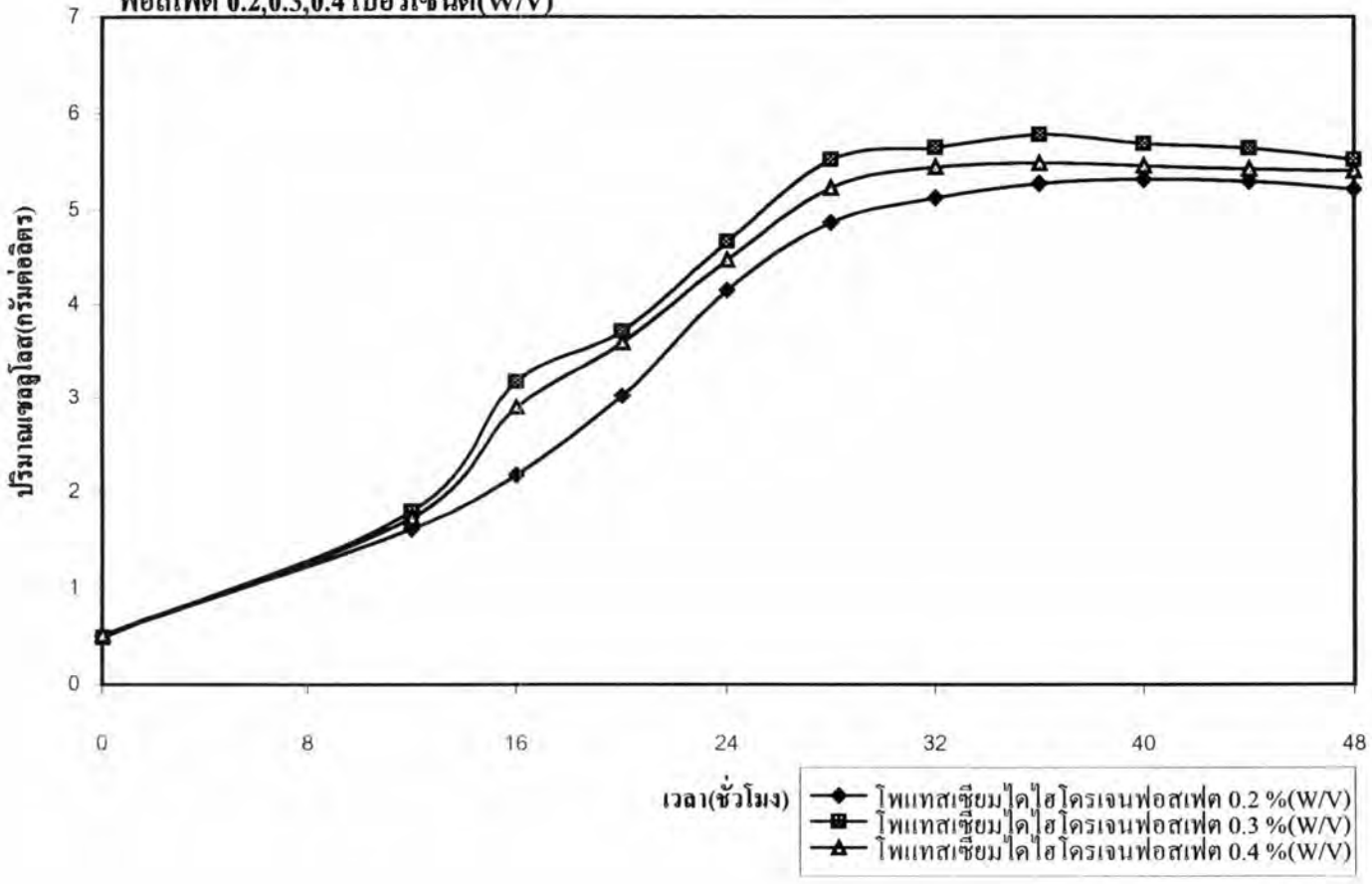
รูปที่ 3-37 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟต, โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็น 0.6,0.3,0.2,0.5, 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ



รูปที่ 3-38 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหารF-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2,0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และ แปรผันปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V)



รูปที่ 3-39 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในอาหารF-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน,แมกนีเซียมซัลเฟต,แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2,0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และ แปรผันปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V)



3.6.4 การใช้น้ำแช่ข้าวโพดจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เปรียบเทียบกับ corn steep liquor

