

บทที่ ๔

ผลการทดลอง



๔.๑ การหาความเร็วในท่อป้อนย้อนกลับ

ได้ทดลองหาความเร็วของหยดน้ำในท่อป้อนย้อนกลับ เทียบกับอัตราการไหลของอากาศในหน่วย ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ โดยได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ ๑

๔.๒ การเลี้ยงเชื้อในเครื่องหมักแบบคอดมัน

การทดลองเลี้ยงเชื้อ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสปีปะรคซึ่งมีความเข้มข้นน้ำตาล ๒% โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟตอย่างละ ๐.๕% ปรับความเป็นกรด-ด่างให้เป็น ๔ ค่ายสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ๑๐%, อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ในถังหมักแบบคอดมันในระยะเวลาหนึ่ง ๆ

ได้แบ่งแยกแสดงผลการทดลองออกเป็น ๔ ขั้นตอนด้วยกันคือ

๔.๒.๑ แสดงผลการเจริญเติบโตทุกชั่วโมงของ แคนดิดา ยูทีลิส ในระบบการหมักไม่ต่อเนื่อง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๐.๕, ๑.๐ และ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ เป็นเวลานาน ๔ ชั่วโมง โดยทำการชักตัวอย่างมาตรวจสอบสภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำหนักโปรตีน ปริมาณการใช้ไปของน้ำตาล และปริมาณการลดลงของ ซี ไอ คี

๔.๒.๑.๑ ที่อัตราการป้อนอากาศ ๐.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๒ และกราฟรูปที่ ๖ และรูปที่ ๕

๔.๒.๑.๒ ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๓ และกราฟรูปที่ ๗ และรูปที่ ๕

ตารางที่ ๑ การหาอัตราการไหลหมุนเวียนในท่อป้อนย้อนกลับ
โดยทดลองจับความเร็วของหยดน้ำมัน

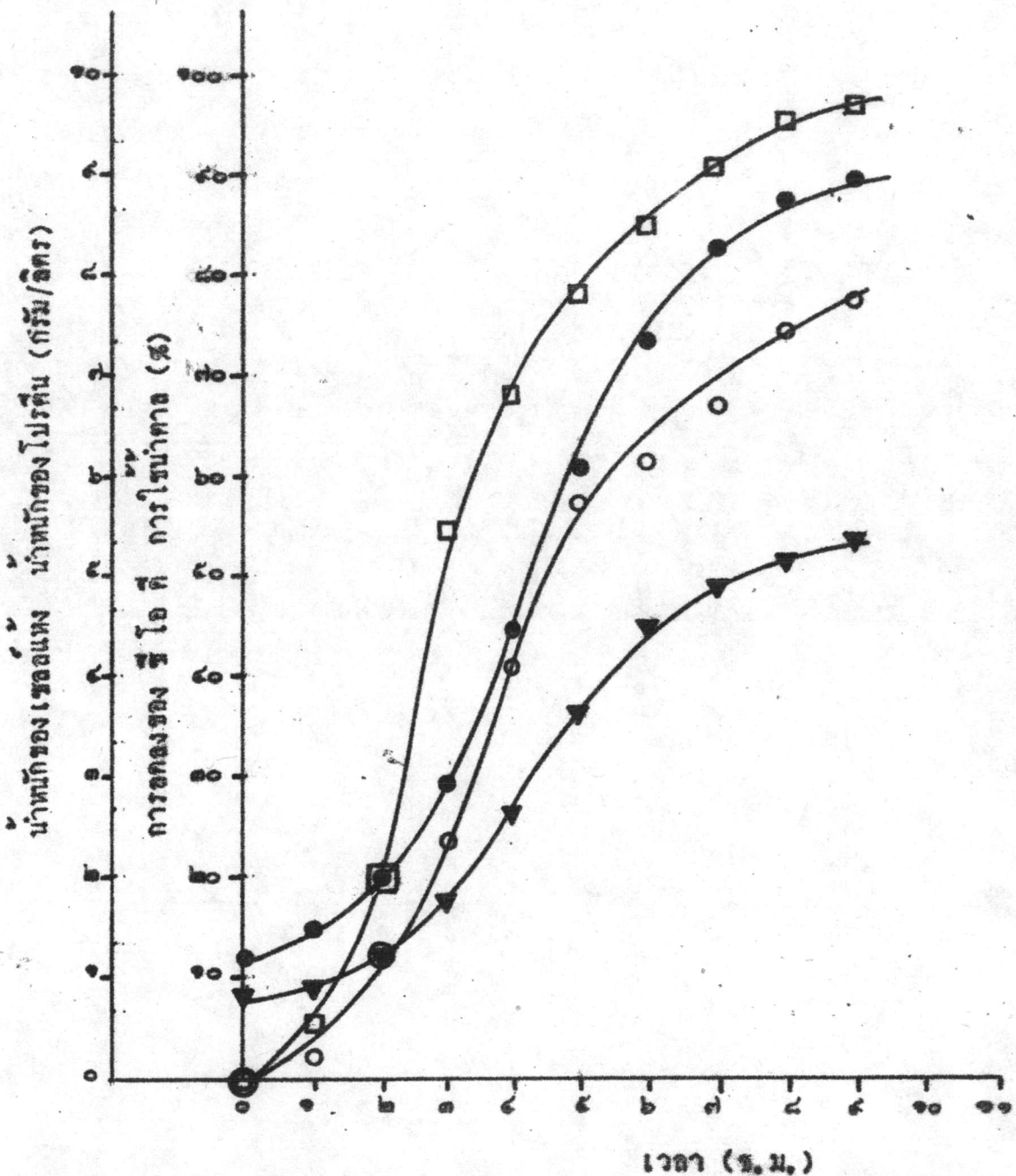
อัตราการไหลของ อากาศ ปริมาตรอากาศ/ ปริมาตรน้ำหมัก/ นาที	ความเร็วของหยดน้ำมัน				ค่าเฉลี่ย ฟุต/วินาที
	ฟุต/วินาที				
๐.๓	๑.๐๐	๑.๑๘	๑.๑๐	๑.๒๕	๑.๑๓
๐.๕	๑.๕๓	๑.๖๖	๑.๓๔	๑.๘๐	๑.๖๘
๐.๗	๑.๙๙	๒.๐๕	๒.๐๗	๒.๐๘	๒.๐๕
๐.๙	๒.๓๔	๒.๓๒	๒.๓๒	๒.๕๐	๒.๓๕
๑.๑	๒.๕๗	๒.๖๐	๒.๖๓		๒.๖๐
๑.๓	๒.๘๔	๒.๘๙	๒.๗๙		๒.๘๔
๑.๕	๓.๐๑	๒.๙๔	๓.๐๕		๓.๐๐
๑.๗	๓.๑๙	๓.๑๙			๓.๑๙
๒.๑	๓.๓๔	๓.๑๕			๓.๒๕

ตารางที่ ๒ รูปที่ ๖ และรูปที่ ๕

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำสปีประคความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และ แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอดัมน์เป็นเวลานาน ๔ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๐.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการชักตัวอย่างมาตรฐานวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาสภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ ดี

ตารางที่ ๒ แสดงผลการทดลอง เมื่อป้อนอากาศ ๐.๕ ปริมาตรอากาศ/
ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่

เวลา (ชม.)	สภาพการ กุกกิดในแสง	น้ำหนัก, เขลดแห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ, ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ซี %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๔	๑.๑๓	๐.๖๒	๕๒.๘๘	๐	๐
๑	๒.๑๑	๑.๔๕	๐.๘๕	๕๘.๖๒	๔.๘๒	๒.๐๒
๒	๒.๓๑	๒.๐๐	๑.๑๘	๕๘.๕	๒๐.๐๒	๑๑.๔๐
๓	๔.๕๕	๒.๘๕	๑.๓๔	๕๘.๘๘	๕๔.๘๑	๒๓.๖๓
๔	๖.๕๒	๔.๔๕	๒.๕๘	๕๘.๒๐	๖๘.๑๔	๔๑.๒๕
๕	๘.๓๑	๖.๐๓	๓.๖๑	๕๘.๘๓	๗๘.๕๐	๕๓.๒๕
๖	๙.๘๖	๗.๓๕	๔.๔๕	๖๐.๕๔	๘๕.๐๔	๖๑.๑๘
๗	๑๐.๔๓	๘.๒๕	๔.๘๖	๕๘.๘๑	๙๐.๘๒	๖๓.๐๐
๘	๑๑.๐๓	๘.๓๐	๕.๑๖	๕๘.๓๑	๙๘.๕๒	๗๔.๖๑
๙	๑๑.๒๖	๘.๘๑	๕.๓๒	๕๘.๗๑	๙๖.๘๒	๗๗.๘๒



รูปที่ ๖ ผลการทดลอง เมื่อป้อนอากาศ ๐. ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหนัก/นาที

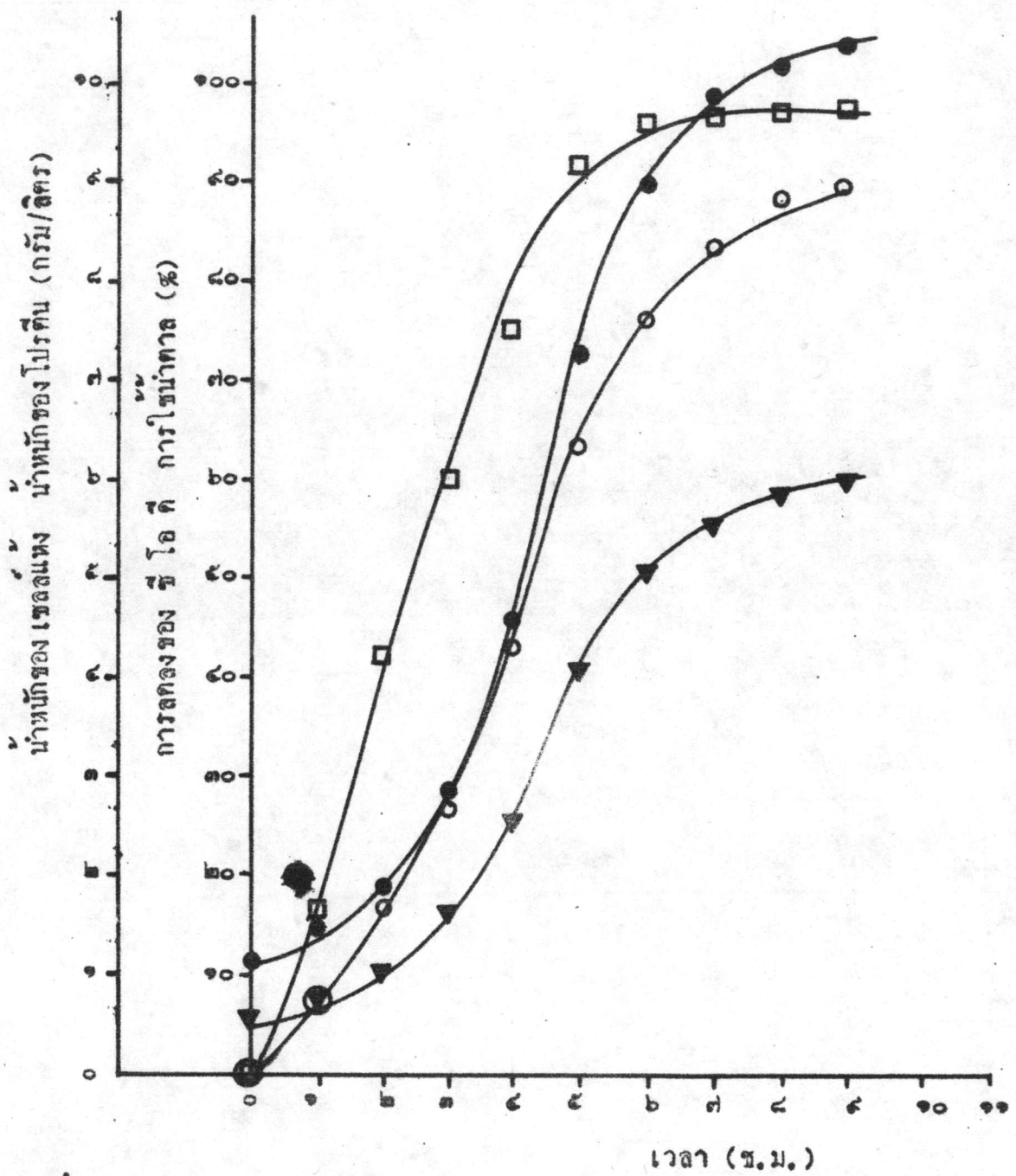
- น้ำหนักของ เซลล์แห้ง
- ▼ น้ำหนักของ โปรตีน
- เซลล์ การกลองของ ซี ไอ ที
- เซลล์ การไร่น้ำตาล

ตารางที่ ๓ รูปที่ ๘ และรูปที่ ๘

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสัปรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และ แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๘ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอดมันน์เป็นเวลานาน ๘ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่าสภาพการคูกดสิ้นแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ คือ

ตารางที่ ๓ แสดงผลการทดลอง เมื่อป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/
ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่

เวลา (ชม.)	สภาพการ ถูกกลืนแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๑	๑.๑๕	๐.๕๓	๕๖.๐๙	๐	๐
๑	๑.๗๒	๑.๕๕	๐.๗๐	๔๘.๒๘	๑๕.๙๙	๗.๖๘
๒	๒.๒๗	๑.๘๔	๐.๙๘	๕๓.๒๖	๔๒.๕๐	๑๖.๘๐
๓	๓.๘๔	๒.๘๘	๑.๖๑	๕๕.๙๐	๖๐.๕๖	๒๗.๐๒
๔	๕.๖๘	๔.๖๒	๒.๕๒	๕๔.๕๕	๗๕.๕๘	๔๓.๒๖
๕	๘.๙๔	๗.๒๙	๔.๐๖	๕๕.๖๙	๙๑.๖๖	๖๓.๔๙
๖	๑๐.๘๘	๙.๐๐	๕.๐๖	๕๖.๒๒	๙๖.๑๑	๗๖.๑๓
๗	๑๑.๖๒	๙.๗๙	๕.๕๓	๕๖.๔๙	๙๖.๘๒	๘๓.๕๒
๘	๑๒.๔๐	๑๐.๒๐	๕.๘๙	๕๗.๗๕	๙๖.๙๐	๘๘.๓๘
๙	๑๒.๘๗	๑๐.๕๓	๖.๐๐	๕๗.๕๓	๙๗.๓๘	๘๙.๒๔



- รูปที่ ๕ ผลการทดลอง เมื่อป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาณอากาศ/ปริมาณน้ำหนัก/นาที
- น้ำหนักของ เซลลูโลสแห้ง
 - ▼ น้ำหนักของ โปรตีน
 - % การลดลงของ ซี ไอ ที
 - % การใช้น้ำตาล

