ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ

ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING MYCELIAL GROWTH OF *Ganoderma lucidum*

สุภาวดี ศรีแย้ม

SUPAWADEE SRIYAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2541

ISBN 974-622-313-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING MYCELIAL GROWTH OF *Ganoderma lucidum*

SUPAWADEE SRIYAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1998

ISBN 974-622-313-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1998
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ

ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING MYCELIAL GROWTH OF *GANODERMA LUCIDUM*

ชื่อนักศึกษา นางสาวสุภาวดี ศรีแย้ม **รหัสประจำตัว** 38064214

หลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ดุษฎี ธนะบริพัฒน์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.เยาวพา บุญปู่

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.เนาวรัตน์	ปานแย้ม	
รศ.ดร.ดุษฎี	ธนะบริพัฒน์	
ดร.เยาวพา	บุญปู่	
ผศ.ดร.นวลพรรณ	ณ ระนอง	
ผศ.ดร.ศุภชัย	รตโนภาส	

ค่าระดับคะแนนที่ผ่านเป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการ GOOD

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 7 ตุลาคม 2541 **เวลา** 10.00 – 12.00 น. **เป็นต้นไป**

สถานที่สอบ ณ ห้อง 424 ห้องประชุม-สัมมนา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 30 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** 2541

หมายเหตุ การวัดผลวิทยานิพนธ์ให้ใช้ค่าระดับคะแนนดังนี้

ค่าระดับคะแนน	ผลการศึกษา
O	Outstanding (ดีเยี่ยม)
G	Good (ดี)
P	Pass (ผ่าน)
F	Fail (ไม่ผ่าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ
นักศึกษา	นางสาวสุภาวดี ศรีแย้ม
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. ดุษณี ธนะบริพัฒน์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. เยาวพา บุญปู่
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
พ.ศ.	2541

บทคัดย่อ

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) สายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารเหลว 5 สูตร ได้แก่ PDB , YM , YMK , MYGP และ GYP เพื่อคัดเลือกชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อและสายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เหมาะสมในระดับฟลาสก์ จากการทดลองพบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 เจริญได้ดีกว่าสายพันธุ์ L002 และเจริญได้ดีในอาหารสูตร MYGP และสูตร YMK ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เจริญในอาหารสูตร MYGP พบว่า ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_S) และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{X/S}$) มีค่าเท่ากับ 0.030 ต่อชั่วโมง , 6.75 กรัมต่อลิตร และ 0.95 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับในระดับถังหมักได้ศึกษาผลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ ได้แก่ ความเร็วรอบของใบพัดที่ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที และค่าพีเอชที่ 3.0 , 5.5 และ 7.0 จากผลการทดลองพบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 เจริญได้ดีในถังหมักที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาที และให้ผลแตกต่างกันทางสถิติกับความเร็วรอบของใบพัดที่ 300 และ 100 รอบต่อนาที ส่วนที่ค่าพีเอช 5.5 เส้นใยเห็ดหลินจือจะสามารถเจริญได้ดีโดยที่ค่าพีเอชทั้ง 3 ระดับให้ผลแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในระดับถังหมัก พบว่า ที่ความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของใบพัด 200 รอบต่อนาที และพีเอช 5.5 มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด เท่ากับ 0.070 , 0.053 ต่อชั่วโมง ค่าคงที่โมนอด 5.50 , 5.80 กรัมต่อลิตร และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 0.65 , 0.63 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Environmental Factors Influencing Mycelial Growth of *Ganoderma lucidum*
Student	Miss Supawadee Sriyam
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Dusanee Thanaboripat
Thesis Co-advisor	Dr. Yaowapa Boonpooh
Degree	Master of Science in Biotechnology
Year	1998

ABSTRACT

Two strains of *Ganoderma lucidum* : L002 and L004 were cultivated in five liquid media , i.e. , PDB , YM , YMK , MYGP and GYP in order to select the suitable medium for mycelial growth in shake flasks. The result showed that strain L004 gave better growth than strain L002 and grew well in both MYGP and YMK which yielded higher dry weight than other media without any significant difference. The kinetic parameter of strain L004 in MYGP was calculated and found that the maximum specific growth rate (μ_{max}) , saturation coefficient (K_s) and biomass yield coefficient ($Y_{x/s}$) were 0.030 h^{-1} , 6.75 gl^{-1} and 0.95 gg^{-1} , respectively. The effect of environmental factors on mycelial growth of *G. lucidum* was studied in fermentor with stirrer speeds at 100 , 200 and 300 rpm and pH values at 3.0 , 5.5 and 7.0. The result showed that mycelium of *G. lucidum* strain L004 grew well at stirrer speed of 200 which differed significantly with 300 and 100 rpm. Better mycelial growth was obtained at pH 5.5 and there was no significant difference between other pH values. Values of growth kinetic parameters were obtained from the experiment. The maximum specific growth rates were 0.070 , 0.053 h^{-1} , saturation coefficient were 5.50 , 5.58 gl^{-1} and biomass yield coefficient were 0.65 , 0.63 gg^{-1} , respectively when the stirrer speed was at 200 rpm and pH 5.5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และ ดร. เยาวพา บุญปู่ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. กฤษณา ไกรสินธุ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ สำหรับใช้ในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทางสถาบันวิจัย องค์การเภสัชกรรม และ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆปริญญาโทที่ได้ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดาและความปรารถนาของพี่ๆที่ได้ให้การสนับสนุนและกำลังใจมาโดยตลอด

สุภาวดี ศรีแย้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ IV

สารบัญ V

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ลักษณะทั่วไปของเห็ด 4

2.2 สัณฐานวิทยาของราในคลาสเบสิดิโอไมซีติส 5

2.3 ลักษณะทั่วไปของเห็ดหลินจือ 5

2.4 กระบวนการสร้างและใช้พลังงานของเห็ด 7

2.5 สารออกฤทธิ์และสรรพคุณทางยา 8

2.6 การหมัก 12

2.7 ชนิดของถังหมักที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อรา 12

2.8 การเพาะเลี้ยงแบบแบช 16

2.9 ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ 22

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 26

3.1 เห็ดหลินจือ 26

3.2 เคมีภัณฑ์ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ 26

3.4 วิธีการทดลอง 28

3.4.1 การเตรียมเชื้อเห็ดเลี้ยงบนอาหารวุ้น PDA 28

3.4.2 การเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์ 28

3.4.3 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดในการเพาะเลี้ยงระดับถังหมัก 28

3.4.4 การวิเคราะห์และการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ 31

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ 34

บทที่ 4 ผลการทดลอง 35

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ 84

บรรณานุกรม 91

ภาคผนวก 97

ภาคผนวก ก 98

ภาคผนวก ข 100

ภาคผนวก ค 105

ประวัติผู้เขียน 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าคงที่โมนอด (K_s)ของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่างๆ..... 21

2.2 แสดงค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด(μ_{max}) ของเชื้อราบางชนิดที่ใช้กลูโคส..... 22

4.1 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK..... 36

4.2 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK..... 37

4.3 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP..... 40

4.4 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP..... 41

4.5 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP..... 44

4.6 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP..... 45

4.7 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM 49

4.9 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB 52

4.10 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB 53

4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตรต่างๆที่เพาะเลี้ยงในระดับฟลาสก์ 56

4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์ 57

4.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์ 60

4.14 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที 67

4.15 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที 68

4.16 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที 68

4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แบ่งผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 71

4.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.19 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคส ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีค่าพีเอช 3.0 74

4.20 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคส ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีค่าพีเอช 5.5 75

4.21 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคส ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีค่าพีเอช 7.0 75

4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แปรผันค่าพีเอช 78

4.23 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมัก 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะดอกเห็ดหลินจือ	7
2.2	แสดงกระบวนการสร้างและใช้พลังงานของเห็ด	9
2.3	แสดงลักษณะถังหมักแบบ Stirred tank reactor	13
2.4	แสดงลักษณะถังหมักแบบ Tower	14
2.5	แสดงลักษณะถังหมักแบบ Cyclone column	15
2.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเซลล์จุลินทรีย์กับเวลา	16
2.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญจำเพาะกับปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร	19
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\mu$ กับ 1/S	20
3.1	แสดงขั้นตอนในช่วงเวลาการฆ่าเชื้อ	30
4.1	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK	38
4.2	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK	38
4.3	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP	42
4.4	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP	42
4.5	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP	46
4.6	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP	46
4.7	แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.8 แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM..... 50

4.9 แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB..... 54

4.10 แสดงน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคส และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB..... 54

4.11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์..... 58

4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของ เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK..... 61

4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของ เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK..... 61

4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของ เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP..... 62

4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของ เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP..... 62

4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของ เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP..... 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP..... 63

4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM..... 64

4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM..... 64

4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB..... 65

4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB..... 65

4.22 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที..... 69

4.23 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที..... 69

4.24 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที..... 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.25 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด..... 73

4.26 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคสของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 3.0..... 76

4.27 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคสของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 5.5..... 76

4.28 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ และปริมาณกลูโคสของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 7.0..... 77

4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที..... 81

4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที..... 81

4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที..... 82

4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 3.0..... 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 5.5 83

4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 7.0 83

ข-1 ถังหมัก Biostat®C (B.Braun) Type C 10-3 ขนาด 15 ลิตร 101

ข-2 ส่วนประกอบของส่วนบนของถังหมัก 102

ค-1 กราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เห็ดหลินจือ(*Ganoderma lucidum*) เป็นสมุนไพรที่ใช้ในประเทศจีนมาแล้วกว่าสองพันปี เชื่อว่ามีสรรพคุณเป็นยาอายุวัฒนะ เนื่องจากในสมัยก่อนเห็ดหลินจือพบน้อยมาก มีอยู่เฉพาะในธรรมชาติจึงมีราคาแพง เห็ดหลินจือชอบเกิดกับต้นไม้ตระกูล Quercus , Fagus , Castanea และขึ้นกับต้นไม้หลายชนิดที่หมดอายุแล้วเช่น มะขาม หมาก มะม่วง มะพร้าว ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง หมากเขียว ขงโค และสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน (สาธิต,2538)

เนื่องจากเห็ดหลินจือเป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณเป็นยาในด้านอายุวัฒนะ ตลอดระยะเวลา 30 ปี ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ของเห็ดหลินจือกันอย่างกว้างขวางทั้งในด้านการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สารออกฤทธิ์ สรรพคุณทางยา สารสำคัญๆได้แก่ ไตรเทอร์พีนอยด์ พอลิแซ็กคาไรด์ นิวคลีโอไทด์ โปรตีน สเตอรอยด์ จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า สารเหล่านี้มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ ทำให้เห็ดหลินจือเป็นเห็ดที่น่าสนใจและมีราคาค่อนข้างสูงตามสรรพคุณ ซึ่งพบทั้งฤทธิ์ในการรักษาอาการแพ้ โรคเบาหวาน การบรรเทาอาการปวดลดการอักเสบ การต่อต้านมะเร็ง Mizuno และคณะ (1984)พบว่าสารยับยั้งในเห็ดหลินจือที่ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง sacroma 180 คือ glucan ลดคอเรสเตอรอลในเลือดและโรคความดันโลหิตสูง (Kanmatsuse และคณะ, 1985) ซึ่งมีหลายประเทศที่ได้ให้ความสนใจและศึกษาเห็ดหลินจือได้แก่ จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น สิงคโปร์ เกาหลี บางประเทศในแถบยุโรป อเมริกา มาเลเซีย รวมทั้งประเทศไทย มีองค์กรต่างๆให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าถึงการเพาะเลี้ยง เห็ดหลินจือเพื่อให้ได้ปริมาณสารสำคัญต่างๆมากพอที่จะใช้ในระดับอุตสาหกรรมทั้งจากดอกเห็ดหรือเส้นใยเห็ดหลินจือด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงต่างๆ ซึ่งการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวในรูปของเส้นใย ทั้งในลักษณะการเพาะเลี้ยงแบบนิ่ง(Static)และแบบเขย่า(Shake flask) น่าจะเป็นเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเข้าสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือโดยทำการคัดเลือกสายพันธุ์และชนิดของอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์และศึกษาสภาวะแวดล้อมต่างๆเช่น ความเร็วรอบ ค่าพีเอช ในการเพาะเลี้ยงในระดับถังหมัก เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สามารถผลิตเส้นใยเห็ดหลินจือได้ในปริมาณสูงและเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาหาสารสำคัญต่างๆที่มีอยู่ในเส้นใยเห็ดหลินจือต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือระหว่างสายพันธุ์ L002 กับสายพันธุ์ L004

1.2.2 ศึกษาชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือ

1.2.3 ศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆได้แก่ความเร็วรอบ และค่าพีเอชที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ

1.2.4 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์กับในระดับถังหมัก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารเหลวสูตรต่างๆที่ทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะแบบเขย่าในระดับฟลาสก์แล้วคัดเลือกสายพันธุ์และชนิดของอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเพื่อศึกษาต่อในระดับถังหมักเพื่อให้ได้เส้นใยเห็ดหลินจือปริมาณที่สูงและศึกษาผลของสิ่งแวดล้อมต่างๆที่มีต่อการเจริญเติบโตได้แก่ ความเร็วรอบ ค่าพีเอช และค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ได้แก่อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_s) ประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{x/s}$) เพื่อพัฒนาการผลิตเส้นใยเห็ดหลินจือให้ได้ปริมาณที่สูงเหมาะสมสำหรับนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือแบบอื่นๆ ได้แก่ แบบ Fed-batch และแบบต่อเนื่อง

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการนำเส้นใยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงไปศึกษาหาสารสกัดสำคัญต่างๆ ที่มีสารออกฤทธิ์และสรรพคุณทางยาที่พบในเส้นใยเห็ดหลินจือและนำสารสกัดสำคัญชนิดนั้นไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อที่จะนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในด้านการป้องกันและการบำบัดรักษาทางการแพทย์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของเห็ด

เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงชนิดหนึ่งและนิยมนำมาทำอาหารรับประทานมาก เนื่องจากเห็ดเกือบทุกชนิดมีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหารสูงและเห็ดบางชนิดยังมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค ได้แก่ เห็ดหอม (*Lentinus edodes*) พบว่าในเห็ดหอมมีสาร eritadinine ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยลดไขมันในเส้นเลือด (Cholesterol) ได้เป็นอย่างดี (Suzuki และ Oshima , 1976) เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) มีสรรพคุณช่วยรักษาโรคความดันโลหิตต่ำ ช่วยลดการติดเชื้อต่างๆ ทำให้แผลสมานตัวกันได้เร็วขึ้น ป้องกันโรคลักปิดลักเปิดได้ดี เห็ดนางรมขาว (*Pleurotus ostreatus*) บำบัดอาการปวดขา ปวดเอว ขยายหลอดเลือด เห็ดกระดุม (*Agaricus bisporus*) มีเอนไซม์ tyrosinase รักษาโรคความดันโลหิตสูงและใช้ในการคลายความตื่นตระหนก เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ซึ่งจัดเป็นเห็ดราที่สำคัญที่มีสรรพคุณทางยาสูง Wang และคณะ (1993) ได้ศึกษาพบว่าสารพอลิ-แซ็กคาไรด์ที่มีอยู่ในเห็ดหลินจือมีสรรพคุณสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ สำหรับองค์ประกอบของเห็ดโดยทั่วไป(คิดต่อน้ำหนักแห้ง)จะพบคาร์โบไฮเดรต 51 - 88 เปอร์เซ็นต์ ไฟเบอร์ 4 - 20 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 19 - 35 เปอร์เซ็นต์ ในเห็ดมีกรดอะมิโนจำเป็นที่พบมากได้แก่ lysine และ leucine ซึ่งในเมล็ดธัญพืชจะพบกรดอะมิโนพวก lysine ในปริมาณที่น้อยมาก รัฐพล (2538) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ด เห็ดที่ทำการศึกษาคือเห็ดหลินจือและเห็ดฟางพบว่าปริมาณโปรตีนในเห็ดฟางจะมีปริมาณที่สูงกว่าเห็ดหลินจือทั้งในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดแต่การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนพบว่าเส้นใยเห็ดหลินจือมีกรดอะมิโนจำเป็นที่สูงกว่าดอกเห็ด ส่วนเส้นใยเห็ดฟางพบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับดอกเห็ด

นอกจากนี้ยังพบว่าเห็ดเป็นแหล่งวิตามินที่ดี ทั้ง Thiamine (B_1) , Riboflavin (B_2) , Niacin , Biotin , Ascorbic acid (C) และแร่ธาตุต่างๆ (Chang และ Buswell , 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็ดจัดอยู่ในคลาสเบสิดิโอไมซีติส (Basidiomycetes) เป็นเชื้อราที่มีวิวัฒนาการมากกว่าเชื้อราชนิดอื่น พบทั้งที่ก่อให้เกิดพิษและเป็นประโยชน์ เชื้อราที่มีประโยชน์ได้แก่ เห็ดต่างๆ เช่น เห็ดฟาง เห็ดหอม เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดนางรม เป็นต้น นอกจากนี้พบเชื้อราพวก Smut และ Rust ซึ่งราทั้งสองชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มของปรสิตที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคพืช

2.2 สัณฐานวิทยาของราในคลาสเบสิดิโอไมซีติส

ราในคลาสเบสิดิโอไมซีติส ประกอบด้วยเส้นใยที่มีผนังกั้น พบทั่วไปได้ตามบริเวณที่ชื้นในป่า ตามขอนไม้ผุหรือใต้เปลือกไม้ที่ชื้น เส้นใยส่วนใหญ่มีสีขาว สีเหลืองซีด หรือสีส้มและมักจะเจริญแผ่กว้าง รูปคล้ายพัด การสร้างสปอร์ส่วนใหญ่เป็นแบบมีเพศ(Sexual spore) สปอร์แบบมีเพศเรียกว่า เบสิดิโอสปอร์(Basidiospore) โดยสปอร์จะถูกสร้างที่เบสิเดียม(Basidium) เส้นใยของเชื้อราคลาสเบสิดิโอไมซีติสมีการเจริญเป็น 3 ระยะ คือเส้นใยปฐมภูมิ (Primary mycelium) หรือ Homokaryon เป็นเส้นใยที่เกิดจากการงอกของเบสิดิโอสปอร์ซึ่งมีโครโมโซมเป็น Haploid (n) จึงเรียกว่า Homokaryotic mycelium เมื่อเส้นใยปฐมภูมิมาเชื่อมต่อกันและไซโตพลาสซึมของทั้งสองรวมเข้าด้วยกันได้เป็นเซลล์ที่มีสองนิวเคลียส แต่นิวเคลียสทั้งสองไม่รวมกัน (Dikaryotic mycelium) จึงมีการพัฒนาไปเป็นเส้นใยทุติยภูมิ (Secondary mycelium) หรือ Heterokaryon เส้นใยทุติยภูมิแต่ละเซลล์จะมีข้อยึดระหว่างเซลล์เรียกว่า Clamp connection เส้นใยทุติยภูมิจะเจริญเพิ่มปริมาณมากขึ้นและมีการรวมตัวกันเป็น Fruiting body เรียกว่าเส้นใยตติยภูมิ (Tertiary mycelium) เซลล์ในเส้นใยยังคงเป็น Dikaryotic cell (Alexopoulos และคณะ, 1996) วงจรชีวิตของเห็ดหลินจือเป็นแบบ Heterothallic และเป็น Tetrapolar (Chang และ Chen, 1986)

ลักษณะเฉพาะของราในคลาสเบสิดิโอไมซีติส คือ สร้างเบสิเดียมและมีเส้นใยเป็นชนิด Dikaryotic ผนังกั้นเป็น Dolipore septum มีพาเรนติโซม(Parentisome)และ Clamp connection

2.3 ลักษณะทั่วไปของเห็ดหลินจือ

เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) เป็นราขนาดใหญ่ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีชื่อเรียกต่างๆกัน เช่น เห็ดหัวงู เห็ดนางกวัก เห็ดอมตะ เห็ดหมื่นปี(Mannentake) เห็ดมหัศจรรย์ (Holy mushroom) เห็ดเคลือบแลคเกอร์ (Lacquered mushroom) เป็นต้น (สาธิต,2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกเห็ดหลินจือ (Alexopoulos และคณะ , 1996)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ganoderma lucidum* (Fr) Karst.