เนื่องจากอาหารที่มี corn steep liquor(CSL)เป็นองค์ประกอบจะเป็นอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ *A. xylinum* ที่ดีคือให้ปริมาณเซลล์และปริมาณเซลลูโลสมาก(Johnson and Neogi,1989) แต่ corn steep liquor ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง ในงานวิจัยนี้จึงทดลองทำน้ำแช่ข้าวโพดจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์(ภาคผนวก ก 3) มาทดลองใช้แทน corn steep liquor โดยให้ปริมาณ solid contain เท่ากัน เตรียมหัวเชื้อตามการทดลองที่ 3.2 ถ่ายลงถังหมักขนาด 5 ลิตรที่มีอาหารสูตร CSL-1(corn steep liquor ทางการค้า) และ CSL-2(น้ำแช่ข้าวโพดจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)(ภาคผนวก ก 2.10,2.11) และดำเนินการทดลองตามข้อ 3.6.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3-21,3-22 และรูปที่ 3-40, 3-41, 3-42, 3-43 พบว่าได้ปริมาณเซลล์แห้งสูงสุดของอาหาร CSL-1 ที่ชั่วโมง 28 เท่ากับ 5.68 กรัมต่อลิตร ปริมาณเซลลูโลสสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 28 เท่ากับ 8.6 กรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณเซลล์แห้งสูงสุดของอาหาร CSL-2 ที่ชั่วโมงที่ 32 เท่ากับ 3.25 กรัมต่อลิตร ปริมาณเซลลูโลสสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 36 เท่ากับ 4.40 กรัมต่อลิตร จากผลการทดลองข้างต้นพบว่าน้ำแช่ข้าวโพดจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นอาหารสำหรับผลิตเซลลูโลส

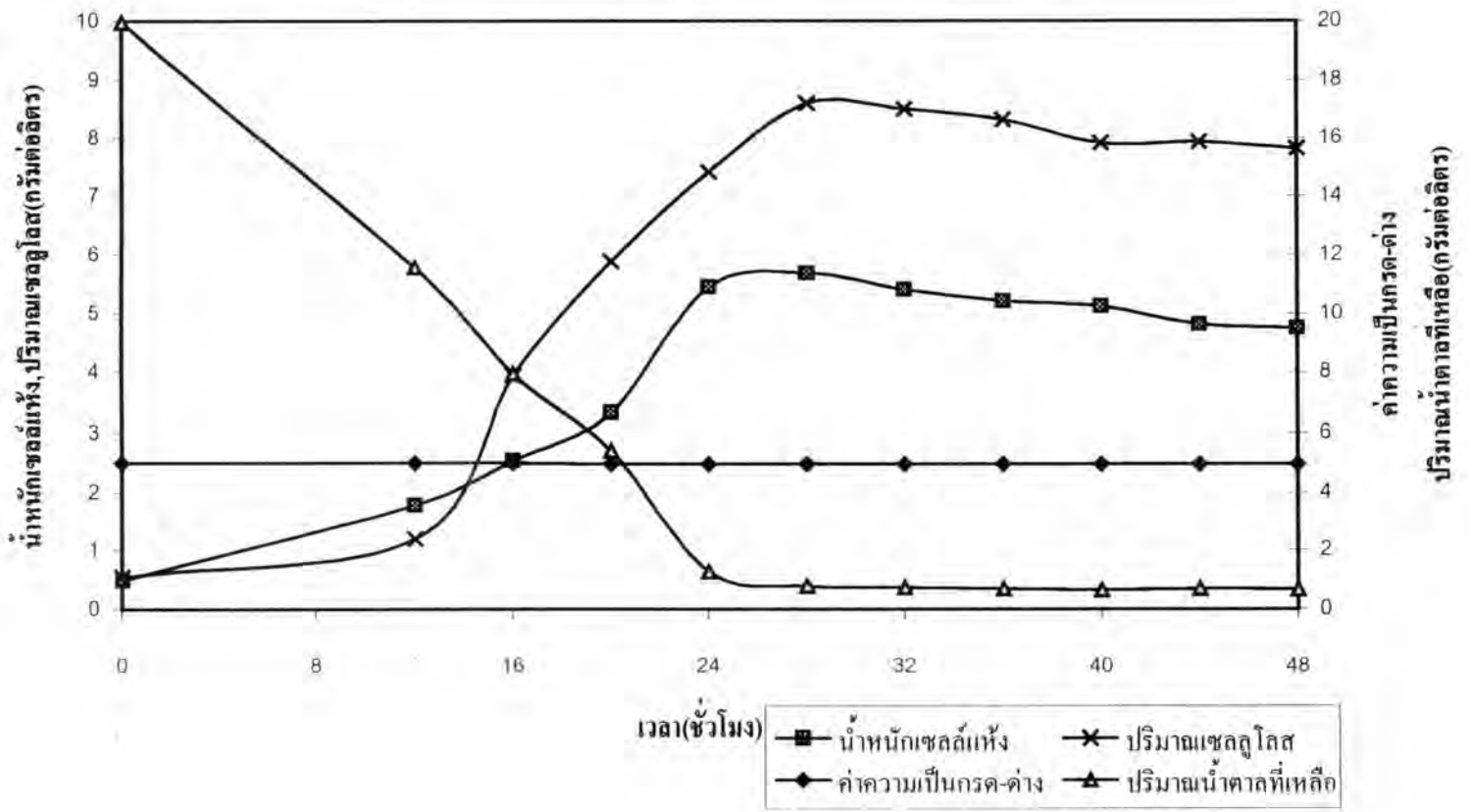
ตารางที่ 3-21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร CSL-1 ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.54	19.96
12	5.00	1.78	1.20	11.54
16	5.00	2.54	3.94	7.95
20	4.96	3.34	5.88	5.41
24	4.96	5.44	7.42	1.27
28	4.96	5.68	8.63	0.76
32	4.96	5.40	8.51	0.72
36	4.96	5.21	8.32	0.68
40	4.96	5.12	7.92	0.65
44	4.96	4.81	7.94	0.68
48	4.96	4.75	7.82	0.67