๔.๒.๑.๓ ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๔ และกราฟรูปที่ ๘ และรูปที่ ๙

๔.๒.๒ แสดงผลการเจริญเติบโตทุกชั่วโมงของ แคนดิดา ยูทีลิส ในระบบการหมักกึ่งต่อเนื่อง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๙ และ ๙ โดยใช้อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๑๕%, ๒๕%, ๓๐% และ ๔๐% ของ ๒.๓ ลิตร เป็นเวลานาน ๑๑ ชั่วโมง ทำการชักตัวอย่างน้ำหมักมาตรวจสอบสภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำหนักโปรตีน ปริมาณการใช้ไปของน้ำตาล และการลดลงของ ซี โอ คี ดังนี้

๔.๒.๒.๑ อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๑๕% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๕ และกราฟรูปที่ ๑๐ และรูปที่ ๑๔

๔.๒.๒.๒ อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๖ และกราฟรูปที่ ๑๑ และรูปที่ ๑๔

๔.๒.๒.๓ อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๗ และกราฟรูปที่ ๑๒ และรูปที่ ๑๔

๔.๒.๒.๔ อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๔๐% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๘ และกราฟรูปที่ ๑๓ และรูปที่ ๑๔

๔.๒.๓ แสดงผลการเจริญเติบโตทุก ๆ ชั่วโมงของ แคนดิดา ยูทีลิส ในระบบการหมักกึ่งต่อเนื่อง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรของอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ โดยใช้อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๐%, ๒๕% และ ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ในเวลา ๙ ชั่วโมง ทำการชักตัวอย่างน้ำหมักมาตรวจสอบสภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำหนักโปรตีน ปริมาณการใช้ไปของน้ำตาล และการลดลงของ ซี โอ คี ดังนี้

๔.๒.๓.๑ อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๐% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๙ และกราฟรูปที่ ๑๕ และรูปที่ ๑๘

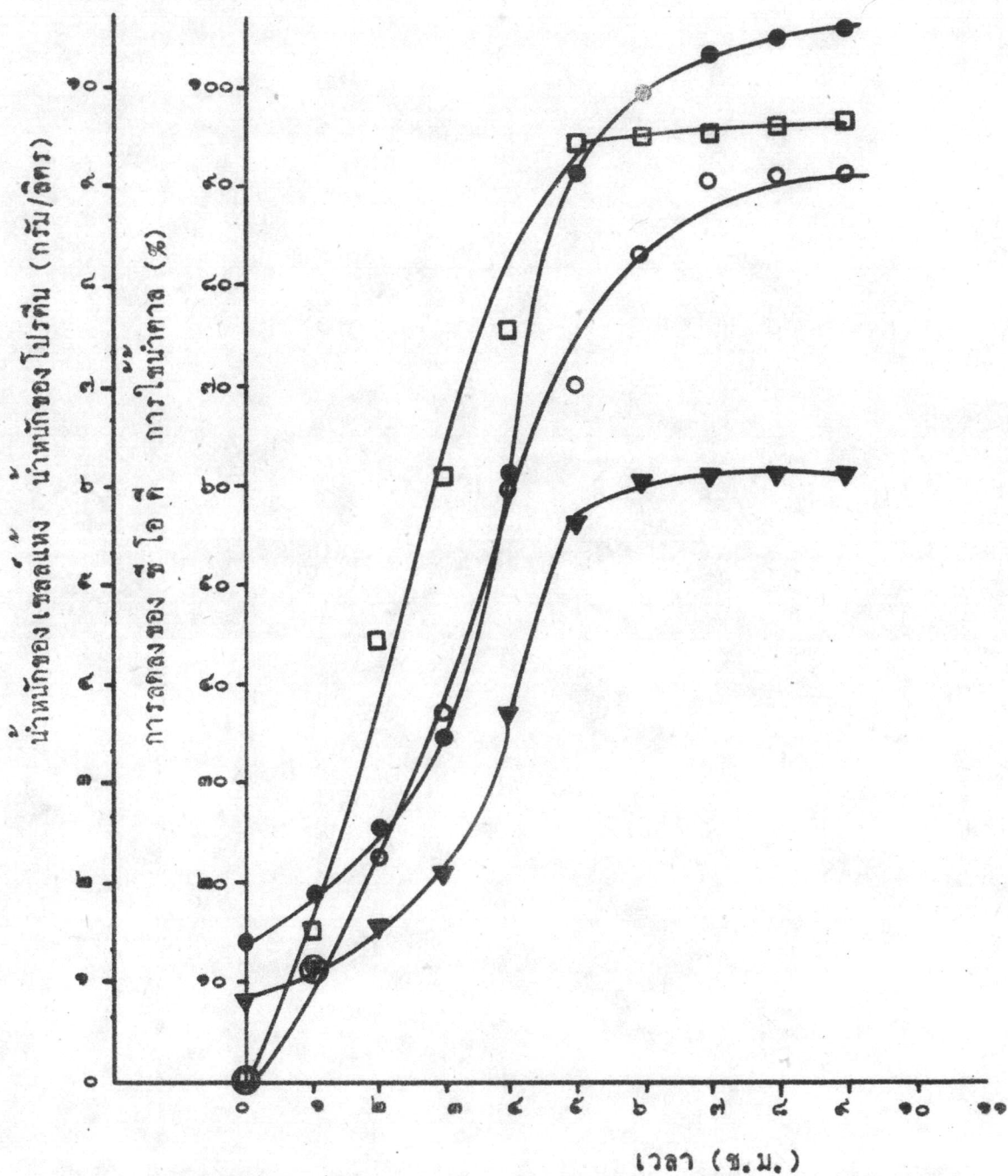
ตารางที่ ๔ รูปที่ ๔ และรูปที่ ๕

ผลการทดลอง เลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำสัประรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปคัสเซียมโคไฮโครเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ควบคุมเครื่องหมักแบบคอดมันน์ เป็นเวลานาน ๔ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการชักตัวอย่างมาตรฐานวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี โอ ดี



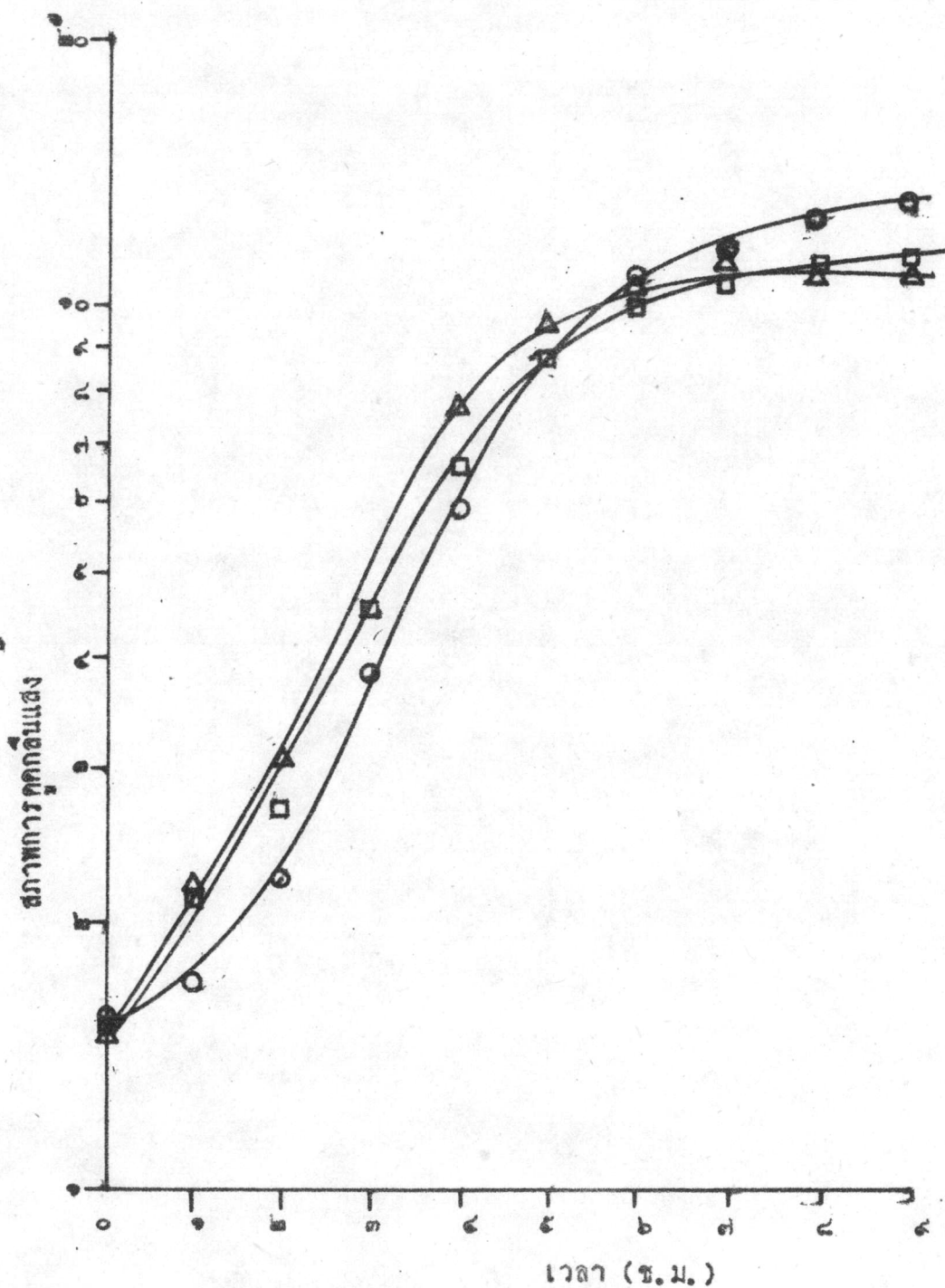
ตารางที่ ๔ แสดงผลการทดลองเมื่อป้อนอากาศ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/
ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลิ่นแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๔๙	๑.๔๒	๐.๘๑	๕๓.๐๔	๐	๐
๑	๒.๒๒	๑.๘๕	๑.๑๐	๕๙.๕๐	๑๕.๑๘	๑๑.๘๔
๒	๓.๐๓	๒.๕๐	๑.๕๐	๖๐.๐	๔๔.๕๒	๒๒.๒๕
๓	๔.๔๓	๓.๔๕	๒.๐๓	๖๐.๐	๖๐.๙๘	๓๖.๘๓
๔	๗.๖๐	๖.๑๒	๓.๖๖	๕๙.๘๐	๗๕.๘๓	๕๙.๔๒
๕	๙.๔๓	๙.๑๑	๕.๖๐	๖๑.๔๓	๙๔.๒๓	๗๖.๖๕
๖	๑๐.๖๙	๙.๙๐	๖.๐๐	๖๐.๖๑	๙๔.๘๓	๘๓.๐๕
๗	๑๑.๑๐	๑๐.๓๐	๖.๐๖	๕๘.๘๓	๙๕.๑๑	๙๐.๔๙
๘	๑๐.๕๐	๑๐.๕๐	๖.๐๓	๕๗.๘๑	๙๕.๘๘	๙๐.๙๐
๙	๑๐.๕๐	๑๐.๕๙	๖.๐๘	๕๗.๔๑	๙๖.๐๖	๙๑.๒๒



รูปที่ ๔ ผลการทดลอง เมื่อป้อนอากาศ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำนม/นาที

- น้ำหนักของ เซลลูลोज์
- ▼ น้ำหนักของ โปรตีน
- % การลดลงของ ซี ไอ ที
- % การใช้น้ำตาล



รูปที่ ๔ แสดงอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์เมื่อป้อนอากาศด้วยอัตราต่าง ๆ กัน

- ๐.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่
- ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่
- △ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่

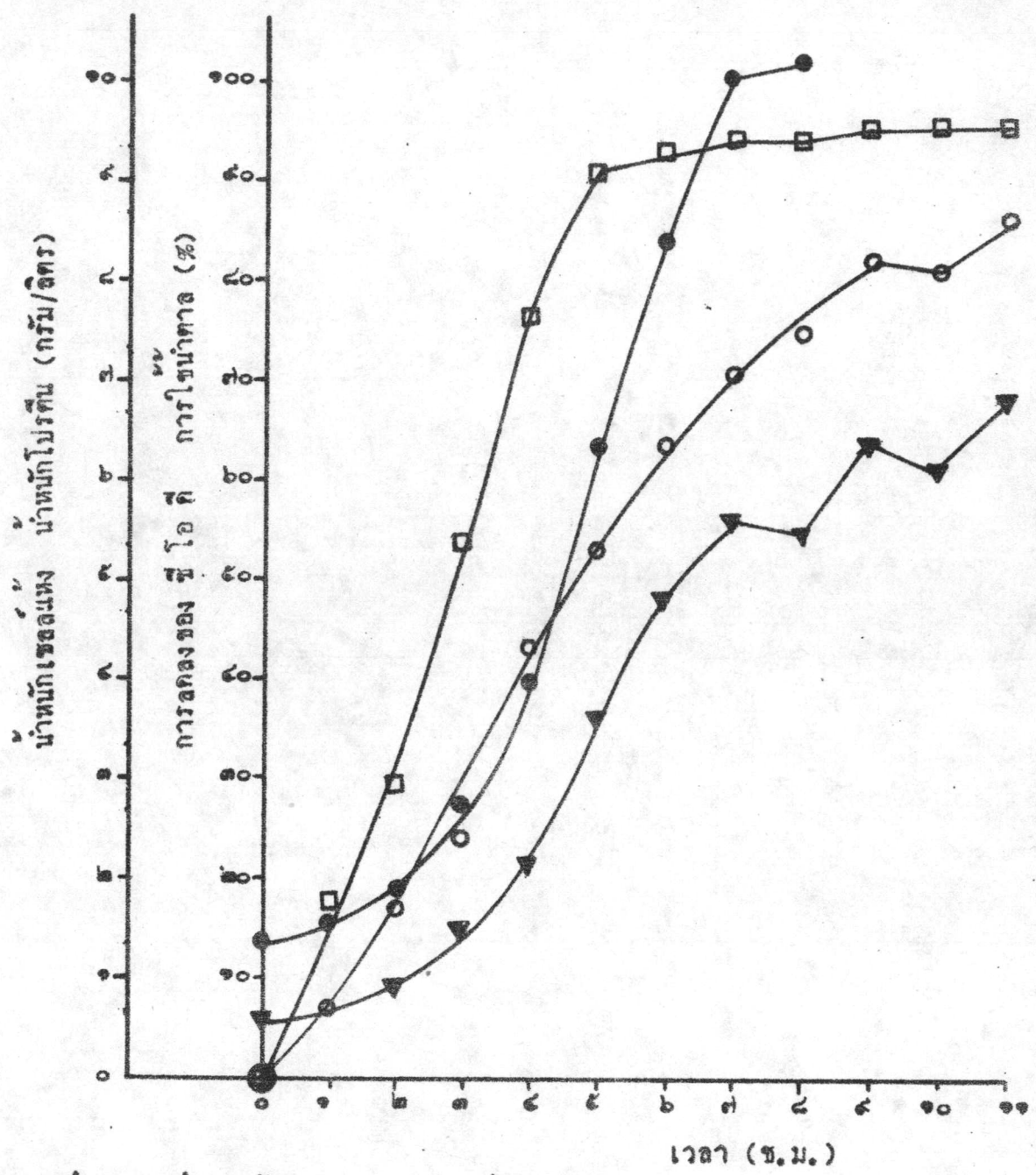
ตารางที่ ๕ รูปที่ ๑๐ และรูปที่ ๑๔

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำสัประรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอดัมน์ เป็นเวลานาน ๑๑ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๗, และ ๙ ปริมาณการถ่ายเท ๑๕% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่า สภาพการถูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ คี