Class	Basidiomycetes
Subclass	Holobasidiomycetidae
Series	Hymenomycetes
Order	Polyporales
Family	Polyporaceae (Ganodermataceae)
Genus	*Ganoderma*
Species	*lucidum*

ลักษณะโดยทั่วไปของเห็ดหลินจือ คือ สปอร์จะมีสีน้ำตาล ลักษณะเป็นวงกลมรีคล้ายรูปไข่ มีขนาด 10-12x6-8 ไมครอน (Miller , 1977) เห็ดจะงอกจากเส้นใยเล็กๆกลายเป็นตุ่มนูนยื่นออกมาคล้ายนิ้ว ต่อมาส่วนบนจะเจริญแผ่กว้างออกเป็นหมวกคล้ายพัดหรือรูปไต (ภาพที่ 2.1) ดอกเห็ดเมื่ออ่อนจะมีสีขาว เมื่อแก่ขึ้นสีจะค่อยๆเข้มขึ้น จากส่วนที่ติดก้านดอกไปจนถึงขอบดอก จากเหลืองนวล สีเหลืองแก่ สีส้ม สีแดง สีน้ำตาลเข้ม ผิวหมวกจะเป็นรอยย่นมันเงาเหมือนเคลือบด้วยแลคเกอร์ ก้านดอกเห็ดหลินจือจะติดอยู่ด้านข้างของดอก ต่างจากเห็ดทั่วไปซึ่งก้านดอกมักจะอยู่ตรงกลาง เห็ดที่สมบูรณ์จะมีก้านใหญ่ ยาว แข็งแรง เห็ดหลินจือมีลักษณะพิเศษ คือ ใต้หมวกจะเป็นแผ่นสีขาวหรือสีเหลืองนวล ไม่มีแลคเกอร์เคลือบและจะนิ่มกว่าส่วนที่เป็นก้านหรือส่วนของผิวดอก สำหรับส่วนประกอบทางเคมีทั่วๆไปของเห็ดหลินจือ มีดังนี้

โปรตีน	24.40	เปอร์เซ็นต์
ไขมัน	4.50	เปอร์เซ็นต์
กาก	0.10	เปอร์เซ็นต์
เถ้า	19.00	เปอร์เซ็นต์
น้ำตาล	43.10	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	6.90	เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 ลักษณะดอกเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)

องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดหลินจือจะแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ของเห็ดหลินจือด้วยดัง เช่น ในดอกเห็ด *Ganoderma lucidum* ประกอบด้วย เออร์โกสเตอรอล (Ergosterol) ไลโซไซม์ (Lysozyme) โปรติเอส (Protease) ในเส้นใยเห็ดพบ สเตอรอล (Sterols) แลคโตน (Lactones) อัลคาลอยด์ (Alkaloid) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ส่วนที่พบในดอกเห็ด *Ganoderma japonicum* คือ เออร์โกสเตอรอล กรดอินทรีย์ กลูโคซามีน (Glucosamine) และ พอลิแซ็กคาไรด์ และในเส้นใยเห็ด *Ganoderma capanse* ที่แยกได้จากสารสกัดพบสารอะดีโนซีน (Adenosine) อะดีนีน (Adenine) ยูราซิล (Uracil) ยูริดีน (Uridine) และ ดี-แมนนิทอล (D-mannitol) (Chen , 1986)

2.4 กระบวนการสร้างและใช้พลังงานของเห็ด

ตามปกติเห็ดต้องการแหล่งคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการสร้างเซลล์ที่เป็นโครงสร้างของเห็ดและเป็นแหล่งให้พลังงานแก่เห็ด แหล่งคาร์บอนที่ใช้เป็นแหล่งอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาลต่างๆ เช่น กลูโคส ซูโครส แล็กโทส เป็นต้น สำหรับน้ำตาลที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่จะต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวโดยเอนไซม์ก่อน จึงสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งต้องทำให้อยู่ในรูปกลูโคส-6-ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Glucose-6-phosphate) หรือ ฟรักโทส-6-ฟอสเฟต (Fructose-6-phosphate) (Nielson , 1992) สำหรับกระบวนการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อให้เซลล์นำพลังงานไปใช้ในการสร้างเซลล์จะอาศัยกระบวนการไกลโคไลซีส(ภาพที่ 2.2) กระบวนการไกลโคไลซีสเป็นกระบวนการสลายกลูโคสไปเป็นไพรูเวตและแลคเตต โดยกลูโคสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลคาร์บอน 3 อะตอมคือกลีเซอราลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต (glyceraldehyde-3-phosphate) จากนั้นกลีเซอราลดีไฮด์-3-ฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวต ภายใต้สภาวะที่ใช้ออกซิเจน ไพรูเวตจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำรวมทั้งได้พลังงานออกมาในรูปของ ATP เมื่อเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) หรือที่เรียกว่าวัฏจักรกรดไตรคาร์บอกซิลิก (Tricarboxylic acid) หรือ วัฏจักรทีซีเอ (TCA cycle) วัฏจักรนี้หมู่อะซิติล (Acetyl CoA) จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชั่น (Dehydrogenation) ซึ่งเกิดขึ้นในส่วนเมทริกซ์ของ ไมโทคอนเดรีย(อาภัสสรา , 2537) โดยการสลายหมู่อะซิติลจะให้พลังงานในรูป ATP จำนวนมาก ซึ่งในขั้นตอนนี้จึงนับได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิด ATP ที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ออกซิเจน นอกจากจะให้พลังงานแล้ววัฏจักรเครบส์ยังมีหน้าที่ที่สำคัญคือเป็นสารตัวกลาง (Intermediate) ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สารต่างๆได้ เช่น อัลฟ่า คีโตกลูทาเมต (α-ketoglutamate)จะถูกนำไปใช้สร้างกลูทาเมต (Glutamate) ซึ่งมีประโยชน์ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนต่างๆเช่นเดียวกับ ออกซาโลอะซิเตต(Oxaloacetate) จะถูกนำไปสร้างแอสพาราเตต (Asparatate) จะใช้สร้างกรดอะมิโนตัวอื่นต่อไปและออกซาโลอะซิเตทจะถูกนำไปสร้างฟอสโฟอีนอลไพรูเวต (Phosphoenolpyruvate) โดยปฏิกิริยาฟอสโฟอีนอลไพรูเวต คาร์บอกซิไคเนส (Phosphoenolpyruvate carboxykinase) เพื่อสร้างกลูโคส เป็นต้น

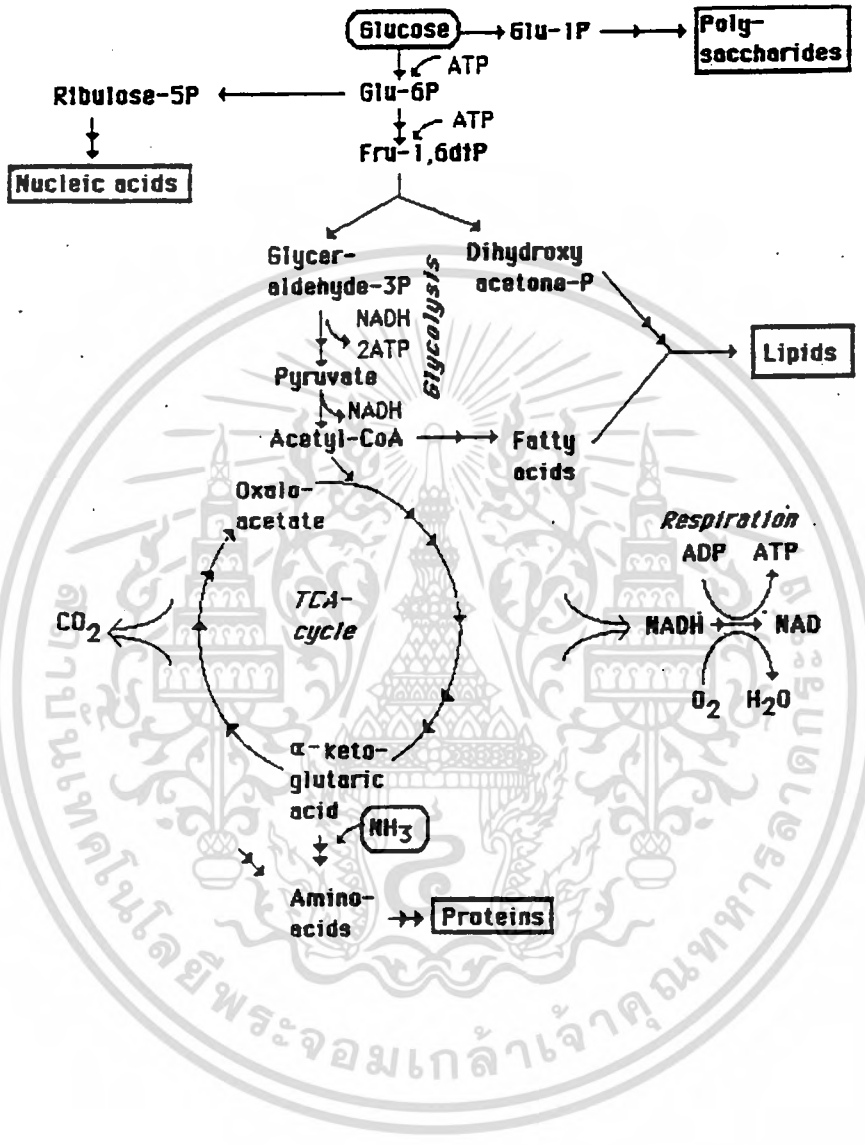
2.5 สารออกฤทธิ์และสรรพคุณทางยา

จากการตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีและการค้นพบองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดหลินจือโดยจำแนกสารออกฤทธิ์ได้ดังต่อไปนี้ (สุรพลและชวลิต ,2538)

2.5.1 สารไตรเทอร์พีนอยด์ชนิดขม (Bitter Triterpenoid) ส่วนสำคัญในการรักษาโรคคือ กรดกาโนเดอริก (Ganoderic acid A,B,C_1,C_2,D-K,R-Z)และกรดลูซิเดนิก (Lucidenic acids) นอกจากนี้ยังพบกรดกาโนลูซิดิก (Ganolucidic acid) กรดกาโนเดอร์มิก (Ganodermic acids) กรดกาโนเดอเรนิก (Ganoderenic acids) (Nishitobaและคณะ , 1987)กรดกาโนเดอเรนิกแยกได้จากเห็ดหลินจือสายพันธุ์ *Ganoderma applanatum* (Connolly และคณะ , 1994) ลูซิโดน (Lucidone) (Hirotani และคณะ, 1986) กาโนเดอรอล (Ganoderal) (Morigiwa และคณะ,1986) ซึ่งจะพบได้ไม่มากนัก กลุ่มของสาร-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 แสดงกระบวนการสร้างและใช้พลังงานของเห็ด



ที่มา : Enfors และ คณะ , 1989

เหล่านี้โดยเฉพาะกรดกาโนเดอริก มีคุณสมบัติเป็นตัวยับยั้งการหลั่งของสารฮีสตามีน (Histamine-Release inhibition activity) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ชนิดหนึ่ง ลดความดันโลหิตและช่วยลดไขมันในเลือด

2.5.2 พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ในเห็ดหลินจือมีสารพอลิแซ็กคาไรด์ หลายชนิดที่มีสรรพคุณทางยาได้แก่ กาโนเดอแรนด์ (Ganoderans A,B,C) ช่วยลดน้ำตาลในเลือด (Hypoglycemic effect) จากการเพิ่มอินซูลินซึ่งทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด สารเบต้าดีกลูแคน (Beta-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D-glucan) มีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง ช่วยลดการอักเสบ (anti-inflamation) กระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวชนิด บี-เซลล์ (B-cells) และ ที-เซลล์ (T-cells)

2.5.3 สเตอรอยด์ (Steroids) มีปริมาณอยู่เพียงเล็กน้อยที่ตรวจพบในเห็ดราทั่วไปคือเออร์โกสเตอรอล (Ergosterol) หรือ โปรวิตามินดี 2 (Provitamin D_2) ช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมฟอสฟอรัสในลำไส้ ส่วนที่มีเฉพาะในเห็ดหลินจือคือ กาโนสเตอโรน (Ganosterone) หรือ กาโนโดสเตอโรน (Ganodosterone) มีฤทธิ์ในการลดพิษที่มีต่อตับ

2.5.4 กลุ่มสารนิวคลีโอไทด์ (Nucleotides) Shimizu และคณะ(1985) ค้นพบสารอะดีโนซีน (Adenosine) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารนิวคลีโอไทด์เป็นสารที่มีผลในการบรรเทาความเจ็บปวด (Analgesic) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการรวมกลุ่มของเกล็ดเลือด(Platelet aggregation inhibition) จึงมีสรรพคุณในการป้องกันการอุดตันจากลิ่มเลือดในเส้นเลือด (Antithombotic activity) และมีฤทธิ์เช่นเดียวกับ กัวโนซีน (Gaunosine) นอกจากนี้ยังพบสารพวกอัลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารอีกตัวหนึ่งที่พบว่ามีฤทธิ์กระตุ้นการไหลเวียนของเลือดในหัวใจ ลดแรงต้านทานในผนังเส้นเลือดของหัวใจ ลดการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจและเพิ่มความคงทนต่อภาวะการขาดออกซิเจนเป็นเวลานานได้

2.5.5 สารประกอบเยอร์มาเนียม (Germanium , Ge contents) พบมากในเห็ดหลินจือ เป็นตัวส่งเสริมกระบวนการทำงานของร่างกาย สามารถรวมตัวและช่วยกำจัดสารพิษ และสิ่งแปลกปลอมต่างๆและยังพบว่าสามารถลดความเจ็บปวดในผู้ป่วยโรคมะเร็งได้

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือเพื่อที่จะนำดอกเห็ดหรือเส้นใยเห็ดมาศึกษาหาสารสำคัญเช่น Wada และคณะ (1984)ศึกษาถึงวิธีการเพาะเลี้ยงดอกเห็ดหลินจือในอาหารแข็งจำพวก ขี้เลื่อย และ รำข้าว ในอัตราส่วน 4 : 1 และควบคุมปริมาณความชื้น 60-70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Wada และคณะ รายงานว่าหากคำนึงถึงประสิทธิภาพของการผลิตแล้วพบว่ามีข้อเสียคือต้องใช้ระยะเวลานาน เริ่มตั้งแต่การควบคุมสภาวะและระยะการเจริญเติบโตไปเป็นดอกเห็ดจะใช้เวลานานถึง 120-150 วัน ปรีชา(2530) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในถุงขี้เลื่อยไม้เนื้อค่อนข้างแข็งเช่น ไม้ยางพาราและไม้ยางนา ใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงเส้นใย 18-20 วัน

เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือบนอาหารแข็งใช้เวลานานจึงมีผู้สนใจที่จะทำการเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือบนอาหารเหลวเพื่อนำเส้นใยมาสกัดหาสารสำคัญต่างๆ สิริลักษณ์ (2536) ได้ศึกษาถึงการผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์จากเส้นใยเห็ดหลินจือโดยทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดในอาหารเหลวและพบว่า เส้นใยเห็ดสามารถพัฒนาการเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเหลวสูตร PDB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Potato Drextose Broth) และ YM (Yeast Malt Extract) เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 6 เปอร์เซ็นต์เป็นแหล่งคาร์บอน Shiao และคณะ (1987) ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารเหลวใช้เวลานาน 30 วันควบคุมอุณหภูมิที่ 28 ± 1.5 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บเกี่ยวเส้นใยเห็ดนำมาสกัดและทำให้สารบริสุทธิ์ ซึ่งพบสาร ganoderic acid R และ ganoderic acid S ในส่วนของเส้นใยเห็ดพบว่ามีสาร ganoderic acid G และ ganoderic acid I กับ ganolucidic acid A และ ganolucidic acid B (Kikuchi และคณะ , 1985) สารจำพวกไตรเทอร์พีน (Lin และคณะ , 1988) Su และคณะ(1993) ได้ศึกษาหาสารสำคัญจากดอกเห็ดหลินจือสายพันธุ์ *Ganoderma tsugae* พบสาร lucidone A , lucidemol , ganoderic acid B และ ganoderic acid C_2

สาร β-D glucan เป็นสารสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่พบในเส้นใยเห็ดและมีคุณสมบัติที่สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ ซึ่งแยกได้จากเส้นใยเห็ดที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว glucose-yeast extract หรือ YMK (Sone และคณะ , 1985) Wang และคณะ(1993)พบว่าสารประกอบเชิงซ้อน glucogalactan protein และ β-D glucan และสารประกอบเชิงซ้อนของ β-D glucan protein จัดเป็นสารพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ สารกลุ่มนี้แยกได้จากดอกเห็ดหลินจือสายพันธุ์ *Ganoderma tsugae* มีผลยับยั้งเซลล์มะเร็ง นอกจากจะพบสารสำคัญต่างๆที่มีอยู่ในดอกและเส้นใยเห็ดหลินจือแล้ว Zhuang และคณะ (1994) รายงานว่ายังมีเห็ดราที่จัดอยู่ในกลุ่ม Polyporaceae ซึ่งเป็นสกุลเดียวกับเห็ดหลินจือ ได้แก่ *Grifola frondosa* , *Grifola abicans* , *Grifola gigantea* และ *Grifola umbellata* พบว่ามีสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้เช่นกัน และนอกจากนี้ Zhuang และคณะ ได้ศึกษาถึงการเพาะเลี้ยง *Grifola frondosa* ในอาหารเหลว เพื่อนำเส้นใยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงนี้ศึกษาหาสารพอลิแซ็กคาไรด์โดยทำการเปรียบเทียบกับสารที่สกัดได้จากดอกเห็ด

เห็ดหลินจือจัดเป็นสมุนไพรที่ชาวจีนใช้เป็นยารักษาโรคมานาน คนจีนโบราณเชื่อว่าเห็ดชนิดนี้เป็นยาครอบจักรวาล รักษาโรคได้เกือบทุกชนิด แต่เจริญได้ช้ามากจึงมีราคาแพง ในปัจจุบันได้มีการเพาะเลี้ยงเห็ดหลินจือในระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำมาเตรียมเป็นยาบำรุงร่างกายและรักษาโรคต่างๆ ชนิดของเห็ดหลินจือ ที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงในถังหมักสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Jong และ Birmingham , 1992)ได้แก่