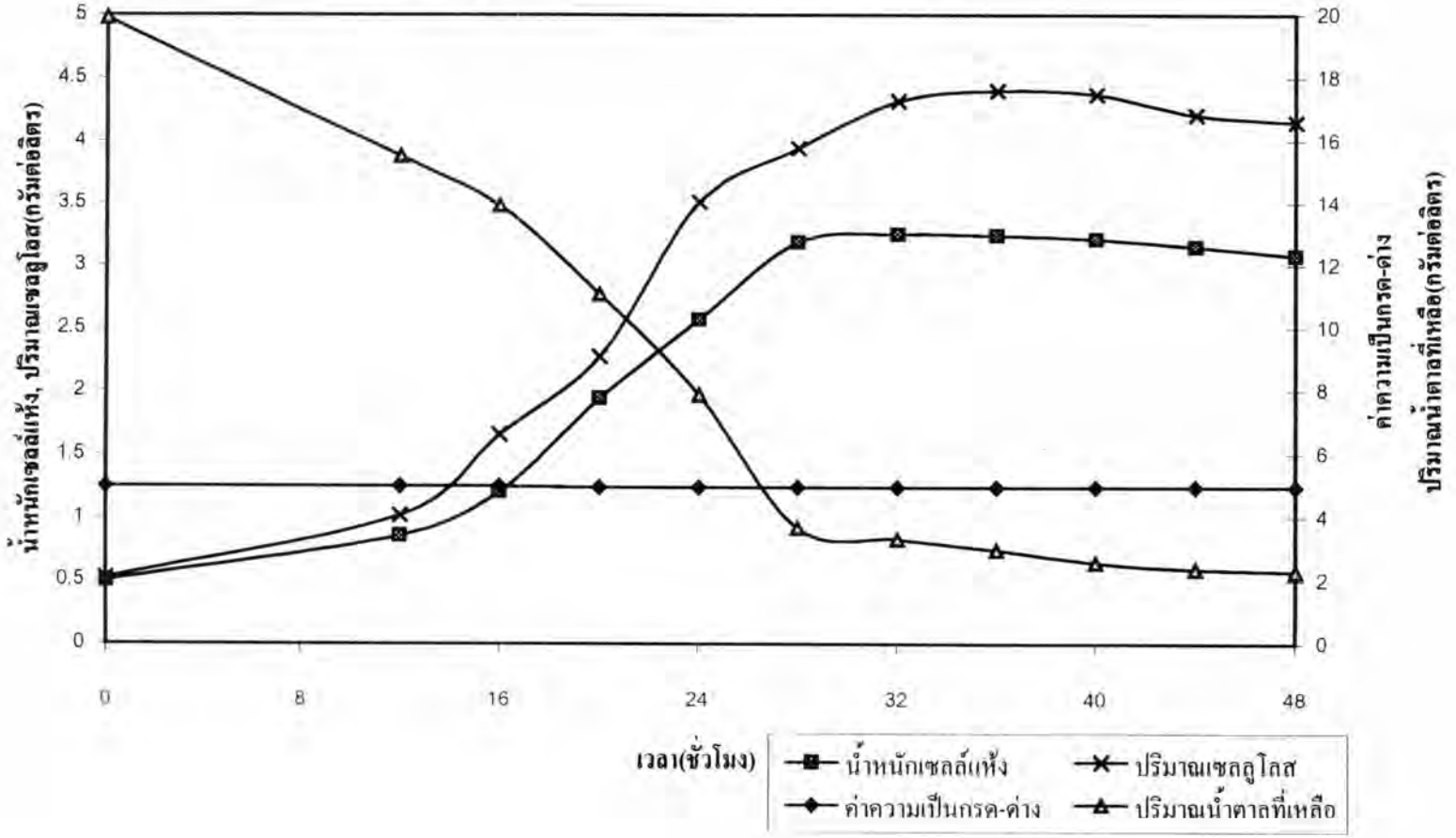
ตารางที่ 3-22 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร CSL-2 ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.50	0.52	19.92
12	5.00	0.86	1.02	15.52
16	5.00	1.21	1.66	13.93
20	4.96	1.94	2.27	11.09
24	4.96	2.57	3.51	7.86
28	4.96	3.19	3.94	3.69
32	4.96	3.25	4.32	3.32
36	4.96	3.24	4.40	2.97
40	4.96	3.21	4.37	2.56
44	4.96	3.15	4.21	2.35
48	4.96	3.08	4.15	2.29