ตารางที่ ๕ แสดงผลการทดลองถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๑๕% ของ
๒.๓ ลิตร ชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลิ่นแสง	น้ำหมัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ไป %	การลดลง ของ ซีโอซี %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๘๒	๑.๓๘	๐.๕๖	๔๑.๓๙	๐	๐
๑	๑.๖๕	๑.๕๒	๐.๗๑	๔๖.๗๑	๑๗.๗๓	๗.๑๐
๒	๒.๑๕	๑.๘๖	๐.๙๕	๕๑.๐๘	๒๙.๓๓	๑๖.๗๗
๓	๓.๑๗	๒.๗๓	๑.๔๙	๕๔.๕๘	๕๓.๗๑	๒๘.๒๐
๔	๔.๘๖	๓.๙๗	๒.๑๕	๕๔.๑๖	๗๖.๔๗	๔๓.๓๐
๕	๗.๓๒	๖.๓๑	๓.๕๘	๕๖.๗๔	๙๑.๑๗	๕๒.๗๘
* ๕	๗.๑๖	๔.๘๑	๒.๗๙	๕๘.๐๐	๙๐.๐๒	๔๙.๔๓
๖	๙.๓๔	๘.๔๑	๔.๗๗	๕๖.๗๒	๙๓.๑๘	๖๓.๕๐
๗	๑๐.๙๓	๑๐.๐๔	๕.๖๐	๕๕.๗๘	๙๔.๔๓	๗๐.๘๘
* ๗	๙.๖๔	๘.๙๐	๔.๘๕	๕๔.๔๙	๙๑.๒๗	๖๕.๓๕
๘	๑๑.๖๔	๑๐.๑๗	๕.๔๖	๕๓.๖๙	๙๔.๕๓	๗๕.๐๐
๙	๑๓.๙๗	๑๑.๖๐	๖.๓๔	๕๔.๖๖	๙๕.๗๖	๘๒.๑๙
* ๙	๑๑.๔๐	๙.๙๔	๕.๓๑	๕๓.๔๒	๙๑.๖๗	๗๓.๘๙
๑๐	๑๓.๕๒	๑๑.๕๒	๖.๐๗	๕๒.๖๙	๙๕.๗๖	๘๑.๒๕
๑๑	๑๔.๔๖	๑๓.๑๘	๖.๗๙	๕๑.๕๒	๙๕.๗๖	๘๖.๐๙

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๑๐ ถ่ายเห็นน้ำหนัก ๑๕% ทุก ๒ ชั่วโมง

● น้ำหนักของเซลล์แห้ง ▼ น้ำหนักของโปรตีน

○ % การลดลงของ ซี ไอ ดี □ % การไร่น้ำตาล

ตารางที่ ๖ รูปที่ ๑๑ และรูปที่ ๑๔

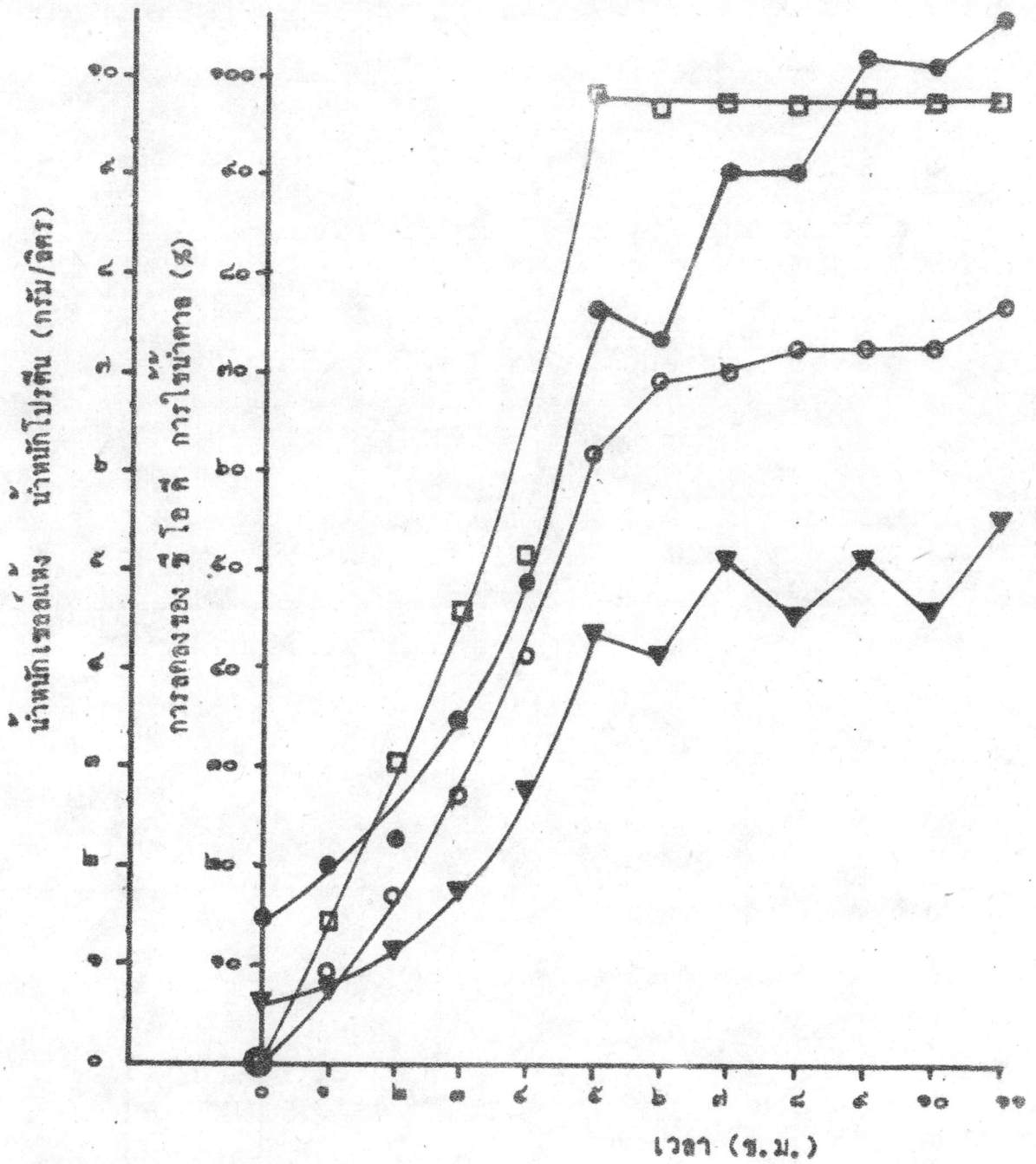
ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำสัประรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไคโอโครเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องมือแบบคอดมันน์ เป็นเวลานาน ๑๑ ชั่วโมง เพื่อตรวจการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙ ของการเลี้ยง เชื้อปริมาณการถ่ายเท ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่าสภาพการคูกกลั่นแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ ดี



ตารางที่ ๖ แสดงผลการทดลองเมื่อถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตรในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙

เวลา (ชม.)	สภาพการ คูกกลืนแสง	น้ำหนัก, เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำศาล ที่ถูกใช้ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๗	๑.๘๖	๐.๕๘	๓๙.๗๓	๐	๐
๑	๑.๖๕	๑.๙๙	๐.๗๖	๓๘.๑๙	๑๘.๐๘	๙.๓๓
๒	๒.๒๕	๒.๒๙	๑.๑๐	๔๘.๐๓	๓๐.๓๐	๑๖.๘
๓	๓.๘๘	๓.๘๗	๑.๗๖	๕๐.๗๒	๔๕.๘๐	๒๗.๐๒
๔	๕.๒๐	๔.๘๕	๒.๗๓	๕๖.๒๙	๕๑.๓๓	๔๑.๓๘
๕	๗.๗๕	๗.๖๗	๔.๓๒	๕๖.๓๒	๘๘.๑๗	๖๓.๒๙
* ๕	๘.๕๐	๕.๓๙	๓.๒๘	๖๐.๘๕	๗๘.๘๐	๕๐.๖๗
๖	๗.๙๗	๗.๓๖	๔.๑๓	๕๖.๑๑	๙๗.๑๑	๖๙.๖๑
๗	๙.๑๒	๙.๐๘	๕.๑๐	๕๖.๘๒	๙๗.๖๐	๗๐.๖๐
* ๗	๗.๖๒	๖.๒๕	๓.๘๘	๕๕.๖๘	๗๕.๕๙	๕๖.๘๕
๘	๙.๕๑	๙.๐๘	๔.๕๐	๔๙.๗๘	๙๗.๓๙	๗๒.๗๘
๙	๑๑.๓๑	๑๐.๑๙	๕.๑๐	๕๐.๐๕	๙๗.๙๐	๗๒.๗๗
* ๙	๙.๐๖	๘.๑๖	๓.๙๖	๔๘.๕๓	๘๑.๔๐	๕๘.๙๙
๑๐	๑๑.๓๒	๑๐.๑๖	๔.๕๘	๔๕.๐๘	๙๗.๘๘	๗๒.๘๗
๑๑	๑๑.๖๓	๑๐.๕๙	๕.๕๖	๕๒.๕๐	๙๗.๖๐	๗๗.๐๓

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๑๑ ถ่ายน้ำหนัก ๒๕๕ ทุก ๒ ชั่วโมง

- น้ำหนักของ เซลล์แห้ง
- % การลดลงของ ซี ไอ ที
- ▼ น้ำหนักของโปรตีน
- % การไร้น้ำตาล

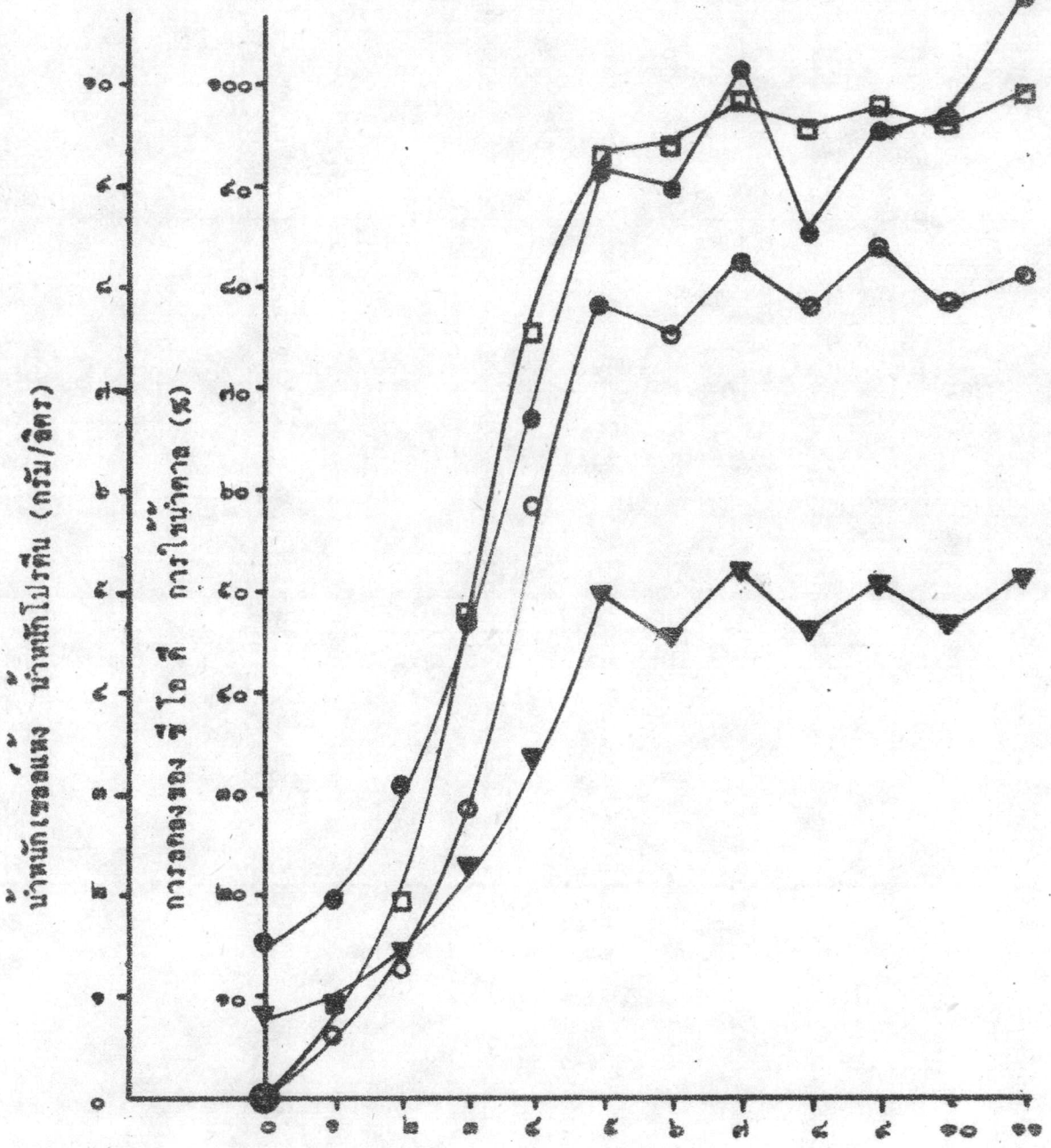
ตารางที่ ๗ รูปที่ ๑๒ และรูปที่ ๑๔

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสัปรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไคโอโครเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องมือแบบคอลัมน์ เป็นเวลานาน ๑๑ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙ ของการเลี้ยง เชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์เพื่อหาค่า สภาพการ ดูดกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ ดี