Ganoderma lucidum

Ganoderma japonicum

Ganoderma capense

Ganoderma applanatum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ganoderma boninense

Ganoderma tsugae

2.6 การหมัก (Fermentation)

แบ่งตามสภาวะการหมัก ตามลักษณะของสับสเตรทแบ่งได้ดังนี้ (Ward ,1992)

2.6.1 การหมักในสภาวะของแข็ง (Solid State Fermentation) โดยเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญบนสับสเตรทที่มีลักษณะแข็งเช่น ข้าวเปลือก ถั่ว ฟาง โดยจะทำการเพาะเลี้ยงในขวด ถุงพลาสติก ถาด เป็นต้น

2.6.2 การหมักในสภาวะกึ่งเหลว (Semiliquid State Fermentation) เป็นวิธีการหมักในอาหารกึ่งเหลว

2.6.3 การหมักในสภาวะของเหลว (Liquid State Fermentation) เป็นวิธีการหมักที่สับสเตรทอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นของเหลว

2.7 ชนิดของถังหมักที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อรา

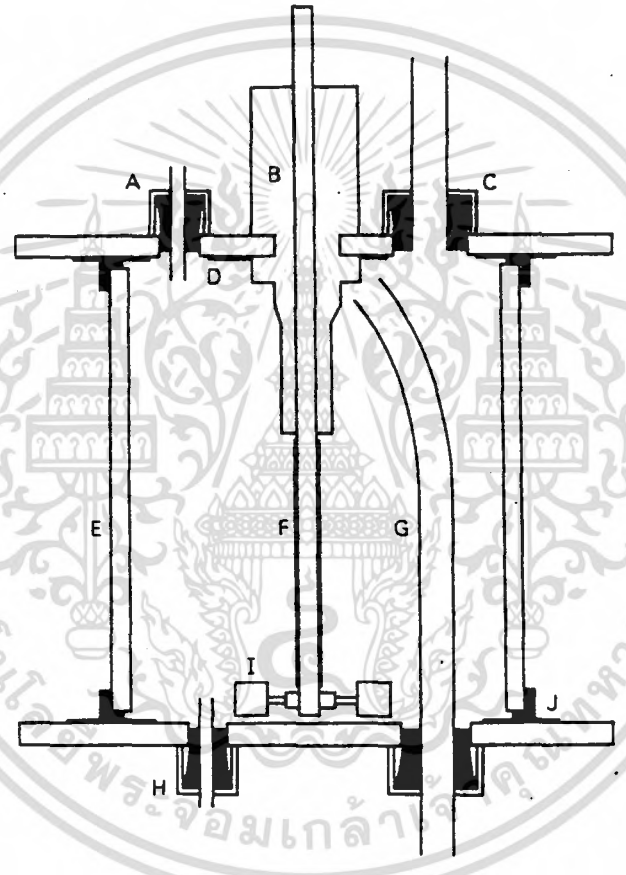
ปกติการหมักในถังหมักสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆเช่น การให้อากาศ การกวน อุณหภูมิ ค่าพีเอช เป็นต้นได้ตลอดการหมักจนทำให้ผลของการหมักมีประสิทธิภาพสูง ถังหมักที่ใช้กันมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดความจุ 1 - 2 ลิตร ซึ่งนิยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการ จนถึงขนาด 5 , 10 , 25 , 50และมากกว่า 100 ลิตร ซึ่งใช้ในการศึกษาการหมักในระดับขยายสเกลจากห้องปฏิบัติการสู่ระดับอุตสาหกรรม(วราวุฒิและรุ่งนภา , 2532) สำหรับการสร้างถังหมักที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อรา พบว่ามีปัญหาทางเทคนิคเกี่ยวกับการออกแบบอุปกรณ์เฉพาะสำหรับการหมักในระดับห้องปฏิบัติการและระดับขยายสเกล Gerhardt และ Bartlett(1959) ศึกษาพบว่าเชื้อราจะมีการเจริญมากและแพร่กระจายไปทั่วทั้งบริเวณผิวหน้าภายในถังหมักและภายในท่อและวาล์ว ซึ่งเป็นปัญหามากในการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง การแพร่ของเชื้อราที่เกิดขึ้นภายในท่อต่างๆอาจเป็นสาเหตุให้ราเหล่านี้หยุดการเจริญเติบโตเนื่องจากสารอาหารที่ติดอยู่ภายในท่อไม่เพียงพอ ฉะนั้นจะต้องออกแบบเครื่องมือวัดต่างๆให้เหมาะสม เพราะว่าหากเชื้อราเจริญมากขึ้นและปกคลุมบริเวณเครื่องมือวัดจะทำให้ประสิทธิภาพการวัดของเครื่องมือชนิดนั้นๆลดลง จึงต้องมีการออกแบบถังหมักเพื่อให้เหมาะสมสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อราได้ดังนี้ (JohnและDavid , 1976)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 Stirred tank reactor

ถังหมักแบบนี้สามารถใช้เพาะเลี้ยงเชื้อราทั้งแบบแบช(Batch)และแบบต่อเนื่อง (Continuous)ได้และสะดวกสำหรับการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและระดับขยายดังแสดงใน ภาพที่ 2.3 ในภาพที่จุด A,C,Hและ G ทำจาก Teflon เพื่อป้องกันการเจริญของเส้นใยบริเวณนั้น

ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะถังหมักแบบ Stirred tank reactor



ส่วนประกอบของถังหมักประกอบด้วย ท่อส่งอาหารเลี้ยงเชื้อและอากาศ(A) แผ่นประกบที่ติดกับแกนใบพัดกวน(B) ท่ออากาศออก(C) ส่วนฝาของถังหมักทำด้วยเหล็กปลอดสนิม(D) ส่วนตัวถังหมักทำจากแก้วทนความร้อน(E) แกนของใบพัด(F) ท่อรักษาระดับของอาหารเลี้ยงเชื้อให้คงที่(G) ท่อสำหรับสุ่มตัวอย่าง(H) ใบพัดกวนแบบ paddle(I) และแผ่นยางที่ยึดติดกับตัวถังหมัก(J)

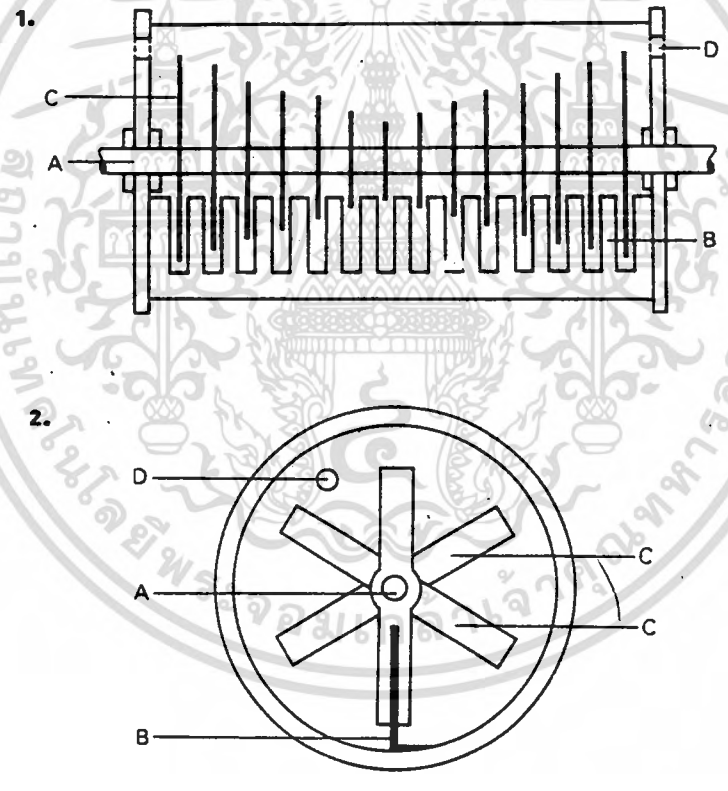
ที่มา : Rowley และ Bull , 1973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 Tower fermenter

ลักษณะของถังหมักแบบนี้อาหารเลี้ยงเชื้อจะอยู่ทางด้านล่างของถังหมักและผลผลิตที่ได้จะเก็บเกี่ยวจากทางด้านบนของถังหมัก ภายในถังหมักจะประกอบด้วยแผ่นกั้นที่มีลักษณะเป็นรอยหยักรูปร่างคล้ายหวีและเป็นระบบปิด การเพาะเลี้ยงจะมีการให้อากาศแบบหัวจ่ายและประสิทธิภาพของการให้อากาศขึ้นกับลักษณะของโครงสร้างของเชื้อรา Meansและคณะ(1962) กล่าวว่าความแปลกใหม่ของถังหมักชนิดนี้ ทำให้เชื้อรามีการเจริญแบบต่อเนื่องซึ่งจะสามารถลดการแออัดของเส้นใยได้ ลักษณะของถังหมักแสดงได้ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะถังหมักแบบ Tower



A คือ แกนใบพัดกวน B คือ แผ่นกั้น C คือ ใบพัดกวน D คือ overflow port ภาพบน(1) แสดงภาพถังหมักในแนวนอน ภาพล่าง(2) แสดงภาพถังหมักในแนวตัดขวาง

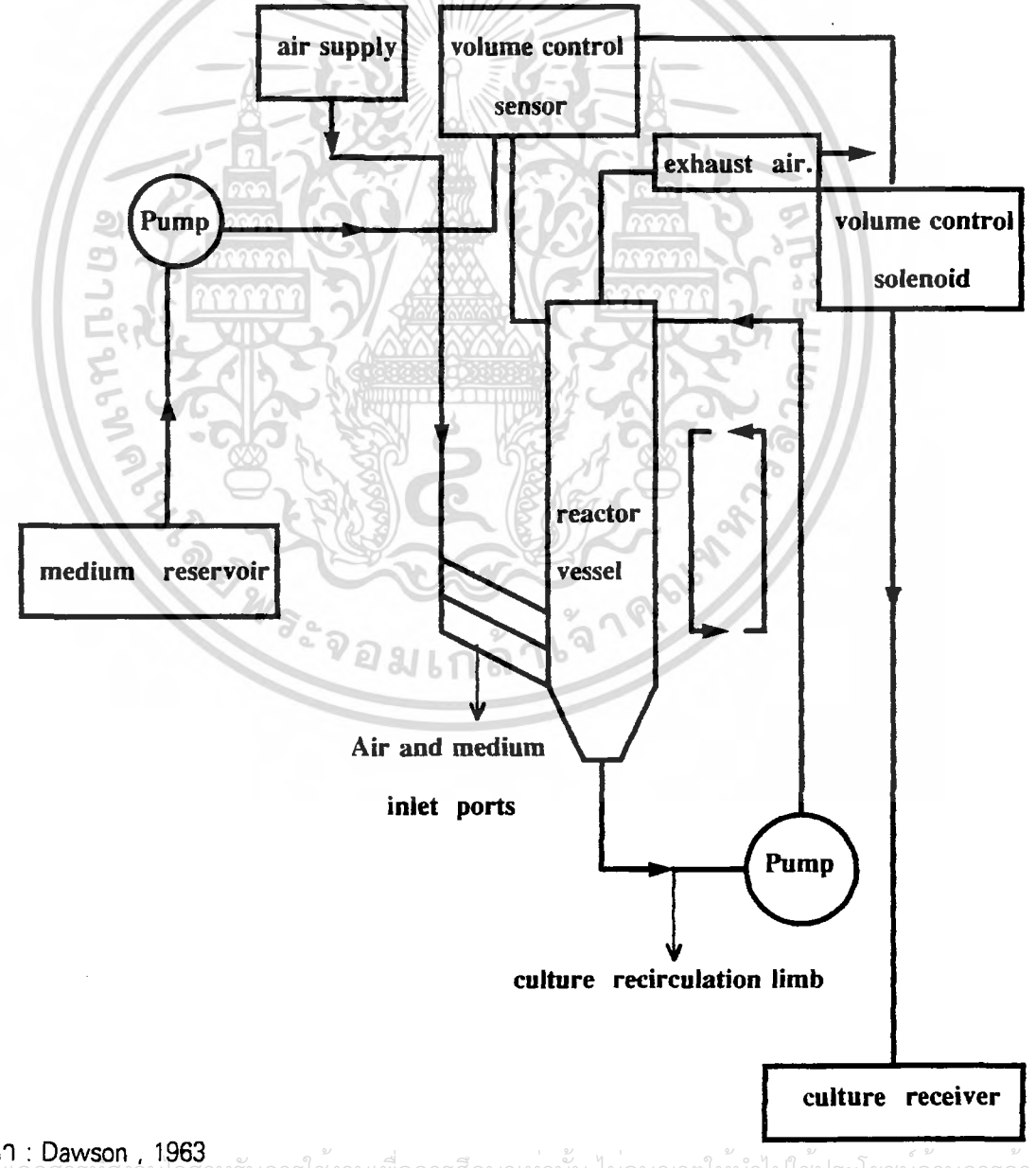
ที่มา : Meansและคณะ , 1962

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 Cyclone column

เป็นระบบที่มีการผสมและเป็นการเพาะเลี้ยงที่มีการให้อากาศโดยไม่ต้องใช้ใบพัดในการกวนผสม(Dawson , 1963) การเพาะเลี้ยงเป็นแบบต่อเนื่องโดยจะอาศัยปั๊มที่ติดตั้งอยู่ด้านล่างของถังหมักที่มีอัตราเร็ว 6000 มิลลิลิตรต่อนาที ปั๊มจะดูดอาหารจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของถังหมักที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ช่วยให้อัตราการถ่ายเทออกซิเจนได้ดีและลดการเกาะติดของเส้นใยตามผนังของถังหมัก ดังแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะถังหมักแบบ Cyclone column



ที่มา : Dawson , 1963

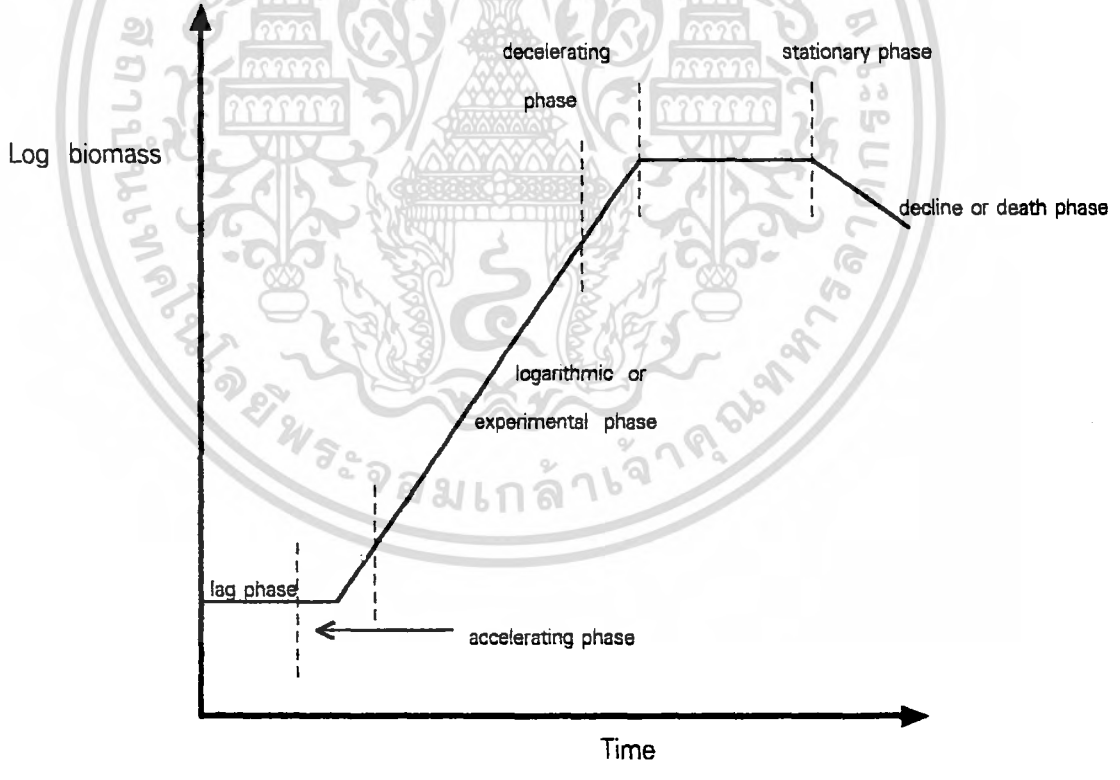
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การเพาะเลี้ยงแบบแบช (Batch culture)

เป็นระบบการเพาะเลี้ยงเชื้อแบบปิดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่กำหนดปริมาตรที่แน่นอน มีการเติมสารอาหารและเชื้อจุลินทรีย์ลงไปเพียงครั้งเดียว โดยไม่มีการเติมหรือการดึงอาหารเลี้ยงเชื้อออกมาตลอดระยะเวลาการหมัก(ยกเว้นอากาศที่มีการให้ตลอดเวลา)จึงทำให้สภาพภายในถังหมักนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Unsteady state)ซึ่งอัตราการเจริญของจุลินทรีย์จะลดลงเป็นศูนย์เมื่ออาหารเลี้ยงเชื้อหมดลง (Fiechter , 1981) การเพาะเลี้ยงแบบแบชนี้สามารถที่จะทำในฟลาสก์หรือในถังหมักก็ได้ โดยควบคุมให้อยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

Shuler และ Kargi (1992) แบ่งรูปแบบการเจริญของจุลินทรีย์ในการเพาะเลี้ยงแบบแบชได้ 6 ระยะ(ภาพที่ 2.6)

ภาพที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเซลล์จุลินทรีย์กับเวลา



ที่มา : Scragg , 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 Lag phase เป็นระยะที่เซลล์มีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ โดยระยะนี้เซลล์จะไม่มีการเจริญ ระยะ Lag phase จะสั้นหรือยาวก็ขึ้นอยู่กับอายุของเชื้อเริ่มต้น ถ้าเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ใส่ลงในถังหมักเป็นเชื้อที่อยู่ในช่วง Exponential phase ระยะ Lag phase ก็จะสั้นลง

2.8.2 Accelerating phase เป็นระยะที่เชื้อมีการเจริญขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นระยะระหว่าง Lag phase กับ Exponential phase

2.8.3 Exponential phase หรือที่เรียกว่า Logarithmic phase เป็นระยะที่เซลล์มีการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนที่อัตราสูงสุด

2.8.4 Decelerating phase เป็นระยะที่เซลล์ยังคงมีการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนด้วยอัตราที่ลดลง

2.8.5 Stationary phase เป็นระยะที่อัตราการเจริญเป็นศูนย์ หรือระยะที่มีอัตราการเจริญเท่ากับอัตราการตาย เพราะสารอาหารจะถูกใช้ไปจนหมด