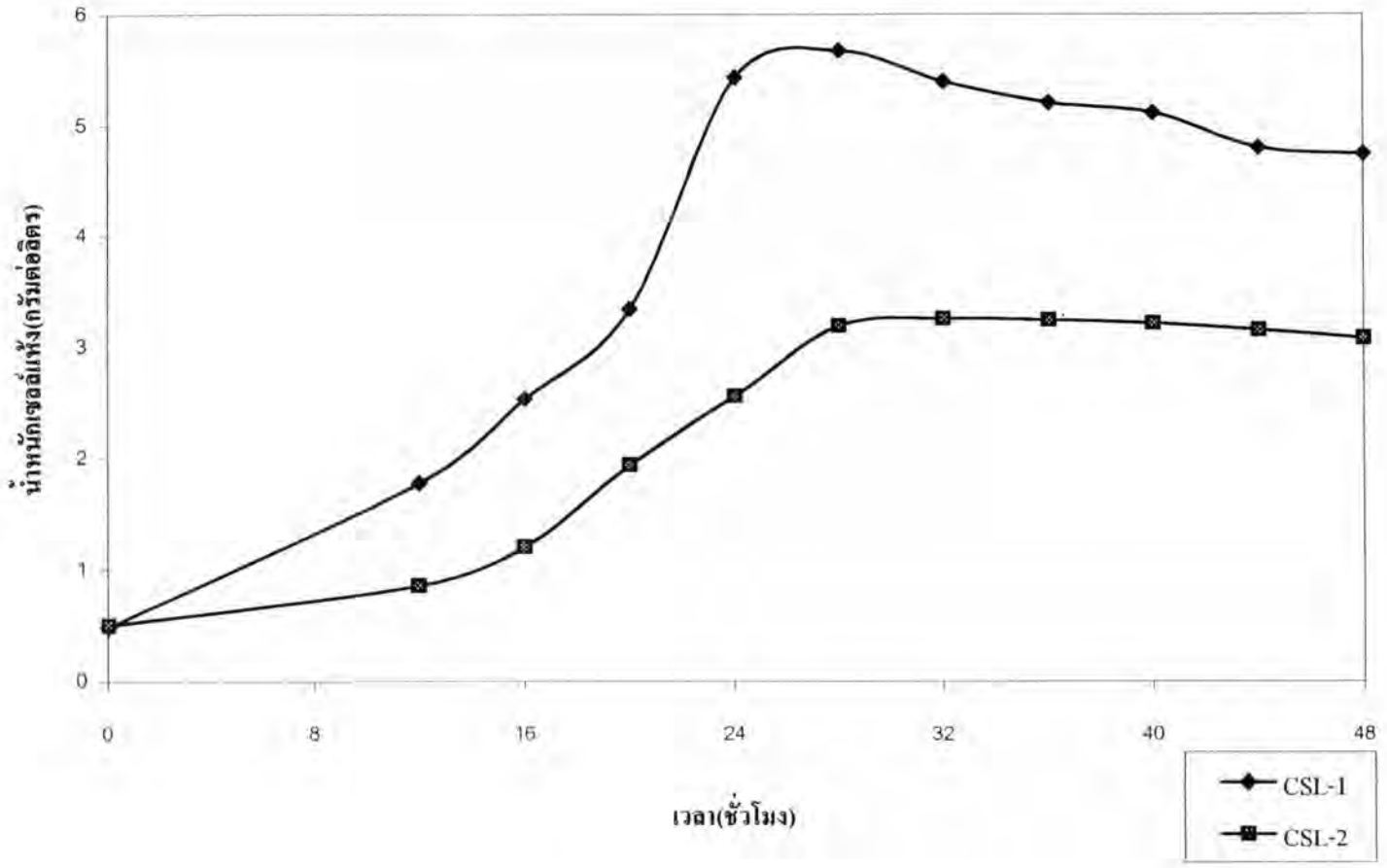
รูปที่ 3-40 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหาร CSL-1