ตารางที่ ๗ แสดงผลการทดลอง เมื่อถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๓๐%
ของ ๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๘

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลืนแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำตาล ที่ถูกใช้ไป %	การลดลง ของ พีไอ %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๓	๑.๕๓	๐.๙๙	๕๐.๓๓	๐	๐
๑	๑.๙๘	๑.๙๘	๐.๙๖	๔๘.๔๘	๙.๐๘	๖.๓๓
๒	๒.๓๒	๓.๐๓	๑.๔๑	๔๖.๕๓	๑๙.๕๐	๑๒.๙๐
๓	๔.๓๔	๔.๖๙	๒.๒๔	๔๗.๙๙	๔๗.๕๙	๒๘.๔๕
๔	๖.๙๐	๖.๖๘	๓.๓๓	๔๙.๘๕	๗๕.๕๙	๕๘.๔๔
๕	๙.๕๗	๙.๑๒	๔.๙๒	๕๓.๙๕	๙๒.๗๗	๗๘.๑๓
* ๕	๗.๑๓	๖.๙๓	๓.๔๒	๔๙.๓๕	๗๖.๕๕	๕๒.๒๘
๖	๘.๙๐	๘.๙๖	๔.๕๑	๕๐.๓๓	๙๓.๘๙	๗๕.๓๗
๗	๑๐.๗๖	๑๐.๑๒	๕.๒๐	๕๑.๓๘	๙๘.๖๐	๘๓.๓๕
* ๗	๘.๓๐	๖.๘๑	๓.๕๒	๕๑.๖๙	๗๒.๒๘	๕๙.๑๐
๘	๙.๕๗	๘.๕๓	๔.๖๑	๕๔.๐๔	๙๕.๕๐	๗๘.๑๖
๙	๑๐.๗๖	๙.๕๒	๕.๐๘	๕๓.๓๖	๙๗.๙๖	๘๓.๙๔
* ๙	๘.๖๔	๖.๐๗	๓.๐๒	๔๙.๗๕	๗๗.๗๗	๖๖.๐๐
๑๐	๑๐.๑๑	๙.๖๙	๔.๖๖	๔๘.๐๑	๙๖.๑๔	๗๘.๘๔
๑๑	๑๐.๐๖	๑๐.๘๙	๕.๑๔	๔๗.๒๐	๙๘.๖๙	๘๐.๗๔

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๑๒ ฉาบเหน้าหนัก ๑๐% ทุก ๒ ชั่วโมง

● น้ำดื่มของ เซลล์แห่ง ▼ น้ำดื่มของ โปรตีน

○ % การกลองของ ซี ไอ ที □ % การไร้น้ำตาล

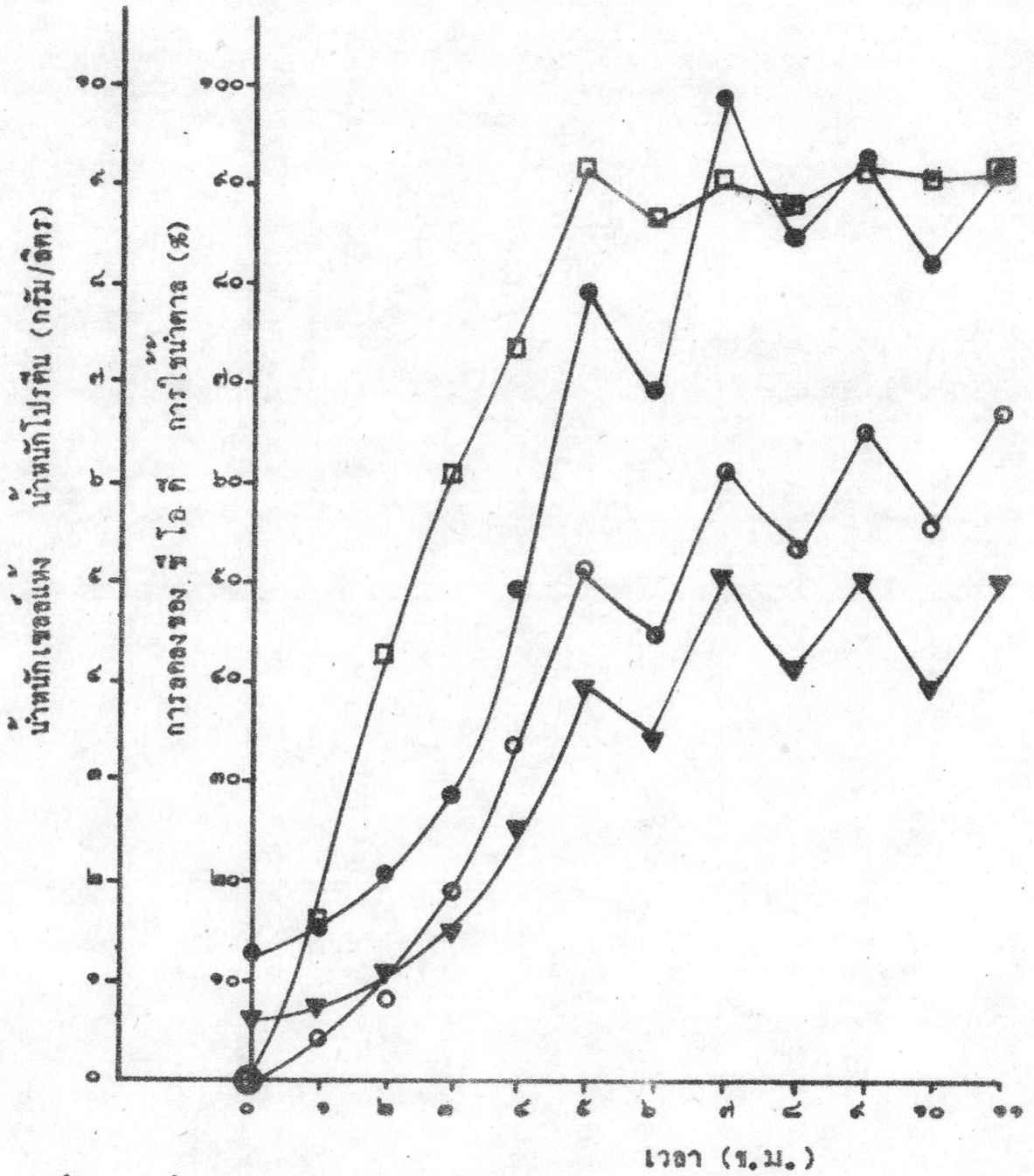
ตารางที่ ๔ รูปที่ ๑๓ และรูปที่ ๑๔

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำสปีประคความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปคัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอลัมน์ เป็นเวลานาน ๑๑ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๘ ของการเลี้ยงเชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๔๐% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่า สภาพการถูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี โอ ที

ตารางที่ ๘ แสดงผลการทดลอง เมื่อถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๔๐%
ของ ๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙

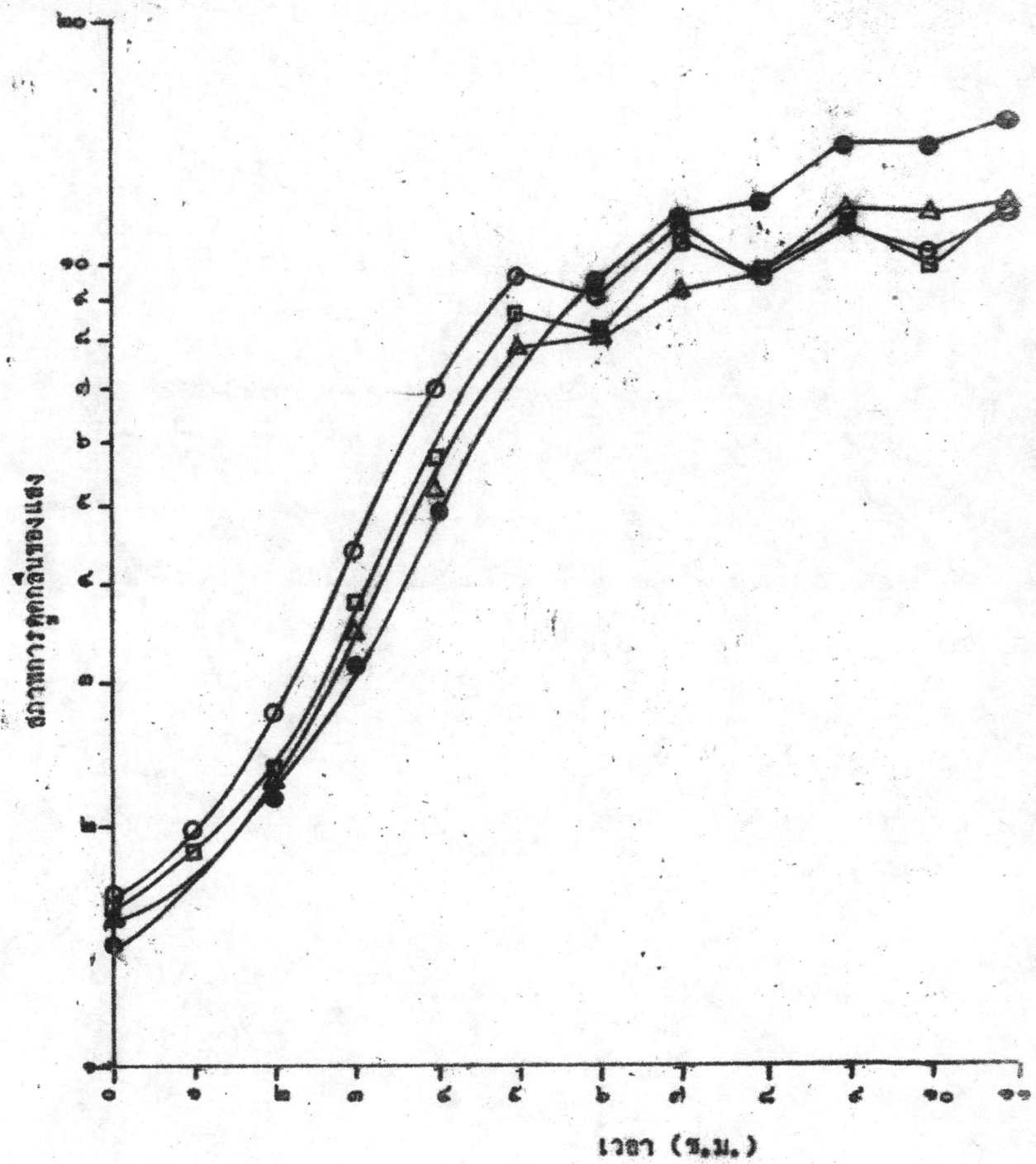
เวลา (ชม.)	สภาพการ บูดก่อก๊าซ	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๖๑	๑.๒๔	๐.๖๐	๔๘.๓๘	๐	๐
๑	๑.๘๔	๑.๕๔	๐.๗๒	๔๖.๗๕	๑๕.๙๙	๔.๒๒
๒	๒.๓๓	๒.๐๕	๑.๐๔	๕๐.๗๓	๔๓.๐๓	๘.๕๕
๓	๓.๗๑	๒.๘๗	๑.๔๔	๕๐.๑๗	๖๑.๒๑	๑๙.๐๖
๔	๕.๖๒	๔.๙๕	๒.๕๒	๕๐.๙๑	๗๓.๖๗	๓๓.๘๗
๕	๘.๔๗	๗.๙๒	๓.๙๒	๔๙.๘๙	๙๑.๙๑	๕๑.๘๒
* ๕	๕.๓๘	๗.๕๓	๒.๓๕	๓๑.๒๑	๘๐.๐๐	๒๙.๕๓
๖	๗.๙๗	๖.๙๕	๓.๔๐	๔๘.๙๒	๘๖.๖๓	๔๔.๙๑
๗	๑๐.๕๓	๙.๘๔	๕.๐๔	๕๑.๒๒	๙๐.๓๓	๖๐.๗๙
* ๗	๖.๖๓	๖.๗๒	๒.๙๔	๔๓.๗๕	๘๑.๔๙	๓๗.๖๘
๘	๙.๒๑	๘.๔๗	๔.๑๒	๔๘.๖๔	๘๘.๓๔	๕๓.๗๗
๙	๑๐.๙๐	๙.๒๙	๔.๙๙	๕๓.๗๑	๙๑.๘๑	๖๕.๔๗
* ๙	๗.๒๑	๖.๒๒	๐.๐๔	๔๘.๘๗	๘๖.๔๖	๓๙.๕๙
๑๐	๙.๗๖	๘.๒๑	๓.๙๐	๔๗.๕๐	๙๐.๖๖	๕๕.๗๒
๑๑	๑๑.๖๑	๙.๑๒	๔.๙๙	๕๕.๗๑	๙๑.๓๑	๖๖.๙๒

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๑๑ ถ่ายน้ำหนัก ๔๐% ทุก ๒ ชั่วโมง

● น้ำหนักของ เซลล์แห้ง ▼ น้ำหนักของ โปรตีน
 ○ % การคายน้ำของ ซี ไอ คี □ % การไขน้ำตา



รูปที่ ๑๘ แสดงอัตราการเจริญเติบโตของบีสต์ในคออัมน์เร็กซ์เมื่อมีการถ่ายเททุก ๒ ชั่วโมง