2.8.6 Death phase เป็นระยะที่เซลล์ที่มีชีวิตเริ่มลดลง เนื่องจากการตายของเซลล์และการ autolysis

การเจริญของเซลล์คือการเพิ่มจำนวนและการเปลี่ยนแปลงขนาดเซลล์ จุลินทรีย์สามารถเจริญภายใต้สภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมี และแหล่งสารอาหาร สารอาหารที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการให้เซลล์เปลี่ยนสารอาหารให้เป็นผลผลิตต่างๆ ซึ่งผลของการใช้สารอาหาร การเพิ่มขึ้นของมวลเซลล์ขึ้นกับเวลา Monod (1949) พบความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของเซลล์ (X) กับการลดลงของความเข้มข้นของสารอาหาร (S) ดังสมการ

$$\frac{dx}{dt} = -Y\frac{ds}{dt} \qquad \text{---------- (1)}$$

Y คือ ประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต คือปริมาณของเซลล์จุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น(ΔX)ต่อปริมาณของสับสเตรทที่ถูกใช้ไป(ΔS)ในช่วงเวลาหนึ่ง

$$\text{Yield coefficient } (Y_{x/s}) = \frac{\text{g biomass formed}}{\text{g substrate used}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ $$Y_{x/s} = \frac{\Delta x}{\Delta s}$$

นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณของเซลล์จะสัมพันธ์กับค่าอัตราการเจริญจำเพาะ (μ) และความเข้มข้นของเซลล์ที่มีอยู่กับช่วงระยะเวลานั้น ดังสมการ

$$\mu = \frac{1}{X}\frac{dx}{dt} \qquad \text{---------- (2)}$$

X = ปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ (gl^{-1})

t = เวลา (h)

μ = อัตราการเจริญจำเพาะ (Specefic growth rate ,h^{-1})

Monod ได้เสนอโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญกับความเข้มข้นของสารอาหารในการเพาะเลี้ยงแบบแบช (ภาพที่ 2.7) ที่เรียกว่าสมการโมนอด (Monod equation)ดังนี้

$$\mu = \mu_{max}\frac{S}{K_S + S} \qquad \text{---------- (3)}$$

หรือ $$r_x = \frac{dx}{dt} = \mu_{max}\frac{S.X}{K_S + S}$$

μ = อัตราการเจริญจำเพาะ (Specific growth rate , h^{-1})

μ_{max} = อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (Maximum specific growth rate , h^{-1})

S = ความเข้มข้นของสารอาหาร (gl^{-1})

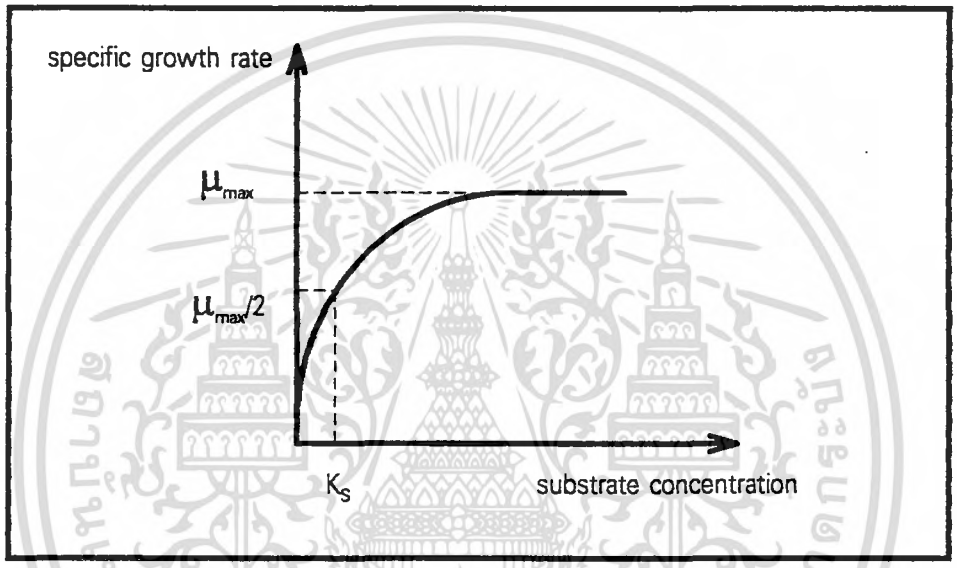
K_S = ความเข้มข้นของสารอาหารที่ทำให้อัตราการเจริญเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญสูงสุด ($K_S = \mu_{max}/2$)

r_x = อัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Kg cells $m^{-3}h^{-1}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่า K_S มีความสัมพันธ์กับชนิดของเชื้อจุลินทรีย์กับสารอาหาร (ตารางที่ 2.1)และอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าที่แตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยต่างๆดังเช่น อุณหภูมิ ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น (ตารางที่ 2.2)

ภาพที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญจำเพาะ(μ) กับปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (S)



ที่มา : Wang และคณะ, 1979.

จากสมการที่ (3) $$\mu = \mu_{max} \frac{S}{K_S + S}$$

เขียนสมการที่ (3) ให้คล้ายกับสมการ Lineweaver-Burk ในปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยกลับเศษส่วนของสมการดังนี้

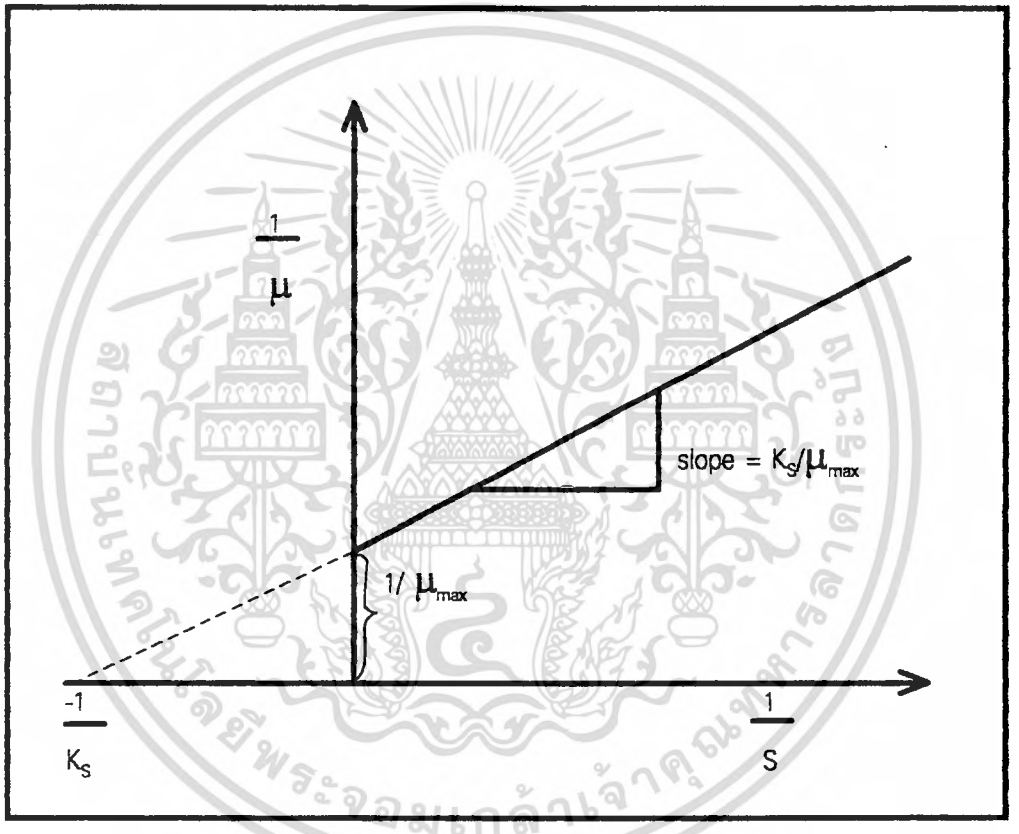
$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_S + S}{\mu_{max}\ S}$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_S}{\mu_{max}} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{\mu_{max}} \qquad \text{---------- (4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (4) นี้เป็นสมการเส้นตรง เมื่อเขียนกราฟระหว่าง $1/\mu$ กับ 1/S จะได้เส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ K_s/μ_{max} และค่าที่ตัดแกน Y เท่ากับ $1/\mu_{max}$ ค่าที่ตัดแกน X เท่ากับ $-1/K_s$ ดังแสดงในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\mu$ กับ 1/S



ที่มา : McNeil และ Harvey ,1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่โมนอด(K_S) ของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารชนิดต่างๆ

จุลินทรีย์	สับสเตรท	K_S (mgl^{-1})
E. coli	glucose	6.8×10^{-2}
	mannitol	2.0
	lactose	20.0
	PO_4^{-2}	1.6
E. coli (auxotroph)	tryptophan	1.1×10^{-3}
Aspergillus niger	glucose	5.0
A. niger (auxotroph)	arginine	0.5
Candida utilis	glycerol	4.5
C. utilis	O_2	0.45
Saccharomyces cerevisiae	glucose	25.0
Pseudomonas sp.	methanol	0.7
Pseudomonas sp.	methanol	0.4
Klebsiella aerogenes	CO_2	0.4
K. aerogenes	Mg^{2+}	0.56
K. aerogenes	K^+	0.39
K. aerogenes	SO_4^{2-}	2.7

ที่มา : Scragg , 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ของเชื้อราบางชนิดที่ใช้กลูโคส (Anderson และคณะ , 1975)

จุลินทรีย์	อุณหภูมิ (°C)	μ_{max} (h^{-1})	เวลาที่เพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า (h)
Aspergillus niger	30	0.20	3.46
Aspergillus niger	20	0.090	7.72
	25	0.148	4.68
	30	0.215	3.23
	37	0.360	1.96
Penicillium chrysogenum	25	0.123	5.65
Mucor hiemails	25	0.17	4.10
Fusarium avanaceum	25	0.18	3.80
Fusarium graminearum	30	0.28	2.48
Verticilium agaricinum	25	0.24	2.90
Geotrichum candidum	25	0.41	1.70
	30	0.61	1.10
Neurospora sitophila	30	0.40	1.73

2.9 ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่

2.9.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถแบ่งจุลินทรีย์ได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการเจริญที่อุณหภูมิต่างๆดังนี้

1 จุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (Psychrophile)

2 จุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิในช่วง 30 - 35 องศาเซลเซียส (Mesophile)

3 จุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส (Thermophile)

นอกจากอุณหภูมิจะมีผลต่อการเจริญเติบโตแล้วอุณหภูมิยังมีผลต่อการสร้างผลผลิตของจุลินทรีย์ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างผลผลิตอาจจะไม่เหมือนกันเสมอไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Wang และคณะ,1979) Trinci (1973) รายงานว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญของเชื้อ *Neurospora crassa* spco1 โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญจำเพาะมีค่าเท่ากับ 0.192 ต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญจำเพาะมีค่าเท่ากับ 0.452 ต่อชั่วโมง ดังนั้นแสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเจริญของเส้นใยที่มีการเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า แต่ผลต่อความยาวของเส้นใยจะแตกต่างกับอัตราการเจริญ พบว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสเส้นใยจะมีความยาว 193±55 ไมโครเมตรและที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เส้นใยจะมีความยาว 38±8 ไมโครเมตร

Okeke และคณะ(1996) ได้ศึกษาถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารเพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) ในดิน โดยเชื้อเห็ด *Lentinula(Lentinus) edodes* และ *Phanerochaete chrysosporium* พบว่าที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีผลการย่อยสลายสารเพนตะคลอโรฟีนอลโดยเชื้อเห็ด *L. edodes* ได้มากกว่า *P. chrysosporium* และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเห็ดทั้ง 2 ชนิดสามารถย่อยสลายสารเพนตะคลอโรฟีนอลได้สูงสุด

2.9.2 ค่าพีเอช ค่าพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นค่าที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต โดยทั่วไปเชื้อจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียจะมีช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในช่วงพีเอช 4 - 8 ยีสต์ในช่วง 3 - 6 และราในช่วง 3 - 7 ความแตกต่างของค่าพีเอชในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเป็นประโยชน์ในกระบวนการหมักและการสร้างผลผลิต (Wang และคณะ,1979)

Ono และคณะ(1977) ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ *Aureobasidium pullulans* พบว่าค่าพีเอชมีผลต่อลักษณะโครงสร้างของเชื้อโดยที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6 ลักษณะโครงสร้างของเชื้อจะเป็นแบบ Yeast phase ในขณะที่เมื่อค่าพีเอชลดลงอยู่ในช่วง 2.0 - 2.5 ลักษณะโครงสร้างจะเป็นแบบ Mycelial phase

2.9.3 ความเข้มข้นของสารอาหาร เชื้อราสามารถใช้คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และสารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ โดยส่วนใหญ่จะใช้คาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลแล็กโทส เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสร้างพลังงานแต่พบว่าสับสเตรทเหล่านี้อาจมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตได้ที่ความเข้มข้นในระดับหนึ่ง (Nielson,1992)

Solispereyra และคณะ (1995) รายงานว่าความเข้มข้นของสับสเตรทมีผลในการยับยั้งการสร้างผลผลิต โดยพบว่าการผลิตเอนไซม์เพกติเนสของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในการหมักบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารแข็ง ที่มีความเข้มข้นของกลูโคสตั้งต้นเป็น 100 , 250 , 350 และ 450 กรัมต่อลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นกลูโคส 100 และ 250 กรัมต่อลิตรเหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ exopectinase ที่เวลานาน 72 และ 120 ชั่วโมงตามลำดับ สำหรับเอนไซม์ endopectinase พบว่าที่ความเข้มข้นของกลูโคสเริ่มต้นเป็น 250 กรัมต่อลิตร ที่เวลา 72 ชั่วโมง จะให้ผลผลิตสูงสุด และการผลิตเอนไซม์จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของกลูโคสเริ่มต้นสูงกว่า 350 กรัมต่อลิตร

2.9.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ เชื้อราส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนซึ่งใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อให้ได้พลังงานที่จะนำไปใช้ภายในเซลล์และการเจริญเติบโตโดยอาศัยวัฏจักรของกรดไตรคาร์บอกซิลิก (Tricarboxylic acid cycle) (Nielson,1992)

Dronawat และคณะ(1995) ได้ศึกษาผลของอัตราการให้อากาศต่อการผลิตกรดกลูโคนิก โดยเชื้อรา *Aspergillus niger* ซึ่งในการศึกษาอัตราการให้อากาศ 5.0 และ 10.0 ลิตรต่อนาที พบว่าเมื่อมีอัตราการให้อากาศเพิ่มขึ้นอัตราการเจริญของเชื้อและปริมาณความเข้มข้นของกรดกลูโคนิกจะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในอาหารมีผลต่อการผลิตกรดกลูโคนิก จากการตรึงเส้นใยของเชื้อรา *Aspergillus niger* โดยทำการแปรผันค่าความเข้มข้นของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อยู่ในช่วง 50 - 65 เปอร์เซ็นต์ กับที่ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อรักษาระดับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายได้ให้อยู่ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลให้เชื้อรา *Aspergillus niger* ผลิตกรดกลูโคนิกได้เร็วขึ้น (Moresi และคณะ , 1991)

Zetelaki และ Vas (1968) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของการกวนและการให้อากาศที่มีผลต่อการสังเคราะห์เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสในการเพาะเลี้ยงแบบ submerged พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณออกซิเจนมากขึ้นมีผลให้การสังเคราะห์เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเพิ่มขึ้นด้วย

2.9.5 การกวนให้อากาศ การกวนมีผลให้เกิดการหมุนเวียนของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยลักษณะการหมุนเวียนขึ้นกับชนิดและลักษณะของใบพัดกวน นอกจากนี้การปรับความเร็วของเครื่องกวนยังเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในการหมักที่สามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในถังหมักเพื่อจุลินทรีย์สามารถนำออกซิเจนไปใช้ภายในเซลล์และการเจริญเติบโตต่อไป (Scragg,1991)

Smith และคณะ (1990) ได้ศึกษาผลของการกวนที่มีต่อรูปร่างลักษณะเส้นใยและการผลิตเพนนิซิลินของเชื้อรา *Penicillium chrysogenum* ซึ่งทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Penicillium chrysogenum* ในถังหมักขนาด 10 และ 100 ลิตร โดยแปรผันค่าอัตราการให้อากาศและความเร็วรอบของใบพัดพบว่า ที่ความเร็วรอบ 1000 และ 1200 รอบต่อนาทีในถังหมักขนาด 10 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลให้ลักษณะของเส้นใยถูกทำลายและอัตราการผลิตเพนนิซิลินลดต่ำลง ซึ่งในถังหมักขนาด 100 ลิตร พบว่าที่ความเร็วรอบเดียวกันจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเส้นใยน้อยมาก ส่วนอัตราการผลิตเพนนิซิลินจะมีสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 เห็ดหลินจือ

เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*)ได้มาจากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา 2 สายพันธุ์ทางสถาบันวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม ให้รหัสเป็น L002 และ L004

3.2 เคมีภัณฑ์

ฟีนอล (C_6H_5OH)	ของ Farmitalia carloerba
4 อะมิโนแอนติไพริน($C_{11}H_{13}N_3O$)	ของ Sigma Chemical Co.,Ltd.
โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต ($NaH_2PO_4.H_2O$)	ของ Merck Co.,Ltd.
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮบตะไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$)	ของ Merck Co.,Ltd.
โซเดียมแอไซด์ (NaN_3)	ของ Merck Co.,Ltd.
กลูโคสแอนไฮดรัส ($C_6H_{12}O_6$)	ของ Fluka Chemical Co.,Ltd.
กลูโคสออกซิเดส	ของ Sigma Chemical Co.,Ltd.
เปอร์ออกซิเดส	ของ Sigma Chemical Co.,Ltd.
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	ของ Merck Co.,Ltd.
กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)	ของ Merck Co.,Ltd.

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

กระดาษกรอง	ชนิด GF/C ขนาด 47 มม. ของ Whatman International Ltd.
ชุดกรอง	ของ Gelman Sciences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมุนเหวี่ยง รุ่น J2-MC ของ Beckman

เครื่องวัดพีเอช รุ่น 420A ของ Orion

เครื่องชั่งแบบหยาบ รุ่น PG5002 ของ Mettler Toledo

เครื่องชั่งแบบละเอียด รุ่น AT200 ของ Mettler Toledo

หม้อนึ่งความดัน รุ่น SS-320 ของ Tomy

ตู้เขี่ยเชื้อ รุ่น A4HB ของ Bassaire

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น 8452A ของ Hewlett Packard

เครื่องผสม รุ่น G-560E ของ Vortex 2 Genic

ปั๊มดูดอากาศ ยี่ห้อ Vacuumbrand

เครื่องปั๊มชนิดปรับความเร็วได้ (Peristaltic pump) รุ่น 505U/RL

ของ Scientific Promotion Co.,Ltd.