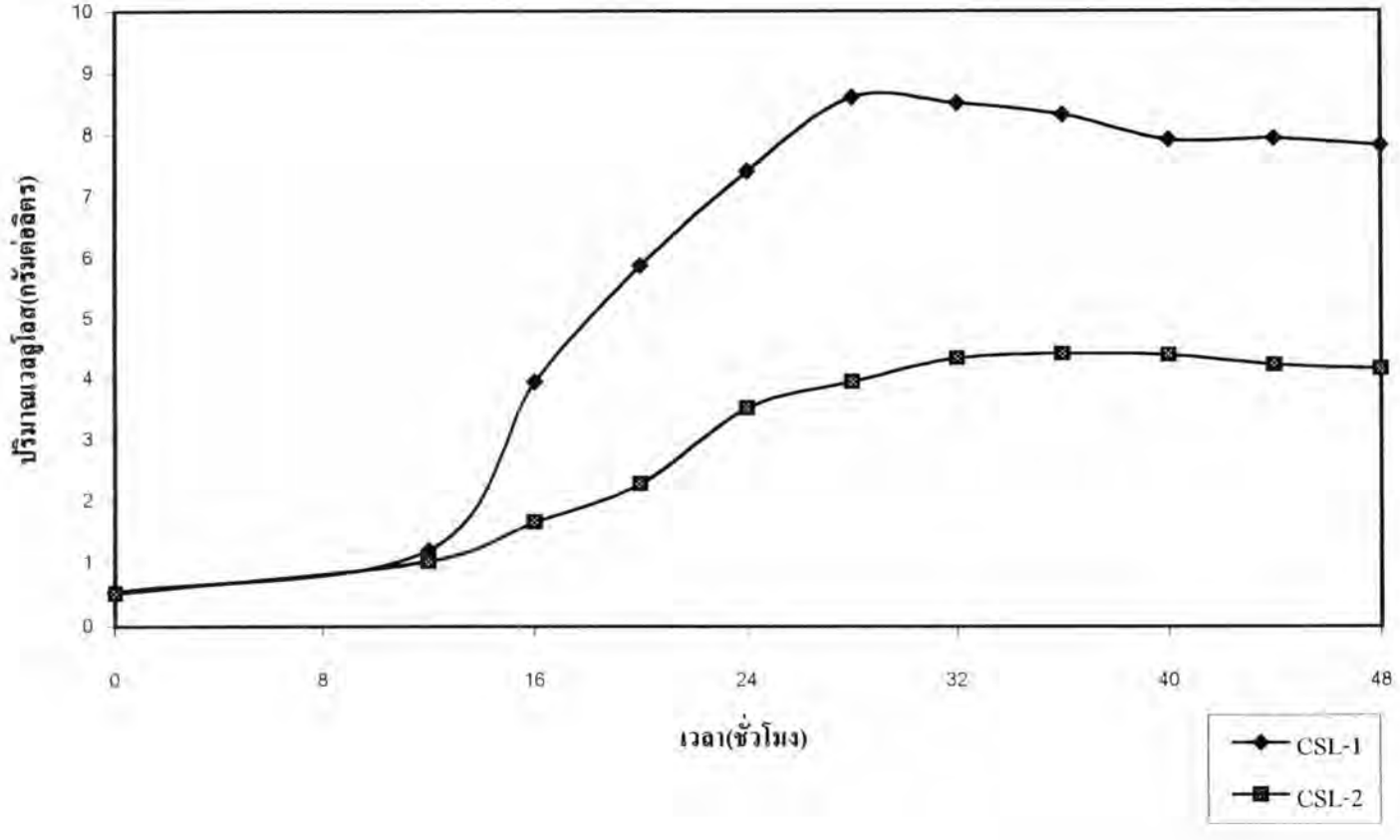
รูปที่ 3-41 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหาร CSL-2



รูปที่ 3-42 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยง *A. xylnum* ในอาหาร CSL-1 และ CSL-2 ในถังหมัก 5 ลิตร



รูปที่ 3-43 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลส เมื่อเลี้ยง *A. xylnum* ในอาหาร CSL-1 และ CSL-2 ในถังหมัก 5 ลิตร



3.6.5 การควบคุมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในถังหมัก 5 ลิตร