● ๑๕% ▲ ๒๕% ○ ๓๐% □ ๔๐%

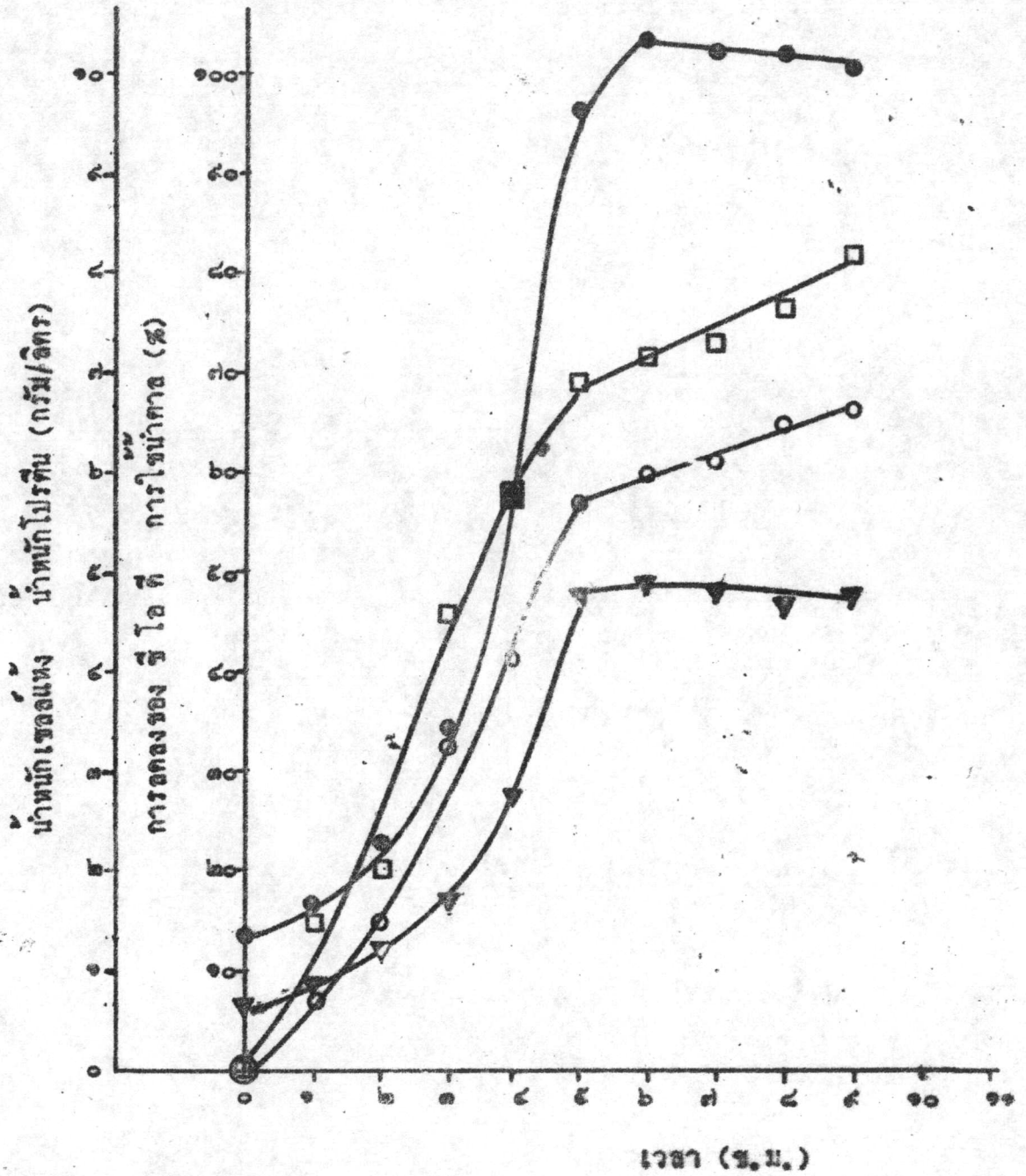
ตารางที่ ๕ รูปที่ ๑๕ และรูปที่ ๑๘

ผลการทดลอง เลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสัปปะรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอดมันน์ เป็นเวลานาน ๕ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ของการเลี้ยงเชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๒๐% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่า สภาพการคูกดกลิ่นแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ คี

ตารางที่ ๕ แสดงผลการทดลอง เมื่อถ่ายเทน้ำหนักในอัตรา ๒๐% ของ
๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลืนแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซีโอที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๔	๑.๓๕	๐.๖๕	๔๘.๑๕	๐	๐
๑	๑.๘๑	๑.๖๔	๐.๗๗	๔๖.๘๕	๑๕.๑๖	๖.๗๘
๒	๒.๔๘	๒.๒๔	๑.๑๑	๔๘.๕๕	๒๐.๒๗	๑๔.๗๐
๓	๓.๘๖	๓.๓๘	๑.๖๕	๔๘.๘๒	๕๕.๖๔	๓๒.๔๐
๔	๖.๐๔	๕.๗๑	๒.๗๖	๔๘.๓๔	๕๗.๓๗	๔๑.๒๖
๕	๘.๗๐	๘.๖๐	๔.๗๐	๔๘.๘๖	๖๘.๐๕	๕๖.๗๘
* ๕	๖.๕๖	๗.๓๔	๓.๕๖	๔๘.๕๐	๖๑.๘๐	๓๑.๒๕
๖	๑๐.๔๔	๑๐.๓๑	๔.๘๕	๔๗.๐๔	๗๑.๔๓	๕๘.๘๐
* ๖	๗.๐๗	๗.๖๓	๓.๖๘	๔๘.๒๓	๖๕.๒๘	๓๕.๑๗
๗	๑๐.๓๐	๑๐.๒๒	๔.๘๐	๔๖.๘๗	๗๓.๐๒	๖๑.๑๖
* ๗	๗.๘๓	๗.๘๖	๓.๖๖	๔๖.๕๖	๖๗.๔๖	๓๘.๗๖
๘	๑๐.๔๘	๑๐.๑๗	๔.๖๖	๔๕.๘๒	๗๖.๑๘	๖๔.๘๓
* ๘	๘.๘๘	๗.๘๖	๓.๕๘	๔๕.๕๕	๖๘.๐๕	๔๐.๘๖
๙	๑๐.๒๕	๑๐.๐๘	๔.๗๑	๔๖.๖๘	๘๑.๗๕	๖๖.๓๘

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๑๔ ถ่ายน้ำหนัก ๒๐% ทุกชั่วโมง

● น้ำหนักของ เซลล์แห้ง

▼ น้ำหนักของ โปรตีน

○ % การลดลงของ ซี ไอ ดี

□ % การใช้น้ำตาล

๔.๒.๓.๒ อัตรการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๑๐ และกราฟรูปที่ ๑๖ และรูปที่ ๑๘

๔.๒.๓.๓ อัตรการถ่ายเทน้ำหมัก ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ค่าต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ๑๑ และกราฟรูปที่ ๑๗ และรูปที่ ๑๘

๔.๒.๔ แสดงผลการเจริญเติบโตทุก ๆ ชั่วโมงของ แคนดิดา ยูติลิส ในระบบการหมักกึ่งต่อเนื่องที่อัตรการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ โดยใช้อัตรการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% ทำการชักตัวอย่างมาตรวจสอบสภาพการคุกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำหนักโปรตีน ปริมาณการใช้น้ำตาล และการลดลงของ ซี โอ ดี เปรียบเทียบการเลี้ยงในคอลัมน์ใหญ่ขนาด ๖ ลิตร และคอลัมน์เล็กขนาด ๒.๓ ลิตร ดังนี้

๔.๒.๔.๑ การเติบโตของ แคนดิดา ยูติลิส ในคอลัมน์ใหญ่ขนาด ๖ ลิตร แสดงค่าในตารางที่ ๑๒ และกราฟรูปที่ ๑๙ และรูปที่ ๒๐

๔.๒.๔.๒ การเติบโตของ แคนดิดา ยูติลิส ในคอลัมน์เล็กขนาด ๒.๓ ลิตร แสดงค่าในตารางที่ ๑๐ และกราฟรูปที่ ๑๖ และรูปที่ ๑๘

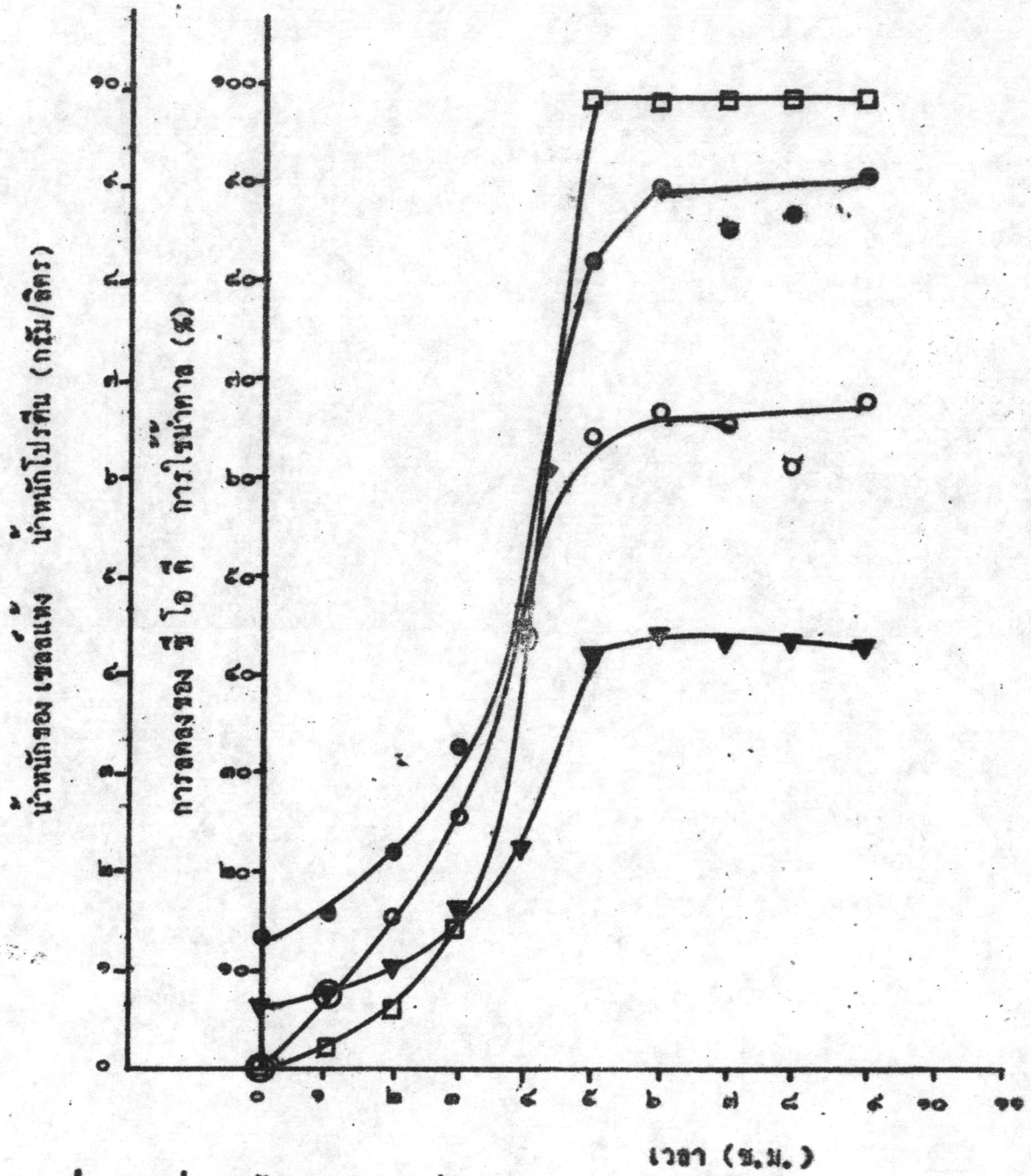
ตารางที่ ๑๐ รูปที่ ๑๖ และรูปที่ ๑๘

ผลการทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสัปปะรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เติมนสารเคมี โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟตอย่างละ ๐.๕% ที่ ปรึบความเป็นกรดค้าง ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบ คอลัมน์ เป็นเวลานาน ๕ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตร น้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ของการเลี้ยง เชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหา สภาพการดูดกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ คี

ตารางที่ ๑๐ แสดงผลการทดลอง เมื่อถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๒๕% ของ
๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘

เวลา (ชม.)	สภาพการ อุกคกิ้นแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ซี %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๖๒	๑.๓๕	๐.๕๘	๔๒.๙๖	๐	๐
๑	๑.๙๙	๑.๖๐	๐.๗๔	๔๖.๒๕	๑.๙๗	๓.๕๖
๒	๒.๔๘	๒.๑๘	๐.๙๙	๔๕.๔๑	๕.๙๙	๑๕.๘๐
๓	๓.๙๖	๓.๒๕	๑.๖๑	๔๙.๕๔	๑๔.๑๐	๒๕.๙๒
๔	๕.๘๘	๔.๓๘	๒.๒๑	๕๐.๔๖	๔๖.๐๕	๔๔.๒๖
๕	๘.๐๕	๘.๑๙	๔.๑๘	๕๑.๐๔	๘๘.๕๒	๖๔.๔๙
*๕	๗.๓๐	๖.๐๐	๓.๐๖	๕๑.๐	๙๖.๗๖	๖๐.๖๐
๖	๘.๗๒	๘.๙๓	๔.๐๐	๔๙.๒๗	๙๘.๓๑	๖๗.๐
*๖	๗.๖๓	๖.๓๐	๓.๑๘	๕๐.๔๘	๙๘.๑๗	๖๔.๙๖
๗	๘.๘๓	๘.๕๔	๔.๓๖	๕๑.๐๕	๙๘.๕๙	๖๕.๕๗
*๗	๗.๙๖	๖.๒๗	๓.๑๕	๕๐.๒๔	๙๘.๒๔	๖๐.๑๙
๘	๑๐.๐๔	๘.๖๘	๔.๓๓	๔๙.๘๘	๙๘.๕๙	๖๑.๓๔
*๘	๘.๕๒	๖.๕๐	๓.๒๐	๔๙.๒๓	๙๘.๓๑	๖๐.๗๕
๙	๙.๘๖	๙.๐๕	๔.๒๕	๔๖.๙๖	๙๘.๕๙	๖๘.๒๒

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



- รูปที่ ๑๖ ฉายเทน้ำหนัก ๒๕% ทุกชั่วโมง
- น้ำหนักของ เซลล์แห้ง
 - % การคั่งของ ซี ไอ ที
 - ▼ น้ำหนักของ โปรตีน
 - % การไอน้ำทาง