ถังหมักขนาด 15 ลิตร ของ B.Braun Biotech International GMBH (ภาคผนวก ข)

ตู้บ่มเชื้อแบบเขย่า ยี่ห้อ GallenKamp

ตู้อบลมร้อน รุ่น UL 30 ของ Memmert

ตู้อบไมโครเวฟ ของ Hitachi 800 watt

เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดรูปชมพู่ บีกเกอร์ ปิเปตต์ กระบอกตวง และหลอดทดลอง

อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ เข็มเขี่ยเชื้อ ไมโครปิเปตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมเชื้อเห็ดเลี้ยงบนอาหารวุ้น PDA

นำเชื้อเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ทั้งสายพันธุ์ L004 และ L002 ที่เลี้ยงไว้บนอาหารวุ้น PDA slant (Stock culture) ในขวดแบนโดยตัดส่วนของเส้นใยเห็ดหลินจือบริเวณที่มีอายุน้อยที่สุดโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (รอบนอกสุดของรัศมีการเจริญของเส้นใย) ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 ตารางเซนติเมตร แล้วใช้เข็มเขี่ยเชื้อตักชิ้นส่วนเห็ด ย้ายไปเลี้ยงบนอาหารวุ้น PDA slant (ภาคผนวก ก-1) ที่เตรียมขึ้นมาใหม่ บ่มเชื้อเห็ดที่อุณหภูมิ 28 - 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และทำการต่อเชื้อเห็ดดังกล่าวทุกๆสัปดาห์ จนกว่าจะนำเชื้อเห็ดย้ายไปเลี้ยงในอาหารเหลวต่อไป

3.4.2 การเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์

เตรียมอาหารเหลวสำหรับเลี้ยงเชื้อเห็ด PDB , YM , YMK , MYGP และ GYP (ตามภาคผนวก ก-2 ถึง ก-6) เทอาหารเหลวลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยจุกสำลีแล้วหุ้มด้วยกระดาษอีกครั้ง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จึงใส่เชื้อเห็ดหลินจือ โดยนำเชื้อเห็ดดังกล่าวที่เลี้ยงไว้บนอาหารวุ้น PDA slant (Stock culture) ที่มีอายุ 7 วันล้างด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดที่ทำการทดลองปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อเชื้อเห็ดหลินจือที่เลี้ยงบน PDA slant 1 ขวดแล้วใช้เข็มเขี่ยเชื้อขูดเอาเส้นใยเห็ดออก จากนั้นนำใส่ลงในแต่ละฟลาสก์ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อแบบเขย่า(Shaking incubator) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ทำการเก็บผลเป็นเวลานาน 18 วัน เพื่อศึกษาคัดเลือกชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณน้ำหนักเซลล์ที่สูงแล้วจึงจะนำไปศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมักต่อไป

3.4.3 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดในการเพาะเลี้ยงระดับถังหมัก

ถังหมักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ถังหมักแบบ Stirred tank ขนาด 15 ลิตร (ภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.1 การเตรียมถังหมัก

3.4.3.1.1 ทำการปรับค่า (Calibration) pH electrode ในสารละลาย Zero buffer ที่มีค่าพีเอช 7.00 และสารละลาย Slope buffer ที่มีค่าพีเอช 4.01 ควรจะต้องตรวจสอบค่า Zero และ Slope ทุกครั้งที่ทำการปรับค่าของ pH electrode ซึ่งค่าที่ได้ควรจะอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ โดย Zero มีค่าเท่ากับ -30 ถึง+30 mV. และค่า Slope มีค่าเท่ากับ 54 ถึง 60 mV/pH

3.4.3.1.2 นำอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดสูตรที่เหมาะสมจากการศึกษาข้อ 3.4.2 ที่เตรียมไว้ปริมาตร 8 ลิตร เทลงในถังหมัก

3.4.3.1.3 ฆ่าเชื้ออาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ด ทำการตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ที่ 121 องศาเซลเซียส เวลานาน 20 นาทีและต้องตั้งค่าอุณหภูมิสุดท้ายหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อโดยตั้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ระบบจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งถังหมักจะอยู่ในสภาพที่พร้อมที่จะลงเชื้อเริ่มต้นแสดงดังภาพที่ 3.1

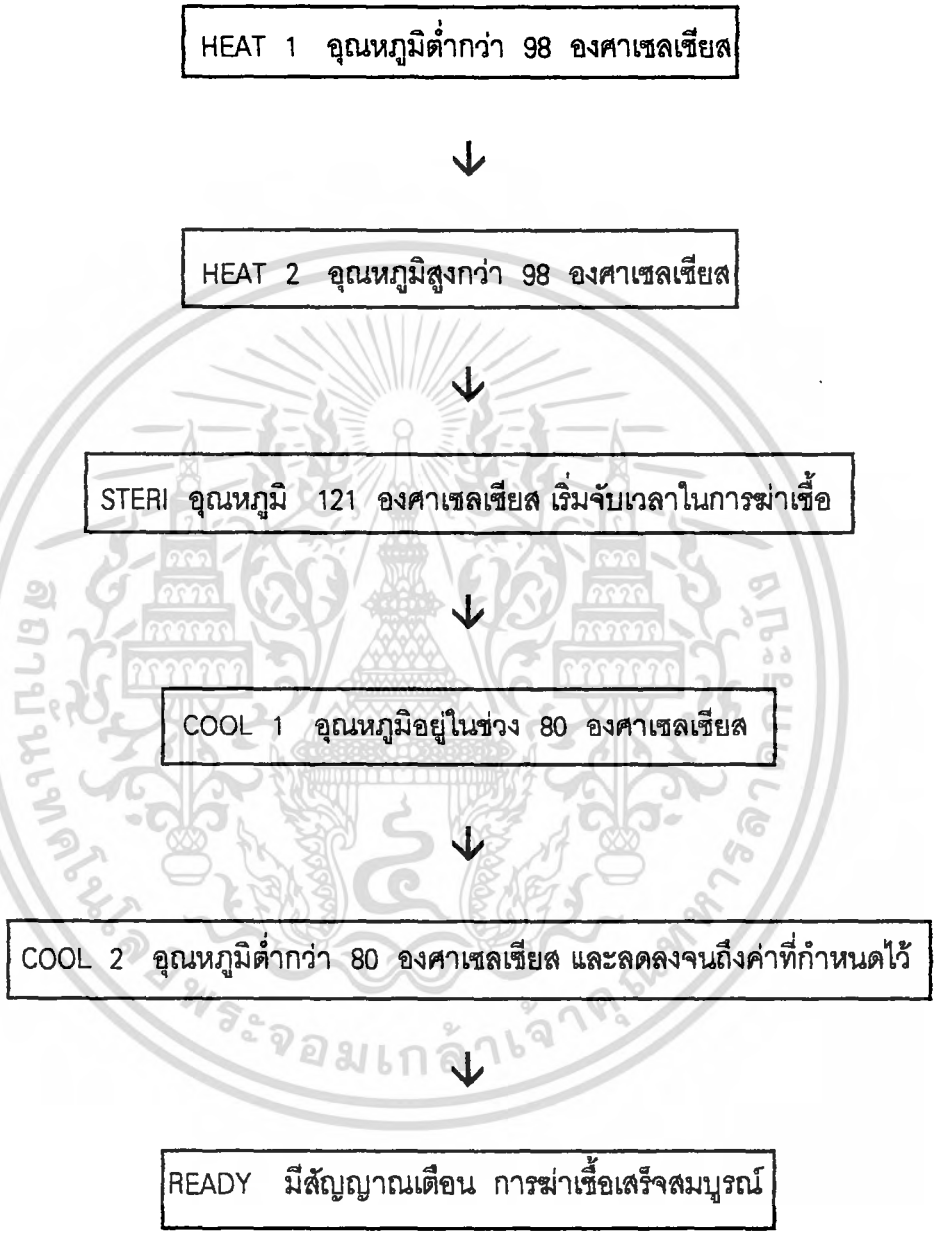
3.4.3.1.4 ในระหว่างที่ทำการฆ่าเชื้ออาหารในช่วงอุณหภูมิคงที่ที่ 121 องศาเซลเซียส สามารถทำการปรับค่า(Calibration) pO_2 electrode เนื่องจากสภาวะนี้ภายในถังหมักจะมีสภาวะเป็นสุญญากาศหรือมีปริมาณก๊าซออกซิเจนเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งช่วยให้การปรับค่า pO_2 electrode เร็วขึ้น การปรับค่าจะต้องเริ่มที่ค่า Zero จากนั้นเป็นค่า Slope ซึ่งจะทำหลังจากการฆ่าเชื้อโดยการเพิ่มอากาศเข้าไปในถังหมัก ควรตรวจสอบค่า Zero และ Slope ทุกครั้งที่ทำการปรับค่า pO_2 electrode ซึ่งค่าที่ได้ควรจะอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ โดย Zero มีค่าเท่ากับ 0 ถึง +15 nA และค่า Slope มีค่าเท่ากับ 25 ถึง 200 nA

3.4.3.2 การเตรียมเชื้อเริ่มต้นสำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับถังหมัก

เตรียมอาหารเหลวสูตรที่เหมาะสมจากการศึกษาข้อ 3.4.2 เทอาหารเหลวลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 75 มิลลิลิตร [เตรียมทั้งหมด 6 ฟลาสก์หรือประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (v/v)] ปิดฝาด้วยจุกสำลีแล้วหุ้มด้วยกระดาษอีกครั้ง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น จึงใส่เชื้อเห็ดหลินจือโดยนำเชื้อเห็ดดังกล่าวที่เลี้ยงไว้บนอาหารวุ้น PDA slant ที่มีอายุ 7 วัน ล้างด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ ปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อเชื้อเห็ดหลินจือที่เลี้ยงบน PDA slant 1 ขวด ใช้เข็มเขี่ยเชื้อขูดเอาเส้นใยเห็ดออก แล้วนำใส่ลงในแต่ละฟลาสก์ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 7 วัน จึงนำไปลงในถังหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในช่วงการฆ่าเชื้อ (Sterilization)



(หมายเหตุ: เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสุดซึ่งเครื่องสามารถลดลงได้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสแต่ในการทดลองจริงต้องใช้อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ฉะนั้นต้องใช้ Cooling bath ต่อเข้ากับเครื่องเพื่อช่วยลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมาตามต้องการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.3 การใส่เชื้อเริ่มต้นลงในถังหมัก

นำเชื้อเริ่มต้นที่ได้จากข้อ 3.4.3.2 มาเทรวมกันในขวดที่ใช้สำหรับใส่เชื้อโดยขวดสำหรับใส่เชื้อจะต้องผ่านการฆ่าเชื้อและเทคนิคปลอดเชื้อเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่น นำเชื้อเริ่มต้นที่ได้ใส่ลงในถังหมักโดยใช้เครื่องปั๊มชนิดปรับความเร็วได้

3.4.3.4 การแปรผันค่าต่างๆในถังหมัก

ในถังหมักจะควบคุมอุณหภูมิในถังหมักให้คงที่ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการหมักและแปรผันค่าต่างๆดังนี้

แปรผันความเร็วรอบ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที

แปรผันค่าพีเอช 3.0 , 5.5 และ 7.0

ทำการเก็บผลการทดลองทุกๆ วัน เป็นเวลานาน 7 วัน เพื่อศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือและอัตราการใช้สารอาหาร

3.4.4 การวิเคราะห์และการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ

3.4.4.1 การวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ด

วิธีการแยกเส้นใยเห็ดออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อใช้ 2 วิธี

3.4.4.1.1 การกรองด้วยกระดาษกรอง

ใช้กระดาษกรอง GF/C (Glass Microfibre Filter Circles) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร โดยนำกระดาษกรองไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงจากนั้นใส่ไว้ในเดซิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำออกมาชั่งจดบันทึกน้ำหนักกระดาษกรองก่อนใช้ ซึ่งการใช้กระดาษกรองนี้จะใช้ในช่วงที่มีการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดในระยะแรกๆ(อายุไม่เกิน 7 วัน)

3.4.4.1.2 การใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (High speed centrifuge)

วิธีนี้จะทำการแยกเส้นใยเห็ดออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอายุนานกว่า 7 วัน เนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีลักษณะที่ค่อนข้างหนืด ฉะนั้นการกรองด้วยกระดาษกรองจึงไม่สามารถแยกเส้นใยเห็ดออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อได้ดี จึงใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30-40 นาที

ทั้งสองวิธีจะต้องแยกส่วนของเหลว(อาหารเลี้ยงเชื้อ) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ส่วนเส้นใยเห็ดจะนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศา-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำใส่ไว้ในเดซิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำออกมาชั่งหาน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ด นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ด (ในระดับฟลาสก์จะเก็บผลการทดลองจำนวน 2 ฟลาสก์ต่อการเก็บผล 1 ครั้ง ส่วนในระดับถังหมักจะทำการสุ่มตัวอย่างจากถังหมักปริมาตร 75 มิลลิลิตร โดยทำ 3 ซ้ำต่อการเก็บผล 1 ครั้ง)

3.4.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคส (เพื่อติดตามการใช้กลูโคสในระหว่างการเจริญของเส้นใยเห็ด) (Kunst และคณะ , 1984)

3.4.4.2.1 วิธีการเตรียมสารเคมีใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสและกลูโคสเปอร์ออกซิเดส

ก. สารรีเอเจนต์ A

เตรียมโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 100 มิลลิโมล ที่มี 4-อะมิโนแอนติไพริน 0.8 มิลลิโมล ปรับ ค่าพีเอช 7.00 และละลายเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส 80 มิลลิกรัม เอนไซม์กลูโคสเปอร์ออกซิเดส 0.25 มิลลิกรัม และโซเดียมเอไซด์ 48.75 มิลลิกรัมลงในโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ปริมาณ 500 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้นี้ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา-เซลเซียส ตลอดเวลา

ข. สารรีเอเจนต์ B

สารละลายฟีนอล 560 มิลลิโมล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ค. สารรีเอเจนต์ผสม

ทำการผสมกันระหว่างสารรีเอเจนต์ A กับสารรีเอเจนต์ B ในอัตราส่วน 100 ต่อ 2 (v/v)

ง. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานโดยให้กลูโคสมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.25 กรัมต่อลิตร

3.4.4.2.2 วิธีการวิเคราะห์

ผสมตัวอย่างปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร (จะต้องเจือจางให้ตัวอย่างมีความเข้มข้นของกลูโคสมีค่าน้อยกว่า 0.20 กรัมต่อลิตร) กับสารรีเอเจนต์ผสม (Mixture reagent) ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสนานประมาณ 45 - 60 นาที จนสารละลายมีสีชมพู นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตราฐานของสารละลายกลูโคส (ภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.3 การคำนวณ หาค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) , ค่าคงที่โมนอด (K_S) และประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{X/S}$)ในอาหารแต่ละสูตร

การคำนวณหาค่า μ_{max} , K_S (McNeil และ Harvey , 1990) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ด กับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส (กรัมต่อลิตร) ดังสูตรต่อไปนี้

$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_S}{\mu_{max}} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{\mu_{max}}$$

แล้วเขียนกราฟระหว่างค่า $1/\mu$ กับ $1/S$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ K_S/μ_{max} และค่าที่ตัดแกน Y เท่ากับ $1/\mu_{max}$ แล้วคำนวณหาค่า μ_{max} และค่า K_S จากกราฟ หรืออาจจะคำนวณหาค่า μ_{max} โดยเขียนกราฟระหว่างค่า ln x กับ เวลา (t)(Scragg , 1991) แล้วคำนวณค่า μ_{max} จากสูตร

$$\mu_{max} = \frac{\ln X - \ln X_0}{t - t_0}$$

ให้ X , X_0 เป็นค่าน้ำหนักแห้งของเซลล์ที่กำลังเจริญอยู่ในระยะ Log phase

t , t_0 เป็นเวลา (ชั่วโมง) ของการเจริญของเชื้อของ X , X_0 ตามลำดับ

สำหรับค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{X/S}$) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$Y_{X/S} = \frac{\text{g biomass formed}}{\text{g substrate used}}$$

นำค่า μ_{max} , Ks และ $Y_{X/S}$ ที่คำนวณได้จากกราฟมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูปในคอมพิวเตอร์ คือ โปรแกรม SB Model Maker (SB Technology Ltd.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งในระดับฟลาสก์และในระดับถังหมักโดยในระดับฟลาสก์ใช้การทดลองสองปัจจัยเป็นแบบ Factorial Experiment in RCB ซึ่งจัดบล็อคเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคือ วันที่ 6 , 12 และ 18 ส่วนในระดับถังหมักใช้การทดลองปัจจัยเดียวเป็นแบบ RCB ซึ่งจัดบล็อคเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง เมื่อแปรผันค่าความเร็วรอบใช้วันที่ 1 , 3 , 5 และ 7 เมื่อแปรผันค่าพีเอช ใช้วันที่ 1 , 3 และ 5 ทั้งนี้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ (Gomez และ Gomez ,1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์

4.1.1 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร YMK

จากการศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร YMK เป็นระยะเวลา 18 วัน แล้ววัดการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ โดยทำการวัดน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ การใช้น้ำตาลกลูโคสในระหว่างการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือและการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในอาหารสูตร YMK ดังแสดงในตารางที่ 4.1 - 4.2และภาพที่ 4.1 - 4.2 พบว่า ในวันที่ 18 เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะให้ปริมาณน้ำหนักแห้งที่สูงกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 โดยมีค่าเท่ากับ 14.97 และ 10.48 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเข้าสู่ระยะ Log phase ได้เร็วกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในอาหารสูตร YMK ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้มีค่าที่แปรปรวน เนื่องจากปริมาณกลูโคสที่เติมลงไปในอาหารสูตร YMK เริ่มต้นที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร แต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสเพื่อติดตามการใช้น้ำตาลกลูโคสในระหว่างการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ พบว่าปริมาณกลูโคสเริ่มต้นในอาหารสูตร YMK ที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002และสายพันธุ์ L004 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 40.32 และ 39.12 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปริมาณกลูโคสลดลงเพียงเล็กน้อยของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในวันที่ 18 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.17 และ 30.21 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในอาหารสูตร YMK ที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 พบว่า ในระหว่างการเจริญเติบโตค่าพีเอชจะลดลงอย่างช้าๆโดยค่าพีเอชเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 5.84 และ 5.87 ตามลำดับและในวันที่ 18 ค่าพีเอชจะลดลงมีค่าเท่ากับ 3.59 และ 3.91 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.19	40.32	5.84
2	0.31	39.97	5.91
4	0.32	39.13	5.83
5	0.43	38.65	5.58
6	0.88	38.40	4.99
7	2.22	38.40	4.68
8	5.17	38.06	4.36
9	5.73	37.91	4.03
10	5.64	36.44	3.84
12	6.33	35.24	3.62
13	6.30	35.09	3.50
16	7.01	35.35	3.48
17	10.15	33.00	3.52
18	10.48	32.17	3.59