จากผลการทดลองที่ 3.6.3.5 ได้ปรับองค์ประกอบของสูตรอาหารสำหรับการผลิตเซลลูโลส ได้เป็นสูตรอาหาร F-6 แต่หลังจากชั่วโมงที่ 24และ28 ปริมาณน้ำตาลที่เหลืออยู่ประมาณ 5 และ 3 กรัมต่อลิตรและลดลงเหลือ 0.71 กรัมต่อลิตรในชั่วโมงที่ 48 และหลังจากชั่วโมงที่ 28 พบว่าปริมาณเซลล์และปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำการทดลองควบคุมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสไม่ให้ต่ำกว่า 8 และ 10 กรัมต่อลิตร โดยเตรียมหัวเชื้อตามการทดลองที่ 3.2 ถ่ายลงถังหมักขนาด 5 ลิตรที่มีอาหารสูตร F-6 (ภาคผนวก ก 2.8) และดำเนินการทดลองตามข้อ 3.6.1 และเริ่มทำการเติมน้ำตาลกลูโคสในชั่วโมงที่ 24 ของการหมัก และควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสไว้ประมาณ 8 กรัมและ10 กรัมต่อลิตรด้วยการเติมอย่างต่อเนื่องโดยใช้เพอริสทอลทิกปั๊ม ติดตามปริมาณน้ำตาลกลูโคสในถังหมักด้วยการวิเคราะห์กลูโคสทุก 2 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังตา-รางที่ 3-23, 3-24 และรูปที่ 3-44, 3-45, 3-46, 3-47 พบว่าในถังหมักที่ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 8 กรัมต่อลิตรได้ปริมาณเซลล์แห้งสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 44 เท่ากับ 6.40 กรัมต่อลิตร ปริมาณเซลลูโลสสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 44 เท่ากับ 8.30 กรัมต่อลิตร ส่วนในถังหมักที่ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 10 กรัมต่อลิตรได้ปริมาณเซลล์แห้งสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 44 เท่ากับ 6.46 กรัมต่อลิตร ปริมาณเซลลูโลสสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 44 เท่ากับ 8.41 กรัมต่อลิตร ส่วนลักษณะของเซลลูโลสที่ได้ยังเป็นเม็ด(pellet) ขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3-23 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 8 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.48	0.52	19.95
12	5.00	1.18	1.81	16.38
16	5.00	1.45	3.11	13.72
20	4.96	2.31	3.50	8.59
24	4.96	3.81	4.57	4.70
28	4.96	5.34	6.04	8.54
32	4.96	6.08	7.09	8.21