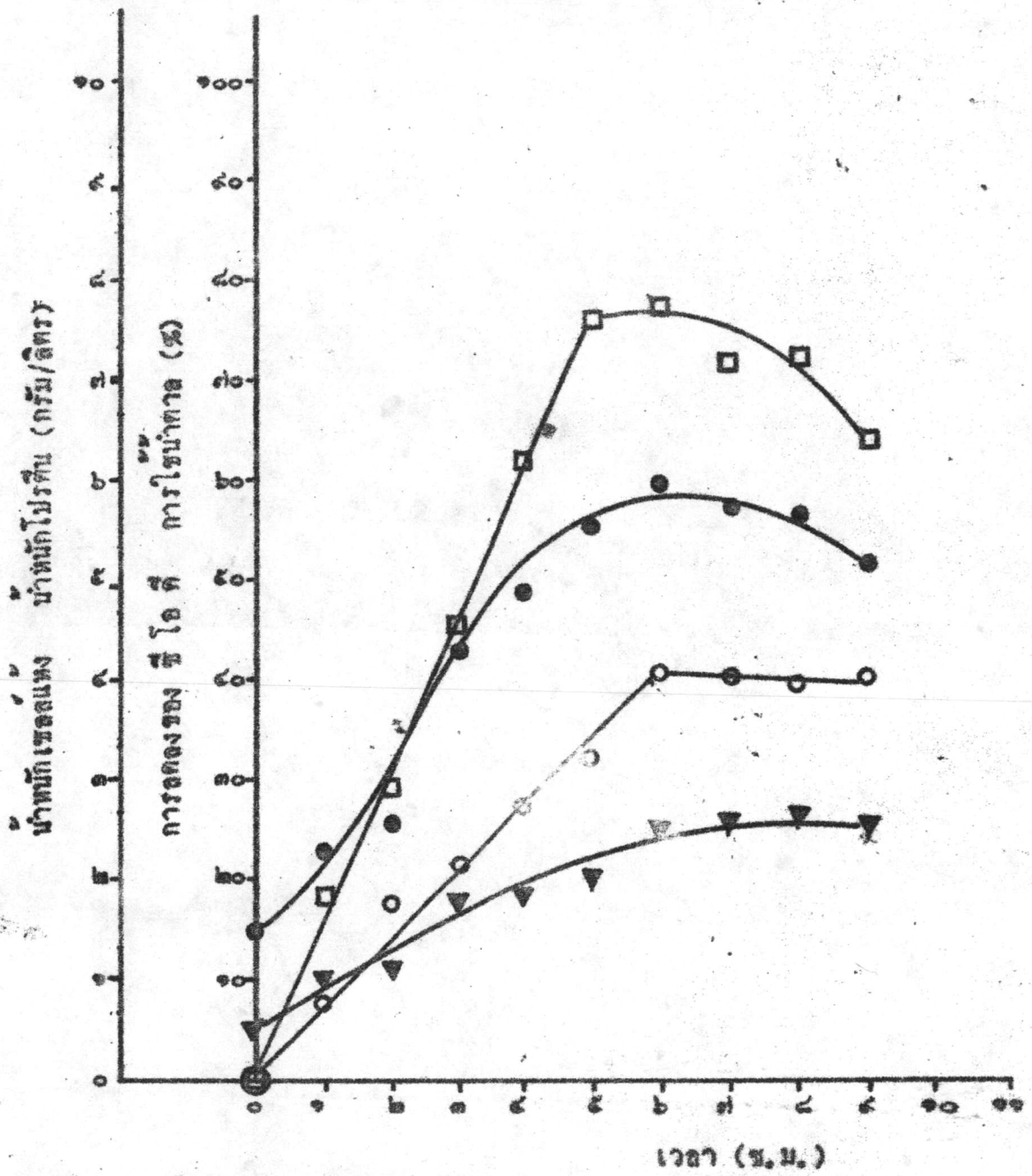
ตารางที่ ๑๑ รูปที่ ๑๙ และรูปที่ ๑๘

ผลการทดลอง เลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในน้ำส้มเปรี้ยวความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมักแบบคอดมันน์ เป็นเวลานาน ๕ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ของการเลี้ยงเชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ทุกชั่วโมง เพื่อหาค่า สภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ ดี

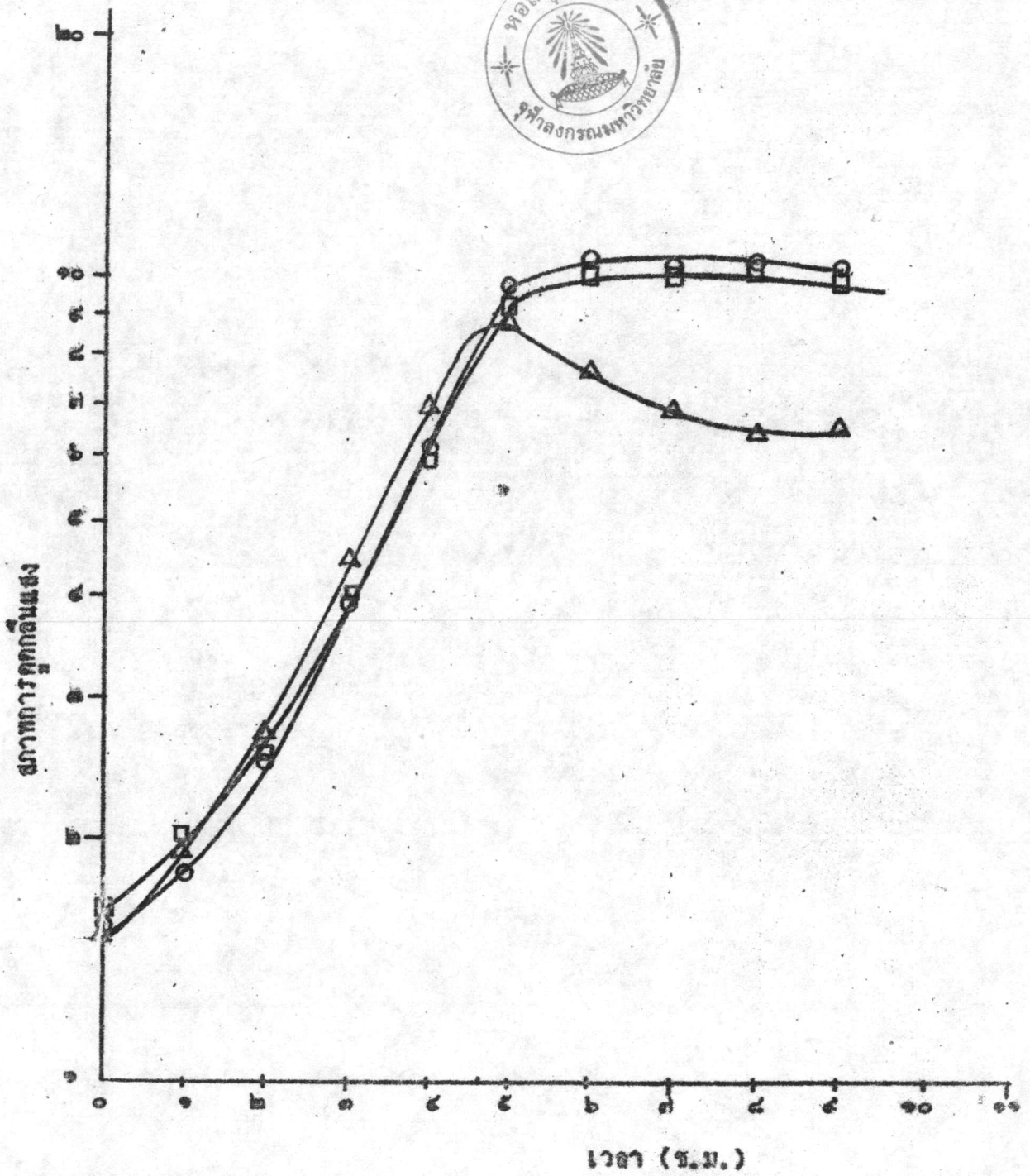
ตารางที่ ๑๑ แสดงผลการทดลอง เมื่อถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลืนแสง	น้ำหนัก เขลลแห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ที %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๓	๑.๔๕	๐.๕๒	๓๕.๘๖	๐	๐
๑	๑.๙๑	๒.๒๖	๐.๙๐	๓๙.๘๒	๑๘.๔๘	๙.๕๔
๒	๒.๙๒	๒.๕๓	๑.๐๖	๔๑.๙๐	๒๘.๘๓	๑๓.๕๘
๓	๔.๔๐	๔.๒๓	๑.๙๔	๔๐.๙๕	๔๕.๒๕	๒๑.๙๓
๔	๖.๘๖	๔.๘๕	๑.๘๑	๓๙.๓๒	๖๑.๘๓	๒๙.๑๙
๕	๘.๕๒	๕.๕๖	๑.๙๙	๓๕.๙๙	๗๖.๐๖	๓๒.๓๙
* ๕	๕.๘๕	๔.๐๔	๑.๔๐	๓๔.๖๕	๖๘.๐๕	๓๐.๖๔
๖	๙.๕๕	๕.๙๙	๒.๔๘	๔๑.๕๔	๙๙.๕๙	๔๐.๘๙
* ๖	๕.๑๓	๓.๘๒	๑.๖๔	๔๒.๙๓	๖๙.๔๒	๓๘.๕๕
๗	๖.๙๙	๕.๙๔	๒.๕๙	๔๔.๙๙	๙๒.๑๐	๔๐.๒๕
* ๗	๔.๔๙	๓.๘๙	๑.๙๒	๔๔.๒๒	๕๕.๖๘	๓๙.๑๑
๘	๖.๙๖	๕.๖๖	๒.๖๓	๔๖.๔๙	๙๒.๕๙	๓๙.๖๘
* ๘	๔.๓๓	๓.๙๓	๑.๙๑	๔๓.๕๑	๕๔.๙๖	๓๔.๙๙
๙	๖.๔๑	๕.๑๙	๒.๕๒	๔๘.๕๕	๖๔.๓๐	๔๐.๓๓

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเค็มอาหารเหลวลงไป



- รูปที่ ๑๗ ถ่ายเทน้ำหนัก ๓๐% ทุกชั่วโมง
- น้ำหนักของ เซลลูโลส
 - ▼ น้ำหนักของ ลิกนิน
 - % การลดลงของ ซี ไอ ที
 - % การไล่น้ำตาล



รูปที่ ๑๔ แสดงอัตราการเจริญเติบโตของบีสต์ในคอนดิมน์เล็กเมื่อมีการถ่ายเททุก ๆ ชั่วโมง

○ ๒๐%

□ ๒๕%

△ ๓๐%

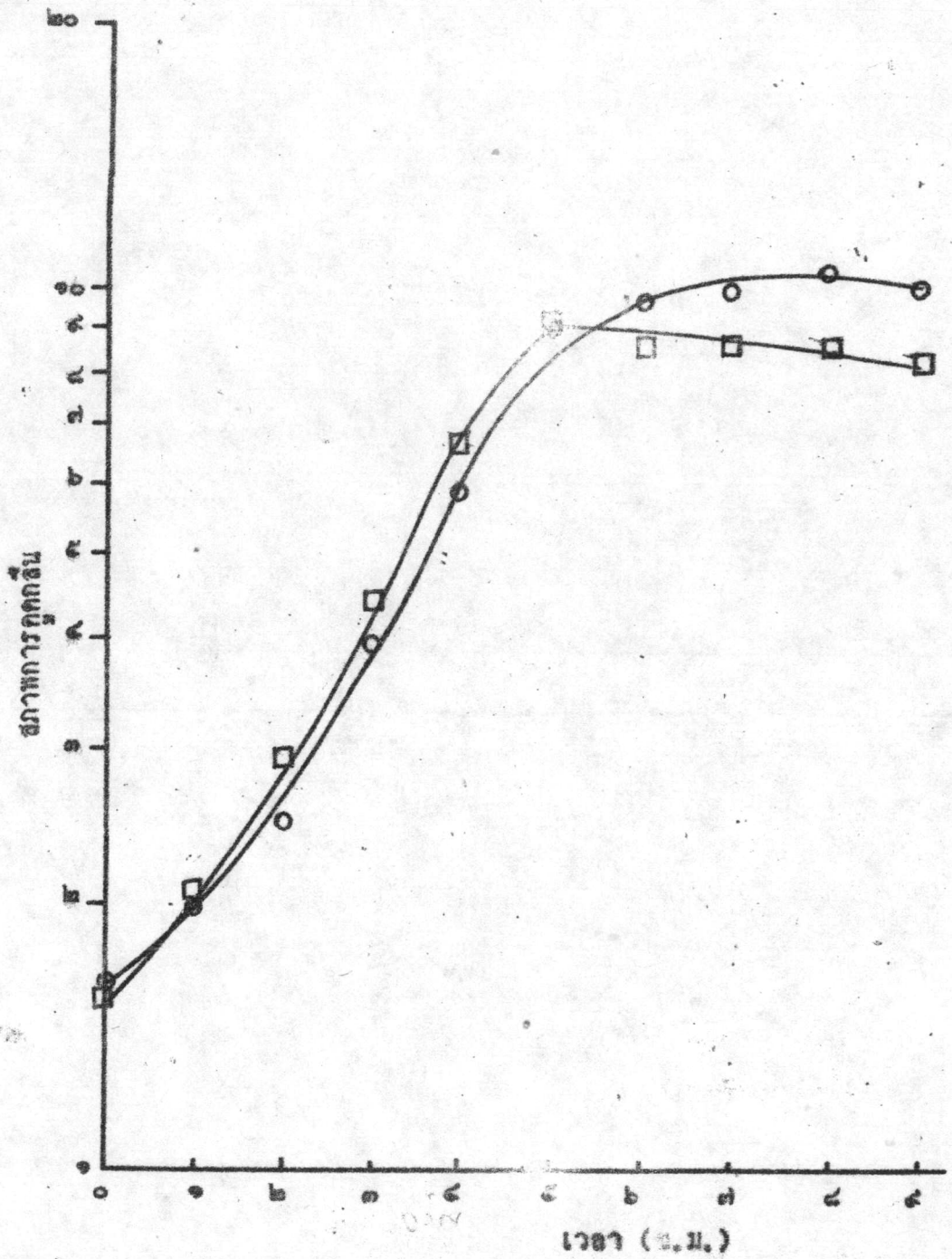
ตารางที่ ๑๒ รูปที่ ๑๙ และรูปที่ ๒๐

ผลการทดลอง เลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูทีลิส ในน้ำสัปปะรดความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องแบบคอลัมน์ เป็นเวลานาน ๕ ชั่วโมง ที่อัตราการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ทำการถ่ายเทน้ำหมักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ของการเลี้ยงเชื้อ ปริมาณการถ่ายเท ๒๕% ของ ๖ ลิตร ชักตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์หาค่า สภาพการดูดกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี ไอ คี

ตารางที่ ๑๒ แสดงผลการทดลองเมื่อถ่ายเทน้ำหนัก ๒๕% ของ ๖ ลิตร
ในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘