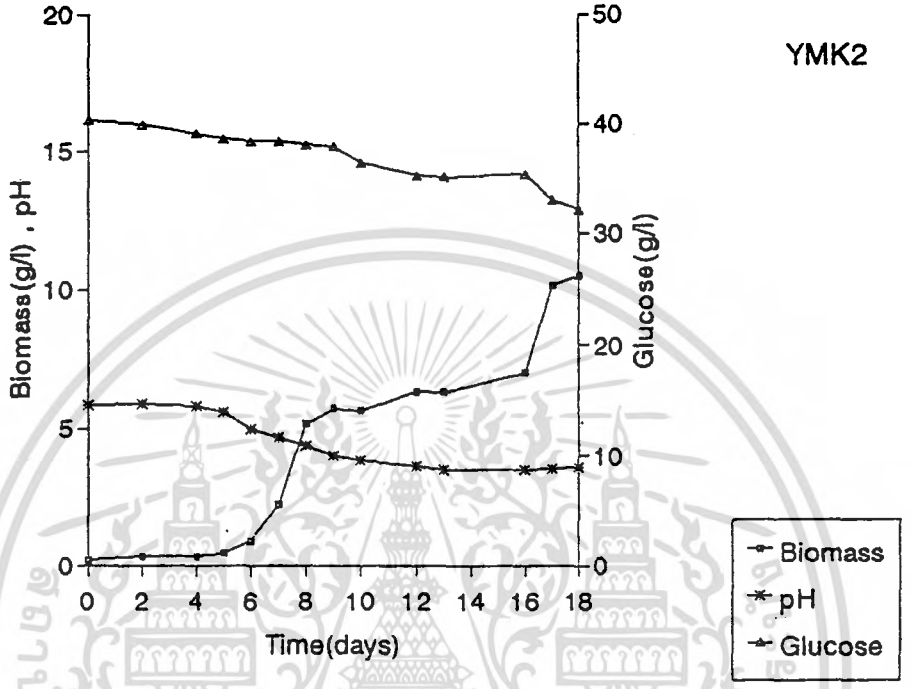
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK

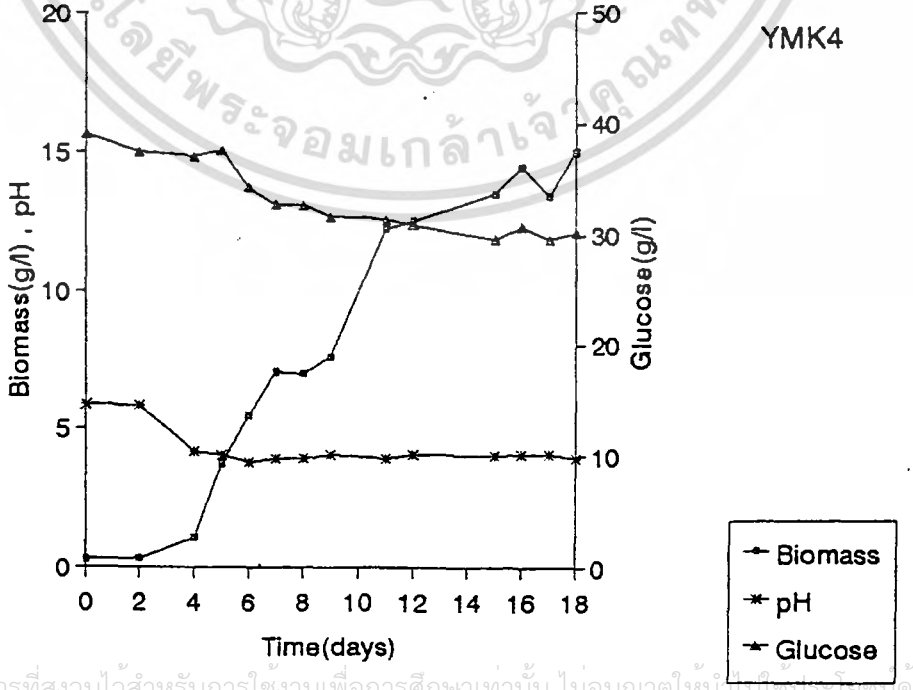
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.31	39.12	5.87
2	0.35	37.49	5.83
4	1.08	37.05	4.19
5	3.74	37.62	4.03
6	5.46	34.28	3.79
7	7.03	32.76	3.92
8	6.96	32.69	3.91
9	7.59	31.70	4.05
10	12.26	31.46	3.93
12	12.53	30.97	4.04
15	13.46	29.64	4.02
16	14.43	30.76	4.03
17	13.39	29.60	4.04
18	14.97	30.21	3.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK



ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ในอาหารสูตร MYGP แสดงผลดังในตารางที่ 4.3 - 4.4 และภาพที่ 4.3 - 4.4 พบว่า การเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004และสายพันธุ์ L002 จะมีลักษณะการเจริญคล้ายกับที่เจริญในอาหารสูตร YMK โดยเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเข้าสู่ระยะ Log phase ได้เร็วกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ในวันที่ 18 พบว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 มีการเจริญเติบโตให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 มีค่าเท่ากับ 13.58 และ 10.94 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้แปรผันตรงกับน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือซึ่งหากน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือมีปริมาณที่สูงขึ้นปริมาณกลูโคสก็จะลดลง แสดงว่า เส้นใยเห็ดหลินจือใช้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต โดยในวันที่ 18 ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ลดลงมีค่าเท่ากับ 7.17 และ 0.58 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้จะเห็นได้ว่าปริมาณกลูโคสในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 มีปริมาณกลูโคสเหลืออยู่ในปริมาณที่สูงกว่าสายพันธุ์ L004 แสดงว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 จะต้องใช้เวลานานกว่า 18 วันเพื่อใช้น้ำตาลกลูโคสที่เหลืออยู่ในการเจริญเติบโตให้ได้น้ำหนักของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงขึ้น ส่วนค่าพีเอชในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 พบว่าค่าพีเอชที่วัดได้เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 5.39 และ 5.28 ตามลำดับ และค่าพีเอชจะลดลงมีค่าเท่ากับ 3.45 และ 3.53 ตามลำดับในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.23	19.30	5.39
1	0.27	19.15	5.39
2	0.48	18.57	5.32
3	0.56	18.52	5.36
4	0.67	18.06	4.75
6	0.82	17.26	4.60
7	1.50	17.17	3.93
8	2.74	16.21	3.91
9	4.97	15.17	3.91
10	5.81	14.99	3.70
12	8.15	14.16	3.60
13	9.07	13.81	3.57
14	8.99	11.83	3.62
15	10.04	11.47	3.78
16	10.87	11.10	3.61
17	10.75	9.58	3.52
18	10.94	7.17	3.45

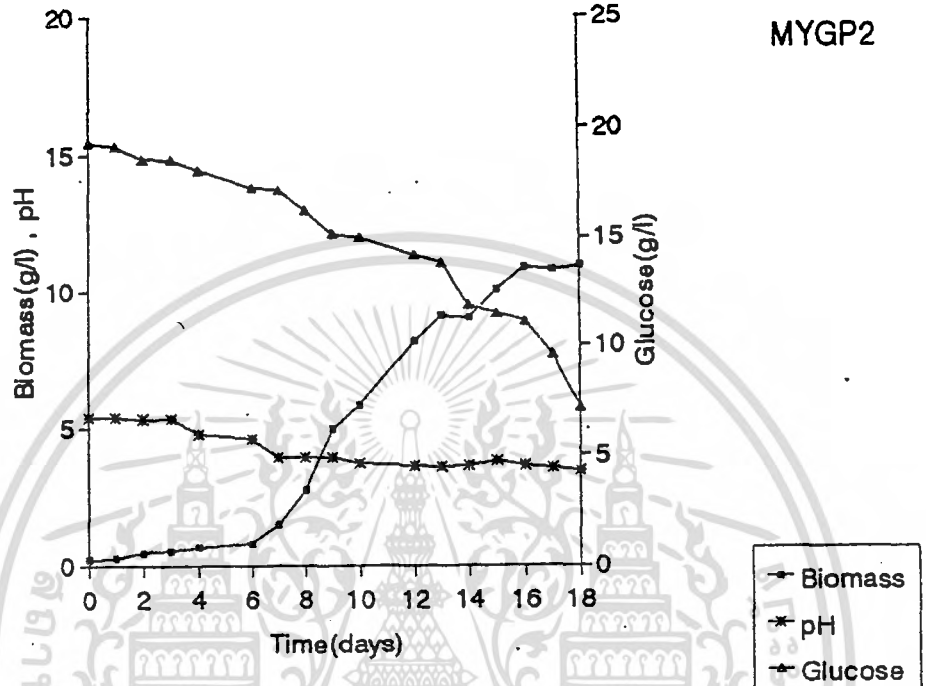
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP

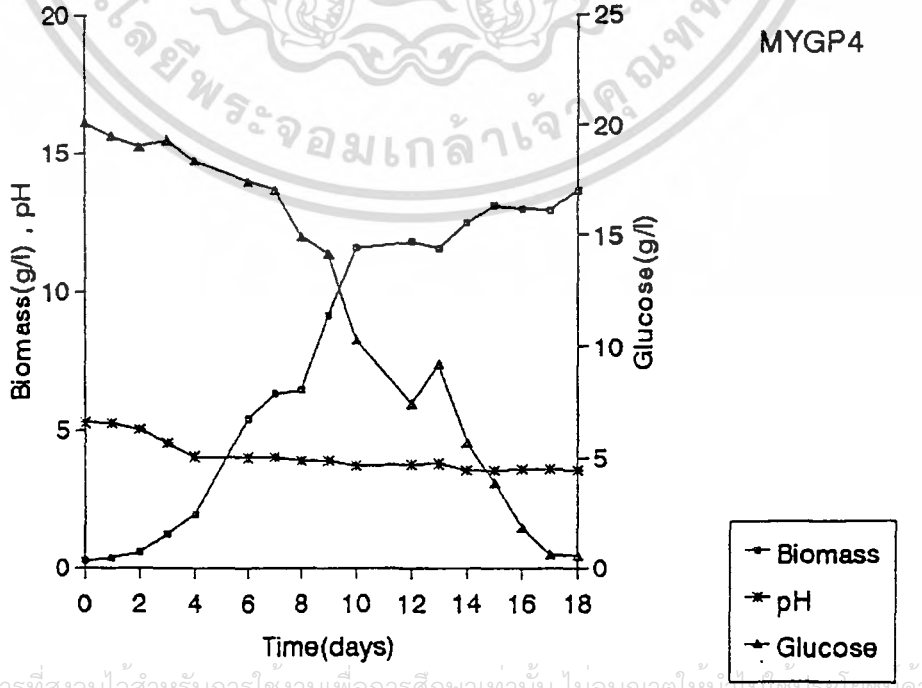
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.27	20.13	5.28
1	0.37	19.41	5.24
2	0.58	19.06	5.03
3	1.23	19.35	4.56
4	1.96	18.38	4.05
6	5.43	17.41	4.01
7	6.34	17.04	4.04
8	6.46	14.96	3.91
9	9.13	14.17	3.91
10	11.55	10.32	3.75
13	11.52	9.21	3.79
14	12.41	5.69	3.56
15	13.04	3.87	3.53
16	12.93	1.84	3.59
17	12.88	0.62	3.60
18	13.58	0.58	3.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP



ภาพที่ 4.4 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร GYP

จากตารางที่ 4.5 - 4.6 และภาพที่ 4.5 และ 4.6 เป็นผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เจริญในอาหารสูตร GYP แล้ววัดการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกลูโคสและค่าพีเอชในอาหารสูตร GYP พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP เป็นระยะเวลา 18 วัน จะให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ มีค่าเท่ากับ 11.03 และ 11.03 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในอาหารสูตร GYP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 พบว่าปริมาณกลูโคสเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 20.93 และ 20.16 กรัมต่อลิตร ตามลำดับและปริมาณกลูโคสมีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 4.45 และ 2.36 กรัมต่อลิตร ตามลำดับในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงซึ่งการลดลงของน้ำตาลกลูโคสแสดงว่า เส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ใช้น้ำตาลกลูโคสในการเจริญเติบโต สำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในอาหารสูตร GYP ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ค่าพีเอชที่วัดได้มีค่าลดลงอย่างช้าๆ โดยจากค่าพีเอชเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 5.46 และ 5.26 ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงค่าพีเอชลดลงมีค่าเท่ากับ 3.72 และ 3.65 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.11	20.93	5.46
1	0.13	20.32	5.22
2	0.14	20.09	5.40
3	0.20	19.28	5.29
4	0.74	18.95	4.83
5	1.10	18.40	4.42
6	2.56	17.80	3.82
8	4.66	16.47	3.78
9	6.78	15.67	3.76
10	8.09	15.47	4.00
11	8.92	13.77	3.51
12	9.91	8.79	3.56
14	10.72	7.95	3.59
15	11.03	6.24	3.77
16	11.27	4.83	3.72
17	11.39	4.53	3.83
18	11.03	4.45	3.72

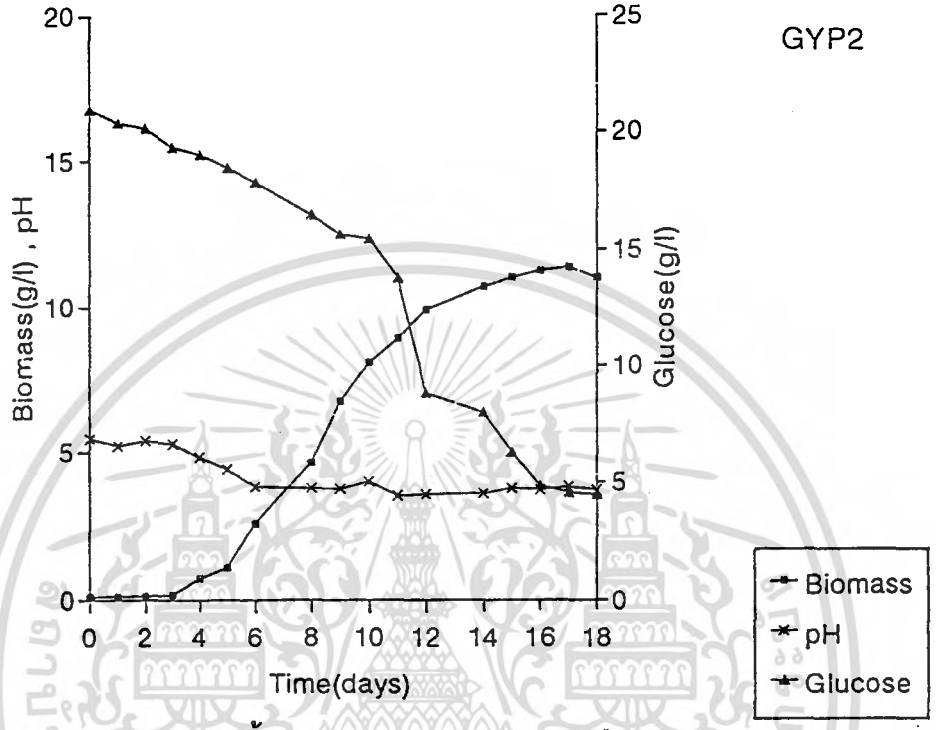
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP

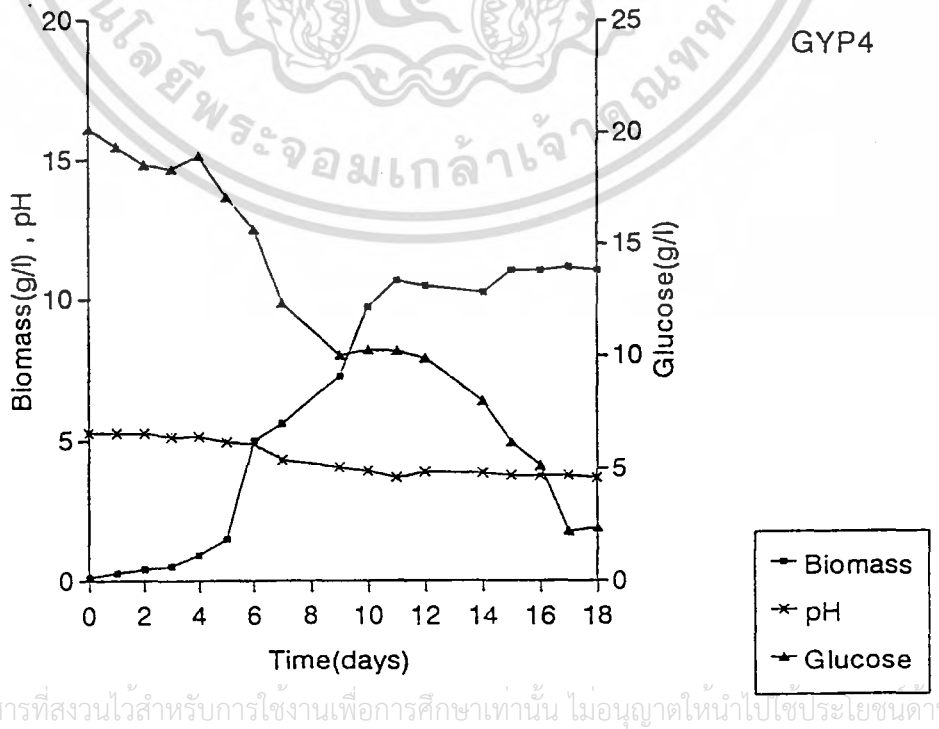
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.12	20.16	5.26
1	0.28	19.32	5.25
2	0.40	18.50	5.25
3	0.51	18.31	5.12
4	0.90	18.91	5.13
5	1.48	17.05	4.93
6	4.98	15.62	4.87
7	5.58	12.32	4.28
9	7.27	10.02	4.03
10	9.71	10.25	3.90
11	10.64	10.20	3.66
12	10.45	9.89	3.86
14	10.20	7.97	3.82
15	11.03	6.16	3.73
16	11.03	5.12	3.73
17	11.15	2.20	3.74
18	11.03	2.36	3.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP



ภาพที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร YM

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM แสดงดังในตารางที่ 4.7 - 4.8 และภาพที่ 4.7 - 4.8 พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเจริญได้ดีกว่าสายพันธุ์ L002 โดยเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเข้าสู่ระยะ Log phase ได้เร็วกว่าสายพันธุ์ L002 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ในวันที่ 18 พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือมีค่าเท่ากับ 13.60 กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 มีค่าเท่ากับ 12.10 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ในวันที่ 18 ในอาหารสูตร YM ที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 มีค่าเท่ากับ 9.83 กรัมต่อลิตรซึ่งยังคงเหลือในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ในอาหารสูตร YM ที่เพาะเลี้ยงในเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 มีค่าเท่ากับ 0.41 กรัมต่อลิตร ฉะนั้นเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ต้องใช้ระยะเวลานานกว่า 18 วัน เพื่อที่จะใช้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหลืออยู่ในการเจริญเติบโตเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงขึ้น ส่วนค่าพีเอชที่วัดได้ในอาหารสูตร YM ที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5.87 และ 5.84 ตามลำดับ และค่าพีเอชจะลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงวัดค่าพีเอชได้ 4.59 และ 4.40 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.22	22.47	5.87
2	0.28	22.24	5.64
4	0.41	21.68	5.49
5	1.08	19.83	5.13
6	2.51	19.75	4.99
8	3.07	19.62	4.88
9	4.20	19.35	4.77
11	4.97	18.84	4.73
12	6.30	18.24	4.71
13	6.92	14.25	4.67
14	7.98	13.50	4.64
15	10.00	12.48	4.59
16	11.35	10.63	4.57
18	12.10	9.83	4.59