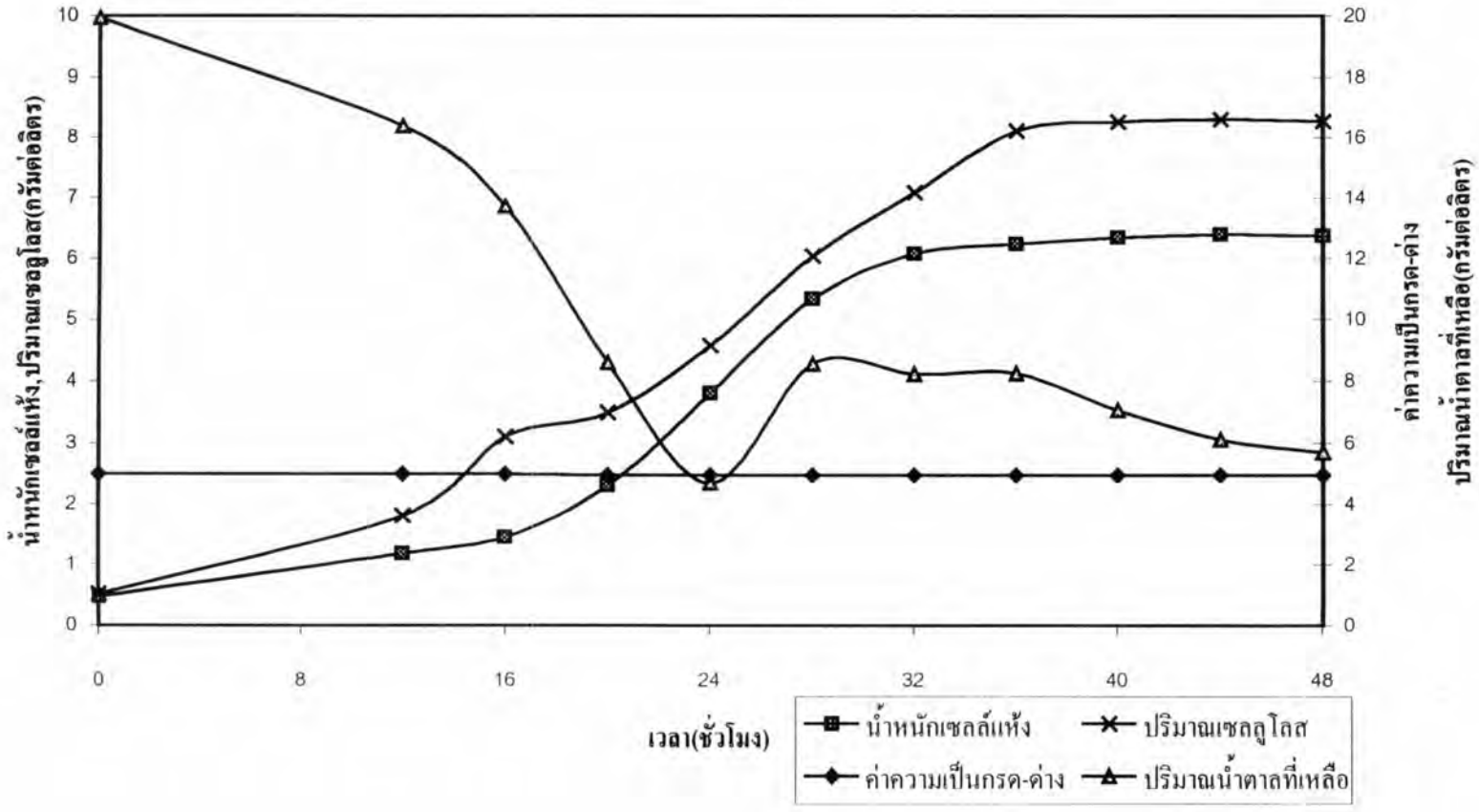
ตารางที่ 3-23 ต่อ

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
36	4.96	6.24	8.12	8.25
40	4.96	6.35	8.28	7.08
44	4.96	6.40	8.30	6.13
48	4.96	6.38	8.27	5.70

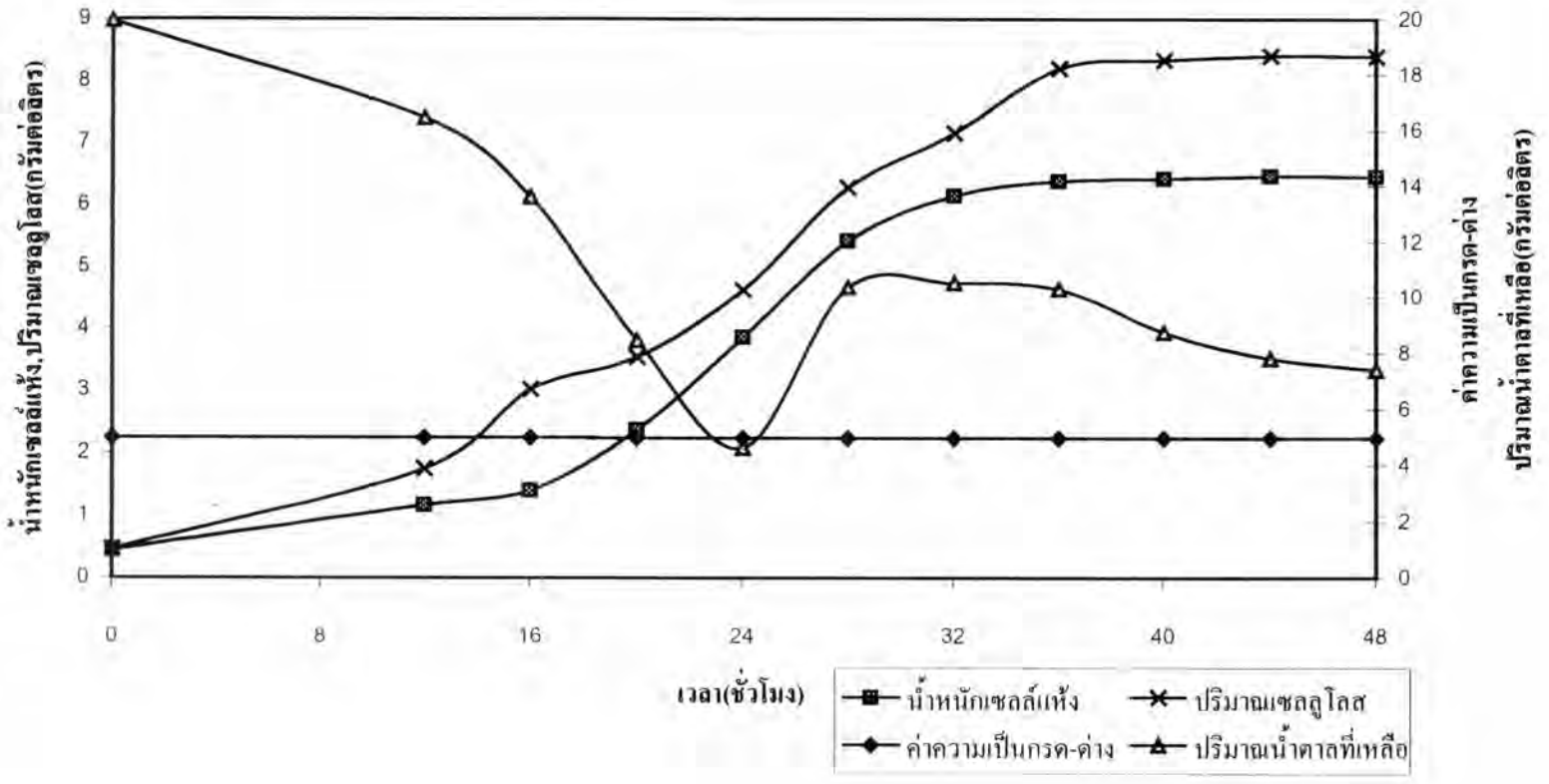
ตารางที่ 3-24 ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหาร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 10 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณเซลลูโลส (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)
0	5.00	0.45	0.46	19.95
12	5.00	1.16	1.75	16.38
16	5.00	1.40	3.02	13.72
20	4.96	2.37	3.54	8.59
24	4.96	3.86	4.63	4.62
28	4.96	5.42	6.28	10.38
32	4.96	6.14	7.15	10.54
36	4.96	6.38	8.21	10.32
40	4.96	6.42	8.34	8.75
44	4.96	6.46	8.41	7.23
48	4.96	6.45	8.40	7.41