เวลา (ชม.)	สภาพการ คุกกลืนแสง	น้ำหนัก เซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	ปริมาณโปรตีน		ปริมาณน้ำ ตาลที่ถูกใช้ ไป %	การลดลง ของ ซี โอ ดี %
			กรัม/ลิตร	%		
๐	๑.๕๕	๑.๔๔	๐.๖๓	๔๖.๕๓	๐	๐
๑	๒.๐๓	๑.๖๓	๐.๘๑	๔๘.๕๐	๑๘.๒๒	๑๐.๓๕
๒	๒.๙๑	๒.๕๔	๑.๑๓	๔๖.๐๖	๔๓.๒๙	๒๐.๙๖
๓	๔.๔๑	๓.๓๘	๑.๘๑	๔๓.๘๘	๖๑.๕๖	๓๕.๑๓
๔	๖.๖๘	๕.๕๒	๒.๓๒	๔๙.๒๘	๗๓.๒๙	๔๙.๖๕
๕	๙.๒๐	๘.๕๖	๔.๑๒	๔๘.๑๓	๙๐.๓๓	๖๖.๐๔
* ๕	๓.๔๙	๖.๐๓	๒.๘๐	๔๖.๑๓	๘๖.๓๔	๕๓.๐๓
๖	๘.๔๕	๓.๘๑	๓.๘๔	๔๙.๑๓	๘๙.๒๖	๖๕.๖๖
* ๖	๓.๑๙	๖.๓๙	๒.๙๔	๔๖.๐๑	๘๖.๘๓	๕๔.๔๕
๗	๘.๕๐	๓.๓๙	๓.๖๖	๔๖.๙๘	๘๘.๓๘	๖๕.๐๑
* ๗	๓.๖๓	๕.๙๑	๒.๗๓	๔๖.๘๓	๘๖.๓๔	๕๓.๔๐
๘	๘.๔๐	๓.๓๓	๓.๕๘	๔๖.๓๑	๘๓.๘๐	๖๓.๓๘
* ๘	๖.๙๕	๖.๐๐	๒.๗๙	๔๖.๕	๘๐.๔๙	๔๙.๓๓
๙	๘.๑๔	๓.๖๐	๓.๔๓	๔๕.๖๖	๘๘.๓๘	๖๒.๖๔

* หมายถึงค่าที่ได้เมื่อเติมอาหารเหลวลงไป



รูปที่ ๒๐ แสดงอัตราการเจริญของพืชในคอดัมน์เล็ก เทียบกับคอดัมน์ใหญ่

○ คอดัมน์เล็ก

□ คอดัมน์ใหญ่



วิจารณ์

ผลการทดลองจากตารางที่ ๑ ซึ่งเป็นการหาอัตราการไหลหมุนเวียนของน้ำหมักผ่านท่อป้อนย้อนกลับ โดยอาศัยการจับความเร็วของหยคน้ำมันที่ผ่านท่อป้อนย้อนกลับ ในระยะทางคงที่ช่วงหนึ่ง จะใช้เวลาต่างกัน เมื่อคำนวณออกมาเป็นความเร็วแล้วจะพบว่า อัตราความเร็วของหยคน้ำมันในท่อป้อนย้อนกลับ มีค่าสอดคล้องกับอัตราการป้อนอากาศที่ ๐.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ จะให้ความเร็วเท่ากับ ๑.๖๘ ฟุต/วินาที ที่ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ อัตราความเร็วของหยคน้ำมันเป็น ๓.๐ ฟุต/วินาที ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่า ความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับ และในคอลัมน์เป็นแรงผลักดันให้เกิดการไหล จากความหนาแน่นมากมาสู่ความหนาแน่นน้อย สำหรับกรณีนี้ เป็นการป้อนอากาศเข้าคอลัมน์ที่อัตราการป้อนอากาศน้อย ความหนาแน่นของน้ำหมักในคอลัมน์จะต่างจากน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับไม่มากนัก แรงผลักดันจึงน้อย ทำให้ความเร็วที่อัตราการป้อนอากาศเข้าคอลัมน์มาก ความหนาแน่นของน้ำหมักในคอลัมน์จะลดลงมาก เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นมาก จึงให้แรงผลักดันมาก ความเร็วจึงเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ความเร็วที่แท้จริงของน้ำหมักในท่อป้อนย้อนกลับควรจะมากกว่านี้ เนื่องจากหยคน้ำมันที่ใช้เป็นตัววัดนั้นมีแรงรอยตัว มีทิศทางต้านทานการไหลของน้ำหมักผ่านท่อป้อนย้อนกลับ แต่กระนั้นก็ตาม ผลที่ได้ตามตารางที่ ๑ ก็พอจะชี้แนะได้ว่า เครื่องหมักแบบคอลัมน์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำหมักได้เอง ซึ่งจะมีประโยชน์ในแง่ที่ทำให้เซลล์ส่วนบนมีโอกาสไหลลงมารับอากาศบริสุทธิ์จากหัวกระจายอากาศไถ่ย้ายขึ้น ในการหาอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส โดยการเลี้ยงในน้ำสปีประค ความเข้มข้นน้ำตาล ๒% เสริมสารเคมี โปตัสเซียมไคโอโครเจนฟอสเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต อย่างละ ๐.๕% ปรับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ ๔ อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ เป็นเวลานาน ๘ ชั่วโมง เมื่อป้อนอากาศเข้าไปในอัตรา ๐.๕, ๑.๐ และ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ โดยการวัดค่า สภาพการคูกกลืนแสง น้ำหนัก

เซลล์แห่ง ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป การลดลงของ ซี โอ ดี ผลที่ได้จากการทดลอง ตามรูปที่ ๖, ๗ และ ๘ นั้น อาจกล่าวได้ว่า ค่าต่าง ๆ ของแต่ละการทดลองมีลักษณะที่ค่อนข้างคล้ายกันคือ ในช่วงแรกของการหมัก ค่าต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในช่วงกลางของการหมัก ค่าต่าง ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก และในช่วงท้ายของการหมัก ค่าต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งจะเหมือนกับลักษณะทั่วไปของการเติบโตของเซลล์ (Aiba, 1965) มีระยะพักตัว (lag phase) เป็นช่วงเวลาที่เซลล์กำลังอยู่ในระยะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ลักษณะเป็นการเพิ่มน้ำหนักเซลล์มากกว่าการเพิ่มปริมาณเซลล์ ระยะกลางเป็นระยะที่อัตราการเจริญของเซลล์มีค่าสูง (Logarithmic phase) มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวน และการใช้อาหารมาก ระยะท้ายเป็นช่วงที่เซลล์อยู่ในสภาวะคงตัว (stationary phase) การเพิ่มจำนวนเซลล์มีค่าน้อย อัตราการเกิดพอง ๆ กับอัตราการตาย อาหารถูกใช้ไปจะเหลือจำนวนน้อย จากการควบคุมสภาพการหมักขณะทดลองจะให้สภาพที่สอดคล้องกับการเติบโตนี้คือ ในช่วงแรก ๆ และช่วงท้าย ๆ ของการหมัก การเติมสารละลายต่าง และสารละลาย ซิลิโคน ลงไปปรับความเป็นกรด-ด่าง และทำลายฟองนั้น จะมีปริมาณน้อยไม่บ่อยครั้ง แต่ในช่วงกลางของการหมักจะเติมสารในปริมาณมากและบ่อยครั้ง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงมากในช่วงนี้ เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตในสภาพที่ป้อนอากาศในอัตราต่าง ๆ กัน ตามรูปที่ ๘ จะพบว่าอัตราการให้อากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ให้ค่า สภาพการถูกคลื่นแสงสูงกว่าอัตราอื่น เช่นเดียวกับเครื่องหมักแบบดังกล่าว (Rhodes and Fletcher 1966, Finn 1954) อัตราการป้อนอากาศ ๐.๕ และ ๑.๕ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ให้ค่าค่าอาจจะเนื่องจากการป้อนอากาศที่ ๐.๕ หน่วย มีค่าน้อยไป และที่ ๑.๕ มีค่ามากไป การให้อากาศมากไปทำให้เพิ่มการหายใจ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และเพิ่มปริมาณความร้อน ทำให้ผลผลิตลดลง (Wiley, 1954) จึงอาจกล่าวได้ว่า การเลี้ยงเชื้อ แคนดิดา ยูคิลิส ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ระบบไม่ต่อเนื่อง การป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ จะเป็นอัตราที่ดีกว่าอัตราอื่น

เนื่องจากการหมักในระบบไม่ต่อเนื่อง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณคุณภาพไม่สม่ำเสมอ
 เนื่องจากไม่อาจควบคุมสภาพการหมักให้คงตัวได้ จึงมีการศึกษาทดลองในระบบต่อเนื่องขึ้น
 เพื่อควบคุมสภาพการหมักให้คงตัว จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และปริมาณการผลิตสูง (ไพบูลย์,
 ๒๕๒๐) สำหรับการศึกษาทดลองนี้จะทำในระบบกึ่งต่อเนื่อง ด้วยการเลือกใช้อัตราการ
 ป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ ซึ่งพบแล้วว่าเป็นอัตราที่เหมาะสม
 สำหรับสภาพการเลี้ยงในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ ในการทดลองระบบกึ่งต่อเนื่อง จะหา
 ค่าที่ดีที่สุดของอัตราการถ่ายเทน้ำหมักที่จะทำให้ความเข้มข้นเซลล์อยู่ในระดับคงที่ อัตรา
 การถ่ายเทเซลล์ออกมีค่าเท่ากับอัตราการผลิตเซลล์ใหม่ ในการเลือกช่วงแรกของ
 การถ่ายเทน้ำหมักนั้น จะคำนึงถึงในช่วงที่เซลล์กำลังเจริญเติบโตดีที่สุด จะไม่เลือกในช่วงที่
 เซลล์มีปริมาณสูงสุด เพราะการเพาะเลี้ยงถึงช่วงนั้นต้องเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ใน
 การเลือกช่วงเวลาที่เซลล์กำลังเจริญเติบโตสูงนั้นจะคำนวณจาก อัตราการเติบโตจำเพาะ

$$\text{(Specific growth rate)} \quad \mu = \frac{1}{x} \cdot \frac{dx}{dt} \quad \text{hr}^{-1}$$

จากการคำนวณค่าตามตาราง ๓ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการป้อนอากาศ ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/
 ปริมาตรน้ำหมัก/นาที่ พบว่าอัตราการเติบโตจำเพาะในระยะเวลามากตั้งแต่ ๑ ถึง ๕ นั้น
 จะมีค่าต่าง ๆ กันดังนี้ ๐.๒๖, ๐.๒๗, ๐.๕๗, ๐.๖๐, ๐.๕๘, ๐.๒๓, ๐.๐๘, ๐.๐๕
 และ ๐.๐๒ จะเห็นว่าช่วงเวลาที่ดีที่สุดอยู่ในระยะการหมักชั่วโมงที่ ๓ - ๕ ช่วงระยะ
 เวลาที่ดีที่สุดคือ ชั่วโมงที่ ๔ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การถ่ายเทเชื้อออกมีความเข้มข้นพอ
 สมควร จะเลือกเอาการถ่ายเทน้ำหมัก นับแต่ชั่วโมงที่ ๕ ของการหมัก เป็นต้นไป

จากการเลี้ยงเชื้อในสภาพตามที่กล่าวมาแล้ว และทำการถ่ายเทน้ำหมัก ๑๕%
 ของ ๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่ ๕, ๗ และ ๙ ของการหมัก ๑๑ ชั่วโมง ตามรูป ๑๐ จะพบ
 ว่า ค่าต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แสดงว่าการถ่ายเทในอัตราที่มีค่าน้อยไป
 อัตราการผลิตเซลล์มีมากกว่าอัตราการถ่ายเทเซลล์ออก ทำให้ความเข้มข้นเซลล์เพิ่มขึ้น
 เรื่อย ๆ ในลักษณะเดียวกันทำการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% ของ ๒.๓ ลิตร ในชั่วโมงที่
 ๕, ๗ และ ๙ ของการหมัก ๑๑ ชั่วโมง ตามรูปที่ ๑๑ ค่าต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น

น้อยมาก ยกเว้นน้ำหนักเซลล์แห้ง อย่างไรก็ตามค่าต่าง ๆ ๑ ชั่วโมง หลังการถ่ายเท น้ำหนัก จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าก่อนถ่ายเทน้ำหนัก แสดงว่า การถ่ายเทน้ำหนักในอัตรา ๒๕% นี้ มีความเหมาะสมพอสมควร ในลักษณะเดียวกัน ทำการถ่ายเทน้ำหนักที่ ๓๐% ของ ๒.๓ ลิตร ตามรูป ๑๒ ค่าต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะคงที่ และโดยทั่วไปค่าต่าง ๆ ๑ ชั่วโมง หลังการถ่ายเทน้ำหนัก จะน้อยกว่าค่าก่อนถ่ายเทน้ำหนัก แสดงว่า อัตราการถ่ายเทน้ำหนัก ขนาดนี้มากไป ในลักษณะเดียวกัน ทำการถ่ายเทน้ำหนักที่อัตรา ๔๐% ของ ๒.๓ ลิตร ตามรูป ๑๓ ค่าต่าง ๆ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายการถ่ายเทในอัตรา ๓๐% แต่ช่วง การเปลี่ยนแปลงมีค่ากว้างกว่า อัตราการถ่ายเทอาจจะมีปริมาณมากไป จากการทดลอง อาจกล่าวได้ว่า อัตราการถ่ายเทอยู่ในระดับประมาณ ๒๕ - ๓๐% ซึ่งเมื่อพิจารณารูป ๑๔ แล้วจะเห็นว่า สภาพการคุกคืบแสงของอัตราการถ่ายเท ๑๕% มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนที่ ๒๕% ๓๕% และ ๔๐% จะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน การทดลองต่อไปจึงจะทำการถ่ายเท น้ำหนักในชั่วโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ของการหมัก ในอัตราการถ่ายเท ๒๐% ๒๕% และ ๓๐% ผลของการทดลองที่อัตราการถ่ายเท ๒๐% ตามรูป ๑๕ ค่าน้ำหนักเซลล์ น้ำหนัก โปรตีน มีสภาพเกือบคงที่ ปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป และการลดลงของ ซี โอ ดี มีค่า เพิ่มขึ้น แสดงว่า อัตราการถ่ายเท ๒๐% มีค่าน้อยไปเล็กน้อย ผลการทดลองที่อัตราการ ถ่ายเท ๒๕% ตามรูป ๑๖ น้ำหนักโปรตีน และปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไปมีค่าเกือบคงที่ ส่วน น้ำหนักเซลล์แห้ง และการลดลงของ ซี โอ ดี มีบางจุดต่ำไป อาจจะเป็นข้อผิดพลาดของ การทดลอง ซึ่งเมื่อถึงจุดนี้ไปแล้วลากเส้น ก็จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับค่าของน้ำหนักโปรตีน และปริมาณน้ำตาลที่ถูกใช้ไป จึงอาจกล่าวได้ว่า การถ่ายเทน้ำหนักในอัตรานี้มีค่าควรแก่ การพิจารณา ที่อัตราการถ่ายเท ๓๐% ตามรูป ๑๗ ทุกค่ามีแนวโน้มที่จะลดลง แสดงว่า การถ่ายเทที่อัตรานี้น่าจะมากไป ปริมาณการผลิตเซลล์น้อยกว่าปริมาณการถ่ายเทเซลล์ ออก เมื่อเปรียบเทียบการถ่ายเทน้ำหนักในอัตราต่าง ๆ โดยคค่าสภาพการคุกคืบแสง ตามรูป ๑๘ จะเห็นว่าที่อัตราการถ่ายเทที่ ๒๐% และ ๒๕% ให้อายุในลักษณะคงที่ ส่วนที่ ๓๐% ให้อายุลดลง จึงอาจกล่าวได้ว่า ที่อัตราการถ่ายเทน้ำหนัก ๒๕% เป็นอัตราที่เหมาะสม เพื่อที่จะเห็นปริมาณการผลิตให้มากขึ้น จึงทดลองเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส ในเครื่องหมัก