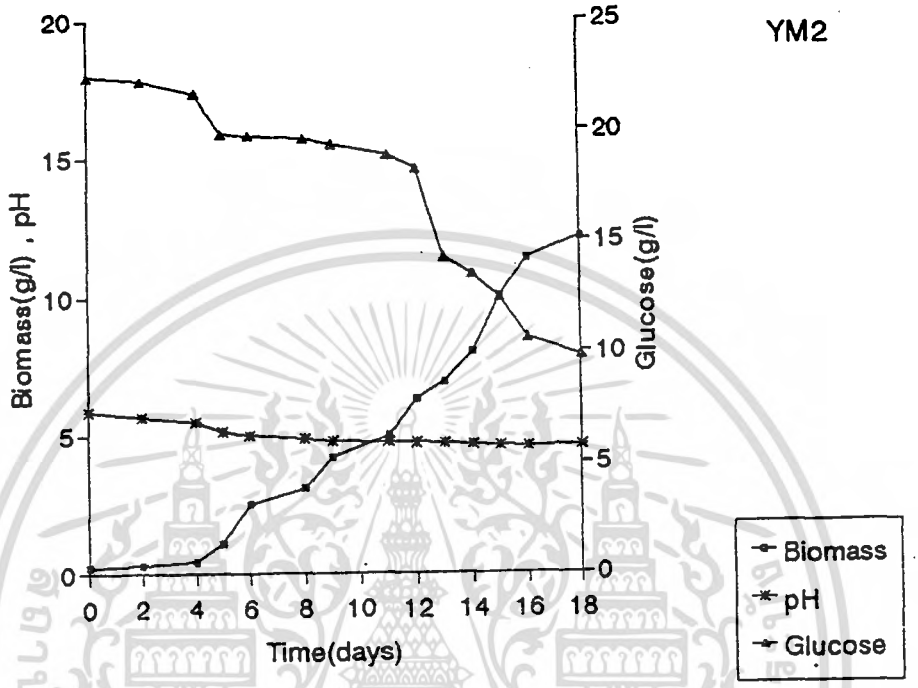
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM

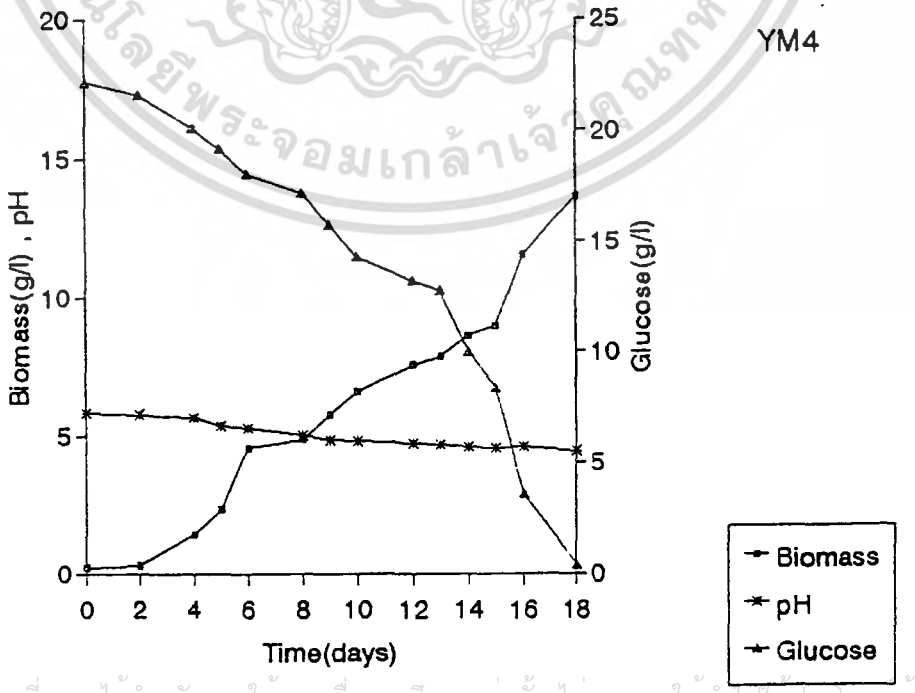
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.22	22.20	5.84
2	0.30	21.60	5.76
4	1.42	20.12	5.65
5	2.33	19.21	5.34
6	4.55	18.06	5.27
8	4.83	17.16	5.01
9	5.72	15.77	4.82
11	6.55	14.33	4.76
12	7.50	13.21	4.68
13	7.82	12.79	4.65
14	8.57	10.01	4.55
15	8.93	8.37	4.50
16	11.50	3.58	4.54
18	13.60	0.41	4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM



ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร PDB

จากผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร PDB แล้ววัดการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ เป็นระยะเวลานาน 18 วัน แสดงผลดังในตารางที่ 4.9 - 4.10และภาพที่ 4.9 - 4.10 พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 สามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตร PDB และให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือมีค่าเท่ากับ 11.02 และ 11.59 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากในอาหารสูตร PDB เส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์สามารถใช้แหล่งคาร์บอนได้จากน้ำตาลกลูโคสและมันฝรั่งในการเจริญเติบโต เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในระหว่างการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้จะลดลงเมื่อเส้นใยเห็ดหลินจือมีการเจริญเติบโตและให้น้ำหนักของเส้นใยเห็ดหลินจือสูงขึ้น โดยปริมาณกลูโคสเริ่มต้นของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร PDB มีค่าเท่ากับ 20.63 และ 20.15 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปริมาณกลูโคสลดลงเหลือเท่ากับ 6.23 และ 7.46 กรัมต่อลิตร ในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือ และจากการวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในอาหารสูตร PDB ที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 โดยค่าพีเอชเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 5.79 และ 5.83 ตามลำดับ และในวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงค่าพีเอชลดลงมีค่าเท่ากับ 4.10 และ 3.94 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.14	20.63	5.79
1	0.15	20.53	5.58
2	0.22	19.99	5.20
3	0.42	19.23	4.35
4	1.95	18.66	3.54
6	2.57	18.05	3.42
7	5.13	17.34	3.39
8	5.59	16.08	3.38
9	6.15	14.85	3.47
10	6.91	13.30	3.58
11	9.21	10.74	3.93
12	9.31	10.52	3.83
14	10.61	9.53	3.96
15	10.77	7.16	4.03
16	10.80	6.36	4.12
17	10.94	6.15	4.18
18	11.02	6.23	4.10

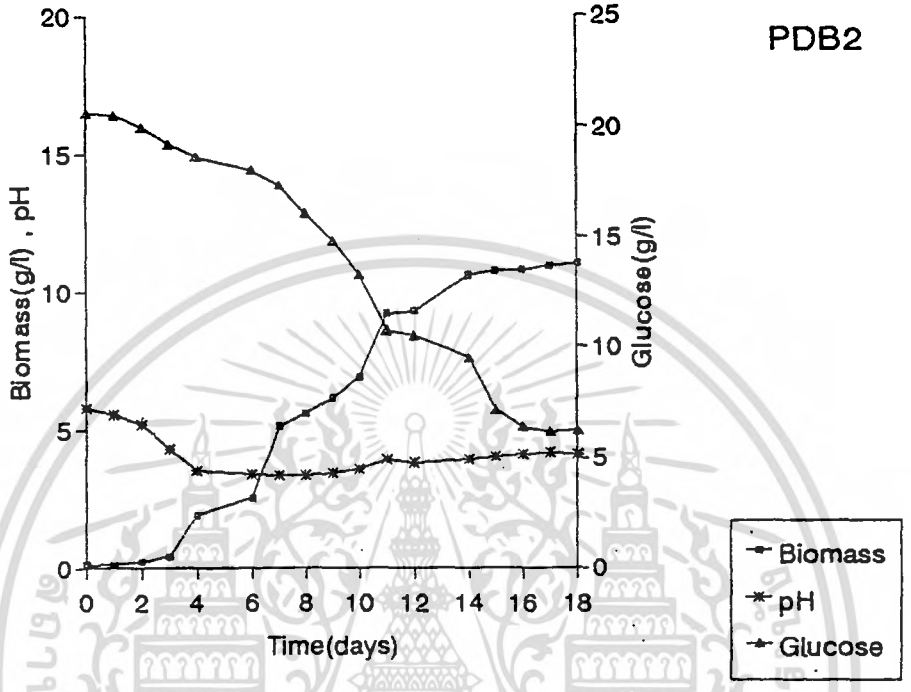
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB

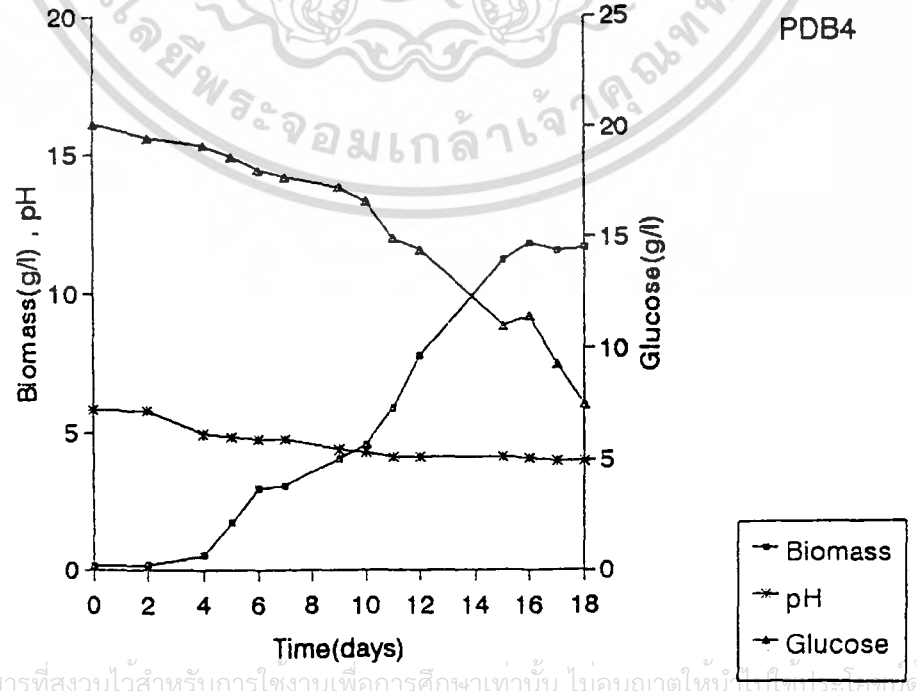
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.16	20.15	5.83
2	0.19	19.51	5.80
4	0.54	19.14	4.93
5	1.72	18.63	4.83
6	2.95	18.03	4.72
7	3.06	17.69	4.72
9	4.01	17.23	4.36
10	4.55	16.56	4.27
11	5.85	14.91	4.06
12	7.72	14.41	4.08
15	11.14	11.01	4.07
16	11.73	11.40	4.03
17	11.48	9.29	3.95
18	11.59	7.46	3.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB



ภาพที่ 4.10 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 <u>การวิเคราะห์ผลทางสถิติของสายพันธุ์เส้นใยเห็ดหลินจือที่มีผลต่อการเจริญในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์</u>

เมื่อนำน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆ ทั้ง 5 สูตร ในระดับฟลาสก์ สภาวะที่มีการเขย่าเป็นระยะเวลา 18 วันมาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า ปัจจัยทั้งสองคือสายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดหลินจือและสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงมีอิทธิพลร่วมกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งหมายความว่า สายพันธุ์เส้นใยเห็ดหลินจือแต่ละสายพันธุ์จะมีการเจริญเติบโตมากน้อยเพียงใดขึ้นกับสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง หลังจากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆทั้ง 5 สูตร โดยใช้ DMRT ดังตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.11 พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เจริญในอาหารแต่ละสูตรให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งหมายความว่าสายพันธุ์ L002 สามารถใช้อาหารสูตรใดก็ได้ในการเพาะเลี้ยง ส่วนเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เจริญในอาหารสูตร YMK และ MYGP จะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และปรากฏผลเช่นเดียวกับในอาหารสูตร GYP , YM และ PDB แต่เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK และ MYGP จะให้ผลการเจริญที่มากกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP , YM และ PDB ซึ่งหมายความว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ควรเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK หรือ MYGP เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบและต้นทุนการผลิตแล้วควรเลือกใช้อาหารสูตร MYGP เพราะว่าในอาหารสูตร MYGP มีส่วนประกอบของมอลท์สกัดเพียง 3 กรัมต่อลิตร แต่ให้ผลน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอาหารสูตร YMK ซึ่งมีส่วนประกอบของมอลท์สกัดมากถึง 40 กรัมต่อลิตร หากคำนึงถึงต้นทุนแล้วอาหารสูตร MYGP จะถูกกว่า YMK และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 แล้วพบว่าการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเข้าสู่ระยะ Log phase ได้เร็วกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ฉะนั้นในการศึกษาต่อไปคือการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมักจึงใช้เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตรต่างๆที่เพาะเลี้ยงในระดับฟลาสก์

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	F - value
Block	2	395.42	197.71	
A	1	36.61	36.61	
B	4	4.44	1.11	
A x B	4	27.01	6.75	5.63**
Experimental error	18	21.58	1.20	
Total	29	485.05		

Block ช่วงเวลาที่เพาะเลี้ยง

A สายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดหลินจือ

B สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

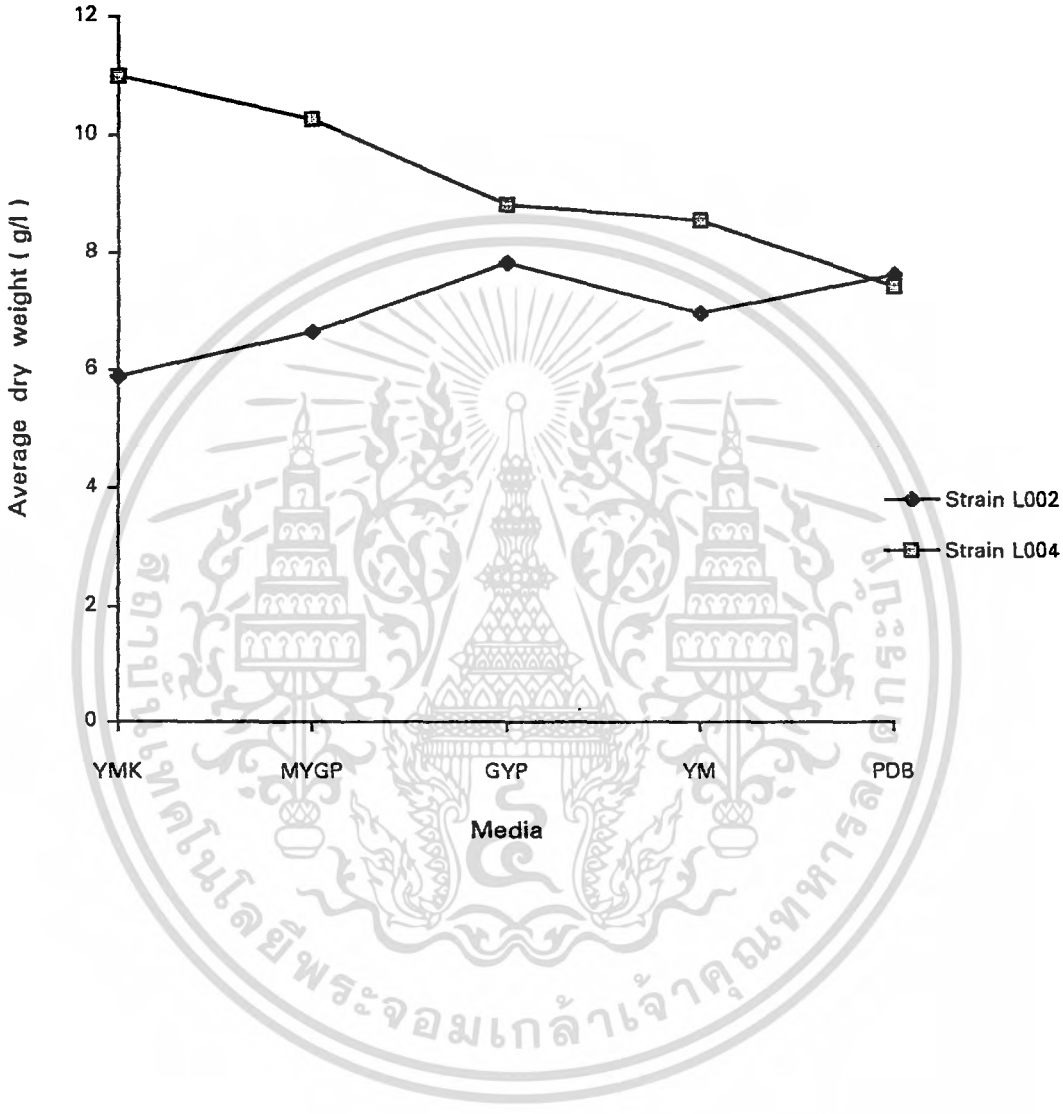
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์

สูตรอาหาร	สายพันธุ์ L002	สายพันธุ์ L004
YMK	5.89[a]	10.99[a]
MYGP	6.65[a]	10.26[ab]
GYP	7.83[a]	8.82[bc]
YM	6.97[a]	8.56[bc]
PDB	7.63[a]	7.42[c]

หมายเหตุ ในแต่ละคอลัมน์ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ DMRT ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 <u>ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในระดับฟลาสก์</u>

จากผลการทดลองนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ได้แก่ อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_s) และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{x/s}$) ในอาหารแต่ละสูตรที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 พบว่า อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด ค่าโมนอด และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตรมีค่าที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ซึ่งเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่สูงมีค่าเท่ากับ 0.034 ต่อชั่วโมง รองลงมาคือเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP , GYP , YM และ PDB มีค่าเท่ากับ 0.030 , 0.024 , 0.023 และ 0.021 ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนในเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP จะมีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่สูงมีค่าเท่ากับ 0.029 ต่อชั่วโมง รองลงมาคือเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK , PDB , MYGP และ YM มีค่าเท่ากับ 0.022 , 0.021 , 0.020 และ 0.020 ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดของเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารแต่ละสูตรที่มีค่าแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยต่างๆเช่น ชนิดของสายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดหลินจือหรือสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง เป็นต้น ส่วนค่าคงที่โมนอดสามารถบอกถึงความเข้มข้นของสารอาหารที่ทำให้อัตราการเจริญเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด จากภาพที่ 4.12 ถึง 4.21 เป็นภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญได้แก่ อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_s) และค่าประสิทธิ-ภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{x/s}$) ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker พบว่า ค่าที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามที่ Monod (1949)ได้เสนอไว้คือเมื่ออัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสูงขึ้น ปริมาณสารอาหารจะลดลงเนื่องจากเส้นใยเห็ดหลินจือนำไปใช้ในการเจริญเติบโต แต่การทดลองในอาหารแต่ละสูตรอาจพบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือสูงขึ้น ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ลดลงเพียงเล็กน้อยทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เส้นใยเห็ดหลินจือใช้แหล่งอาหารแหล่งอื่นในการเจริญเติบโต