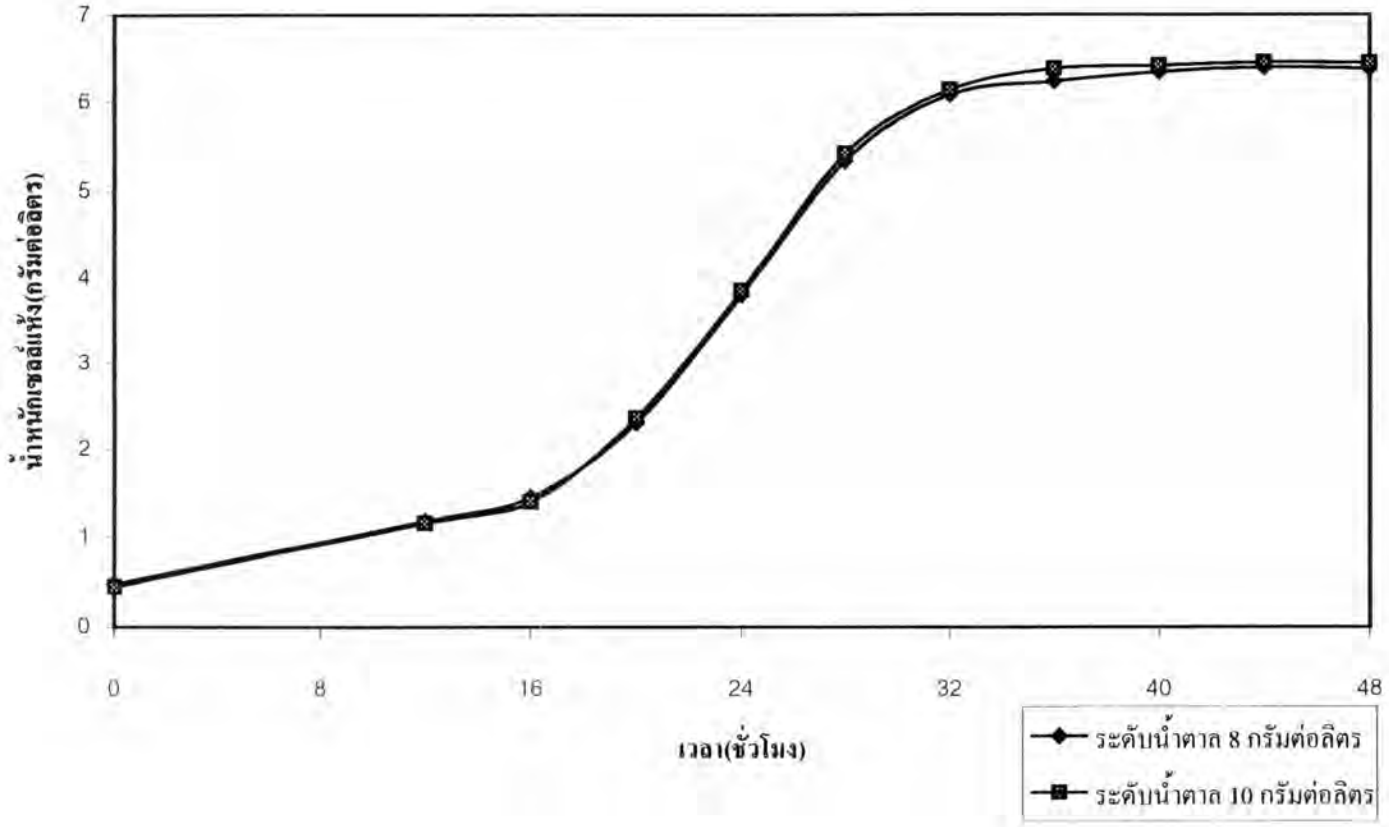
รูปที่ 3-44 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 3-45 น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลที่ 10 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 3-46 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 และ 10 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 3-47 เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง *A. xylinum* ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 และ 10 กรัมต่อลิตร