แบบคอลัมน์ ขนาดจุน้ำหมัก ๖ ลิตร ภายใต้การใช้อาหารและสภาพการหมักอย่างเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว เมื่อทำการถ่ายเทน้ำหมักในอัตรา ๒๕% ของ ๖ ลิตร ในช่วงโมงที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ตามรูป ๑๕ จะเห็นว่า ทุกค่ามีแนวโน้มเกือบคงที่ แสดงว่าการใช้อัตราการถ่ายเท ๒๕% ของน้ำหมักเป็นอัตราที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การหาค่าต่าง ๆ มาเปรียบเทียบ ทำในลักษณะวิเคราะห์ค่าทุกชั่วโมง แล้วนำมาเขียนกราฟ เพื่อหาแนวโน้มของตัวเลข โดยคาดว่า ถ้าเส้นกราฟมีแนวโน้มที่จะลดลง แสดงว่า ปริมาณเซลล์เริ่มถูกถ่ายเทออกมากกว่าการผลิตเซลล์ ซึ่งน่าจะเกิดจากอัตราการถ่ายเทในปริมาณที่มากเกินไป ก็ลดจำนวนลง หาอัตราการถ่ายเทใหม่ ถ้าเส้นกราฟมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น แสดงว่า อัตราการถ่ายเทต่ำไปทำการหาค่าใหม่จนได้ค่าตัวเลขที่จะทำให้เส้นกราฟมีค่าคงที่ ซึ่งน่าจะเป็นอัตราที่เหมาะสม สำหรับการถ่ายเท การทดลองโดยวิธีนี้น่าจะให้ผลที่ควรเชื่อถือได้พอควร เนื่องจากการหาค่าจุดต่อจุด อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะทดสอบว่า การคาดคะเนนี้ถูกต้องหรือไม่ ได้ลองคำนวณค่าตามแนวของระบบต่อเนื่อง โดยใช้สมการของอัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate)

$$\mu = \frac{1}{x} \cdot \frac{dx}{dt}$$

คำนวณอัตราการเจือจาง (dilution rate) $D = F/V$

เมื่อ F คือปริมาณที่ป้อนอาหารเข้าไป, V คือปริมาตรของเครื่องหมัก (ถังหมัก) ความสัมพันธ์ของ μ และ D ในกรณีของการป้อนอาหารเหลวที่มาเชื่อมแล้วจะเป็น

$$\frac{dx}{dt} = x(\mu - D)$$

ที่ค่า μ สูงกว่า D อัตราการเกิดเซลล์จะสะสมขึ้นเรื่อย ๆ

ที่ค่า μ น้อยกว่า D อัตราการเกิดเซลล์จะลดลงเรื่อย ๆ

ที่ μ เท่ากับ D จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ไพบูลย์, ๒๕๒๐)

คำนวณค่า อัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% ของ ๖ ลิตร ใช้ค่า น.น. เซลล์แห้งในตาราง ๑๒

คำนวณค่า ในช่วงโมงที่ ๕ ถึง ๖, ๖ ถึง ๗, ๗ ถึง ๘, ๘ ถึง ๙ พบว่า μ มีค่า ๐.๒๔, ๐.๒๒, ๐.๓๑, ๐.๒๗ ซึ่งในอัตราการถ่ายเทน้ำหมัก ๒๕% จะให้ค่า $D = ๐.๒๕$ ดังนั้นค่า μ ที่ได้จะใกล้เคียงกับค่า D อัตราการเกิดเซลล์จะพอ ๆ กับอัตราการถ่ายเทเซลล์

ออก เป็นไปตามที่คาดไว้ แสดงว่า การเลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส โดยใช้สูตรอาหาร และสภาพการหมักดังกล่าวมาแล้ว ในเครื่องหมักแบบคอลัมน์ขนาด ๖ ลิตร ระบบกึ่งต่อเนื่องทำการถ่ายเทน้ำหมักในช่วงเวลาที่ ๕, ๖, ๗ และ ๘ ลักษณะที่เซลล์กำลังเจริญเติบโต ปริมาณความเข้มข้นเซลล์ต่ำกว่าสภาวะคงตัว (stationary phase) อัตราที่เหมาะสมควรจะประมาณ ๒๕% ของน้ำหมัก เมื่อเปรียบเทียบอัตราการเติบโตโดยวัดสภาพการดูดกลืนแสง ตามรูป ๒๐ ค่าของการเจริญเติบโตในคอลัมน์ใหญ่ขนาด ๖ ลิตร จะน้อยกว่าในคอลัมน์เล็กขนาด ๒.๓ ลิตร เล็กน้อย อาจเป็นเพราะ

๑. ระบบการให้อากาศของคอลัมน์ใหญ่ยังไม่ดีพอ การกระจายฟองอากาศไม่หนาแน่นเต็มคอลัมน์

๒. ระบบการหมุนเวียนผ่านท่อป้อนย้อนกลับมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับปริมาตรที่ใหญ่ขึ้น

เพื่อที่จะทราบขีดความสามารถของ เครื่องหมักแบบคอลัมน์ จึงทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ ในตาราง ๓ กับค่าที่ได้ของ (สุมาลี, ๒๕๒๐) ซึ่งทำการเลี้ยงเชื้อโดยใช้สูตรอาหารชนิดเดียวกัน ปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง เท่ากัน อุณหภูมิเท่ากัน เลี้ยงในระบบไม่ต่อเนื่อง เหมือนกัน ใช้เวลาการหมักเท่ากัน อัตราการป้อนอากาศเท่ากัน แต่ใช้เครื่องหมักต่างชนิดกัน ผลที่ได้จากเครื่องหมักแบบถังกวน อัตราเร็วในการกวน ๑๕๐๐ รอบ/นาที กับเครื่องหมักแบบคอลัมน์มีดังนี้

ค่าต่าง ๆ	เครื่องหมักแบบถังกวน	เครื่องหมักแบบคอลัมน์
๑. สภาพการดูดกลืนแสง (Absorbance)	๑๘.๐๑	๑๒.๕๐
๒. น้ำหนักเซลล์แห้ง กรัม/ลิตร	๘.๕๐	๑๐.๒๐
๓. ปริมาณโปรตีน (N×6.25)	๕๕.๘๖	๕๗.๗๕
๔. Yield %	๕๘.๕๑	๕๒.๖๓

ค่าต่าง ๆ มีลักษณะใกล้เคียงกัน และเครื่องหมักแบบคอดมันมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ยกเว้น
ค่า สภาพการดูดกลืนแสง จึงอาจกล่าวได้ว่า เครื่องหมักแบบคอดมันมีขีดความสามารถ
พอ ๆ กับ เครื่องหมักแบบตั้งก้น



สรุปผล

เครื่องหมักแบบคอดมันมีระบบการไหลหมุนเวียนผ่านท่อป้อนย้อนกลับได้เอง โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำหมักในคอดมัน และในท่อป้อนย้อนกลับ นั้น พบว่า อัตราเร็วในการไหลจะขึ้นกับอัตราการป้อนอากาศ ที่อัตราการป้อนอากาศมาก อัตราการไหลจะเร็วด้วย เมื่อนำไปใช้เลี้ยงยีสต์ แคนดิดา ยูติลิส โดยใช้สูตรอาหาร สภาพการหมัก เวลาในการหมัก อัตราการป้อนอากาศ เช่นเดียวกับเครื่องหมักแบบ ดังกวน ที่อัตราการกวน ๑๕๐๐ รอบ/นาที ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า สภาพ การคูกกลืนแสง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณโปรตีน ผลิตผลที่ได้พบว่า นอกจากค่า สภาพการคูกกลืนแสงแล้ว การหมักแบบคอดมันให้ค่าอื่น ๆ สูงกว่าถึงหมักแบบดังกวนเล็กน้อย แสดงว่าถึงหมักแบบคอดมันมีขีดความสามารถในการหมักเชื้อได้เท่ากับเครื่องหมัก แบบดังกวน จากการศึกษาการป้อนอากาศที่อัตราต่าง ๆ พบว่า การป้อนอากาศที่อัตรา ๑.๐ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที ให้ค่าการหมักดีที่สุด เช่นเดียวกับเครื่องหมัก แบบดังกวน เมื่อศึกษาการถ่ายเทน้ำหมักที่อัตราต่าง ๆ ในระบบกึ่งต่อเนื่องพบว่า อัตรา การถ่ายเทที่เหมาะสมอยู่ในขั้นประมาณ ๒๕% ของน้ำหมัก เมื่อศึกษาการใช้เครื่องหมัก ขนาดใหญ่ขึ้นพบว่า มีค่าการหมักลดลงเล็กน้อย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า มีทาง เป็นไปได้ ที่จะสร้าง เครื่องหมักแบบคอดมันขึ้นใช้งานแทนเครื่องหมักแบบดังกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องหมักแบบคอดมันจะสร้างง่าย การควบคุมสภาพการหมักไม่ซับซ้อน ราคาถูก ไม่ ต้องใช้พลังงานมาก อย่างไรก็ตาม ถึงหมักแบบคอดมันนี้จะต้องรีบทำความสะอาดทันที หลังการหมัก เพราะถ้าทิ้งไว้ ระบบการกระจายอากาศด้วยรูพรุน อาจเกิดอุดตันได้

เสนอแนะ

เนื่องจากเครื่องหมักแบบคอดมันสร้างขึ้นมาเพื่อศึกษาทดลองทำการผลิตใน ปริมาณน้อย ๆ การศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อระบบการหมัก ยังทำไม่มาก งานศึกษา ทดลองที่ทำการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้นเกี่ยวกับการหมักเชื้อ และการเลี้ยงเชื้อในระบบ

กิ่งต่อเนื่อง ยังมีจุดบกพร่อง ที่ควรแก่การศึกษาทดลองอีกมาก ผู้ที่สนใจศึกษาควรจะ
 พิจารณา เช่น ผลที่เกี่ยวข้องกับระบบการให้อากาศ ได้แกขนาดของหัวกระจายอากาศ
 ต่อขนาดของคอลัมน์ ถ้าหัวกระจายอากาศเล็กเกินไป เมื่อเทียบกับขนาดของ คอลัมน์ การ
 กระจายฟองอากาศอาจจะหนาแน่นน้อยไม่เต็มคอลัมน์ ระบบการไหลหมุนเวียน ขนาดของ
 ท่อ ตำแหน่งรูเปิดของท่อป้อนย้อนกลับ อาจจะมีผลต่อระบบความเร็วในการไหลหมุนเวียน
 ถ้ารูเปิดอยู่ต่ำกว่าระดับการกระจายอากาศเต็มคอลัมน์ การไหลหมุนเวียนค่อนข้างจะช้า
 เช่นเดียวกัน ถ้าขนาดของท่อป้อนย้อนกลับ เล็กไป เมื่อเทียบกับขนาดของ คอลัมน์ ปริมาณ
 การไหลหมุนเวียนของน้ำหมัก อาจจะน้อย เมื่อเทียบกับสัดส่วนจำนวนมากของน้ำหมัก
 ความสูงของคอลัมน์อาจจะมีผลเกี่ยวข้องกับการผลิตได้ การศึกษาอัตราการถ่ายเทใน
 ช่วงเวลาที่เป็นสภาวะคงตัว (stationary phase) ซึ่งความเข้มข้นเซลล์มีค่าสูง
 เทียบกับการศึกษาทดลองนี้ จะทำให้ทราบว่า ควรจะถ่ายเทที่อัตราใดจึงจะเหมาะต่อการ
 ผลิต การขยายระบบการผลิตกิ่งต่อเนื่องให้เป็นต่อเนื่อง โดยอาศัยข้อมูลที่ได้ จากการ
 ศึกษาทดลองนี้เป็นเกณฑ์ การปรับปรุงระบบควบคุมสภาพการหมัก เนื่องจาก เครื่องหมัก
 แบบคอลัมน์นี้สร้าง ขึ้นเพื่อศึกษา ความเป็นไปได้หรือไม่ในการผลิตเซลล์ เมื่อเทียบกับ
 เครื่องหมักแบบถังกวน ควบคุมสภาพการหมักค่อนข้างจะหยวบ กล่าวคือ การควบคุม
 อุณหภูมิแทบไม่มีเลย เพราะเป็นถังหมักขนาดเล็ก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิปัจจุบันอยู่ในช่วง
 ประมาณ ๒๘ - ๓๒ องศาเซลเซียส การวัดและการเติมสาร เพื่อควบคุมความเป็นกรด-
 คาง ทำลายฟองได้ทำอย่างหยวบ ๆ ทำให้ช่วงกว้างของการเปลี่ยนแปลงมีมากพอสมควร
 ผลที่ได้จึงใช้ประเมินค่าอย่างคร่าว ๆ ถ้าจะให้ช่วงกว้างของการเปลี่ยนแปลงมีน้อย เพื่อ
 ความแม่นยำในการประเมินค่าแล้ว ควรจะจัดและควบคุมการเติมสารตัวประกอบอัตโนมัติ
 เช่นระบบการให้อากาศ แทนที่จะให้อากาศในอัตราคงตัว ๑ ปริมาตรอากาศ/ปริมาตร
 น้ำหมัก/นาที่ ตลอดจนการหมักก็ใช้ระบบการวัดปริมาณออกซิเจน ที่ละลายอยู่ แล้วป้อนอากาศ
 ในอัตราที่จะทำให้เกิดการละลายของออกซิเจนอยู่ในถังหมักในปริมาณที่พอเพียง ต่อความ
 ต้องการของ เซลล์หมัก ระบบหลังจะดีกว่าในแง่

๑. ประหยัดการใช้อากาศ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
๒. ลดโอกาสที่จะติดเชื้อ ซึ่งปะปนมาจากอากาศให้น้อยลง
๓. ไม่มีอากาศมากจนเกินไป จนอาจจะเป็นอันตรายต่อการผลิตได้

ระบบการวัดและเติมสารละลายต่าง และสารละลาย ซิลิโคน เพื่อควบคุมระดับกรด-
ด่าง ถัดเปลี่ยนเป็นระบบอัตโนมัติ จะทำให้การควบคุมดีขึ้น