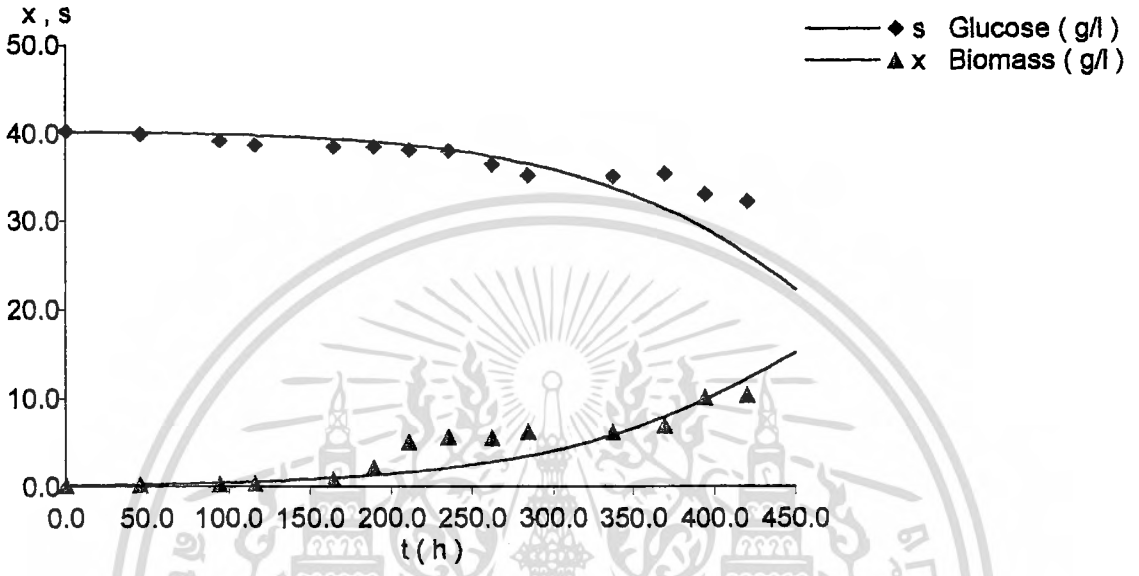
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารสูตรต่างๆในระดับฟลาสก์

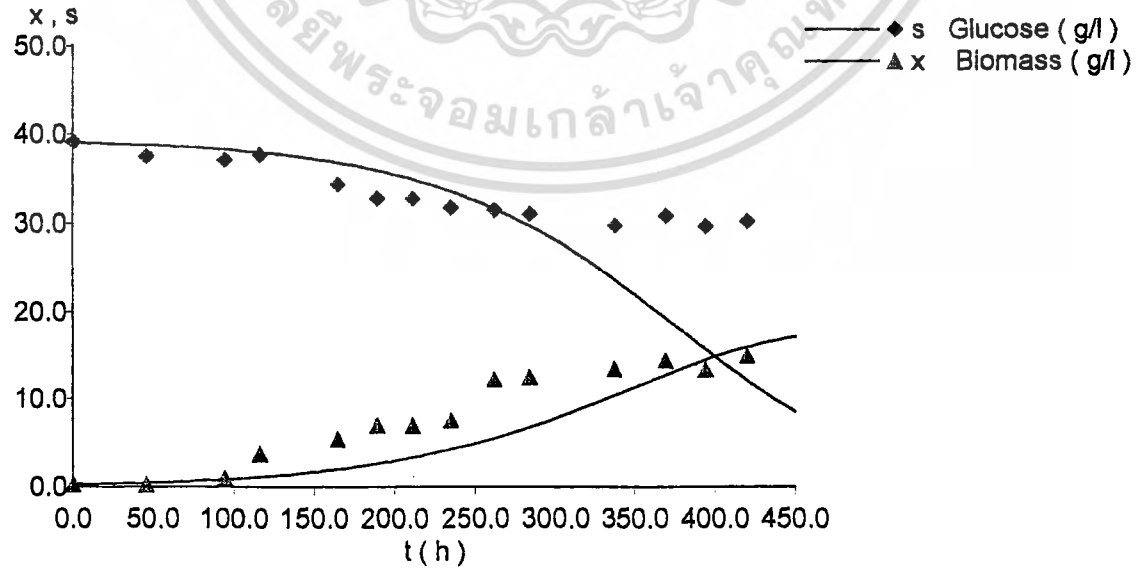
สูตรอาหาร	สายพันธุ์	ค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโต		
		$\mu_{max}(h^{-1})$	$K_s(gl^{-1})$	$Y_{x/s}(gg^{-1})$
YMK	L002	0.022	18.00	1.32
MYGP	L002	0.020	4.80	0.88
GYP	L002	0.029	4.25	0.66
YM	L002	0.020	5.00	0.61
PDB	L002	0.021	3.80	0.79
YMK	L004	0.034	28.00	1.24
MYGP	L004	0.030	6.75	0.95
GYP	L004	0.024	2.00	0.64
YM	L004	0.023	4.55	0.63
PDB	L004	0.021	3.55	0.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK

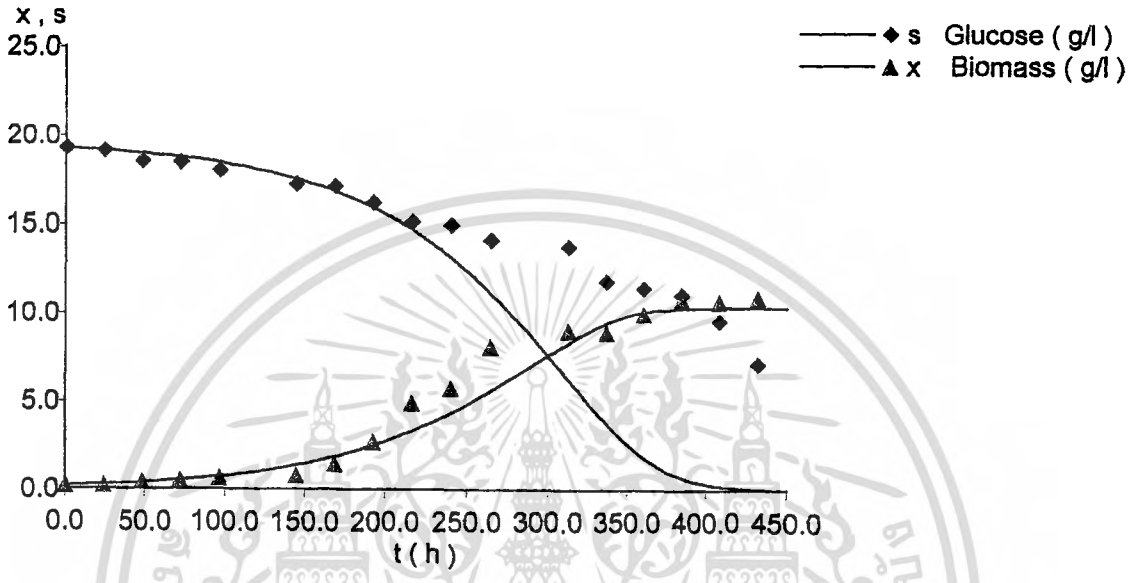


ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK

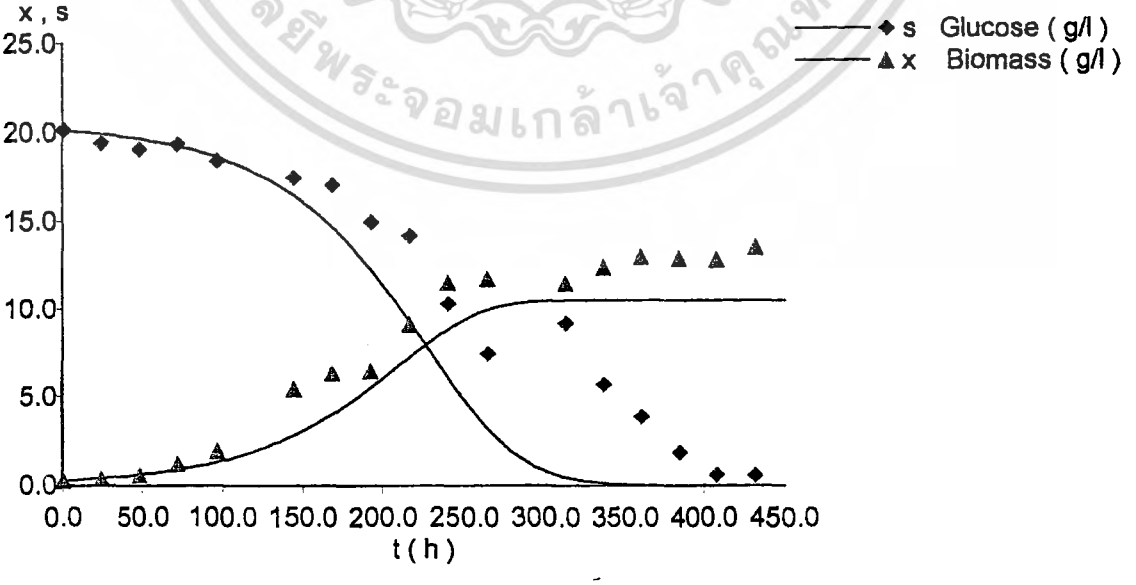


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP

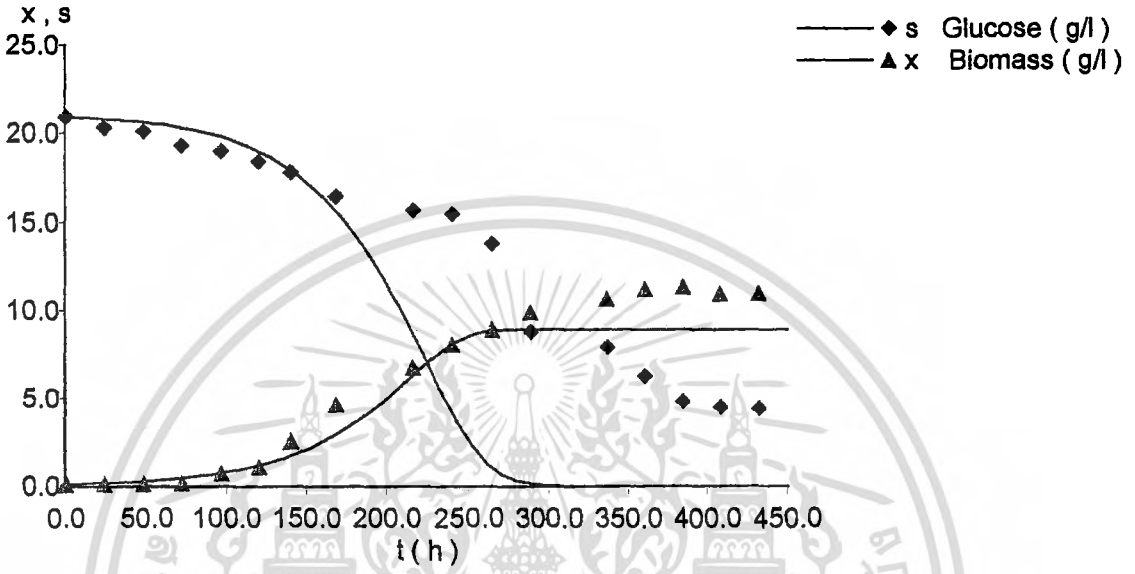


ภาพที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP

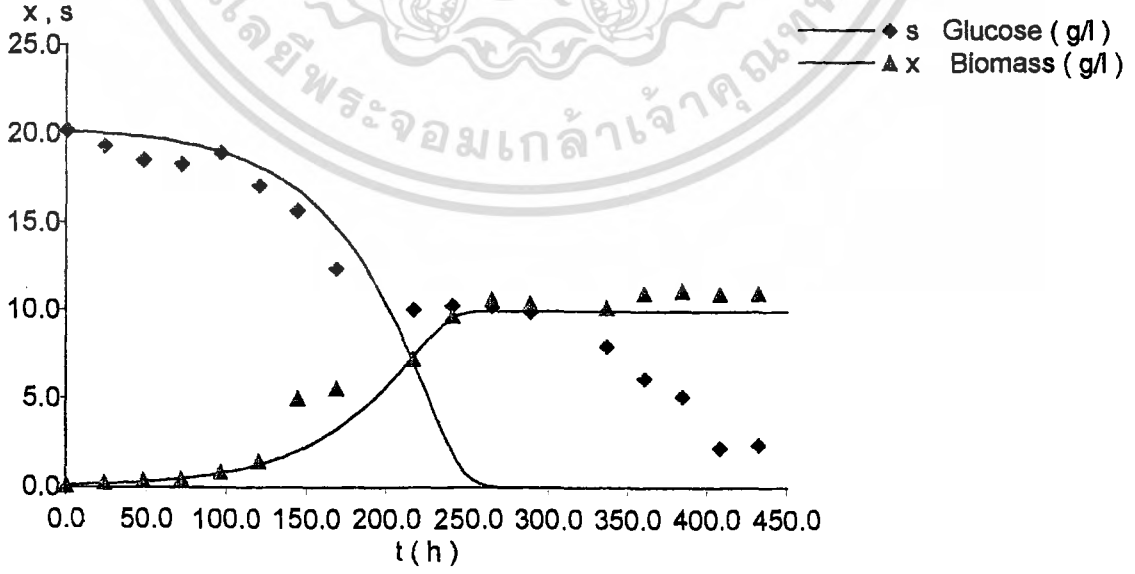


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP

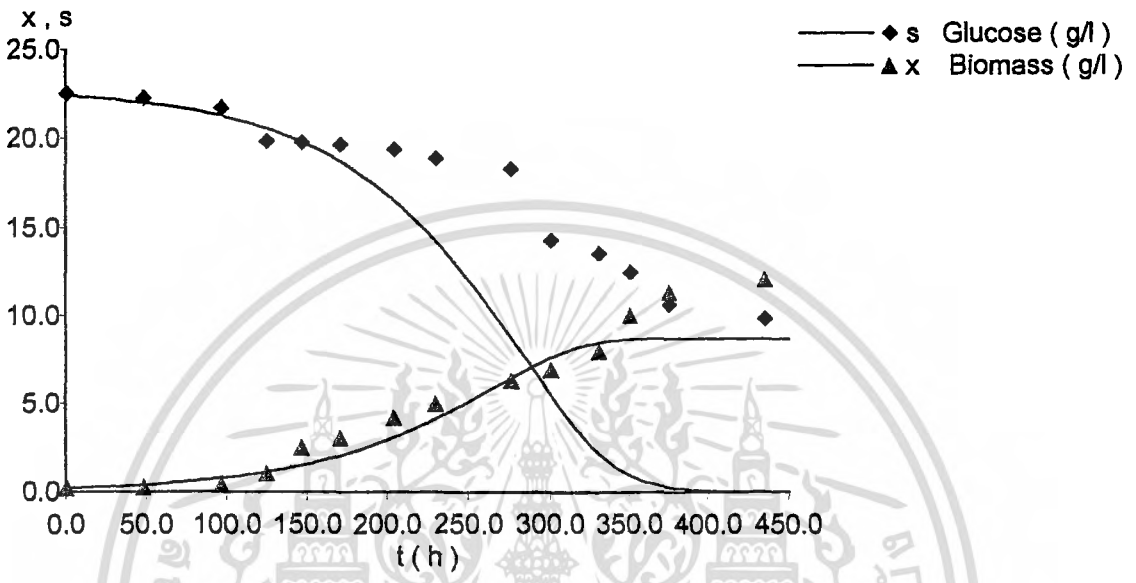


ภาพที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP

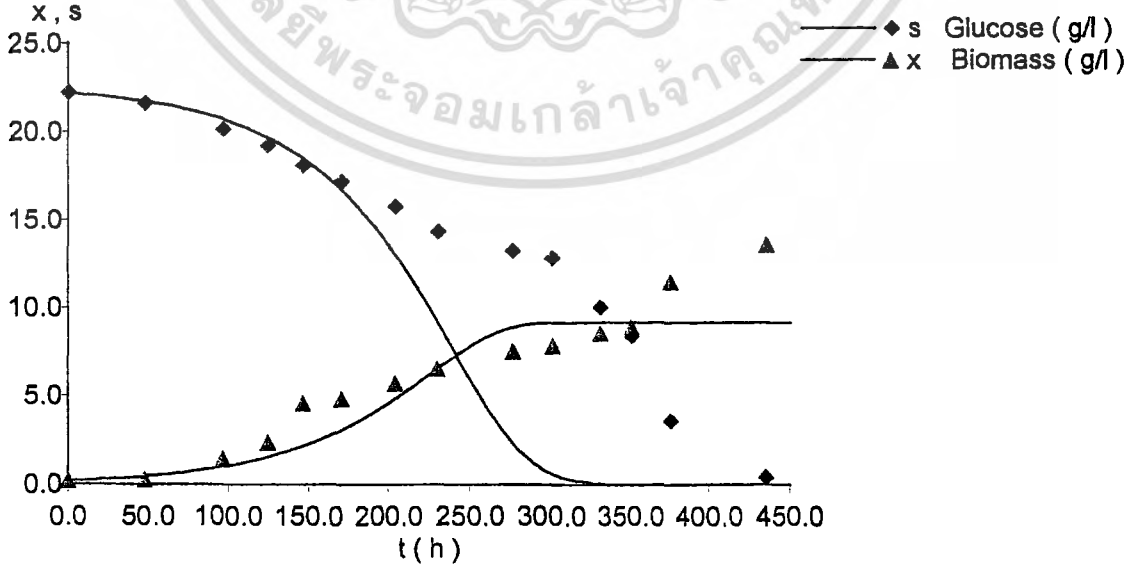


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM

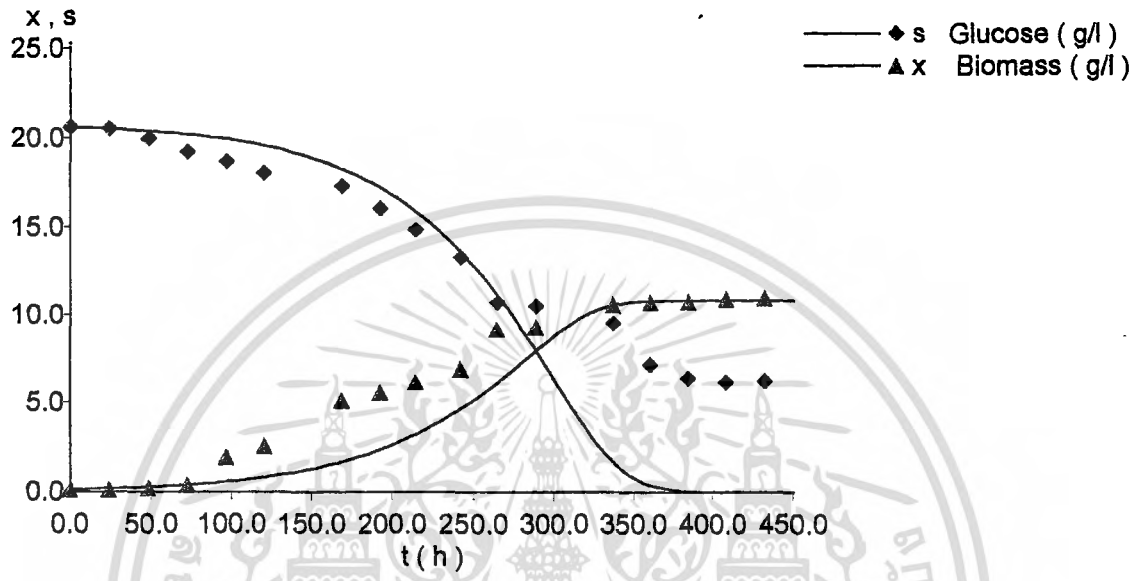


ภาพที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YM

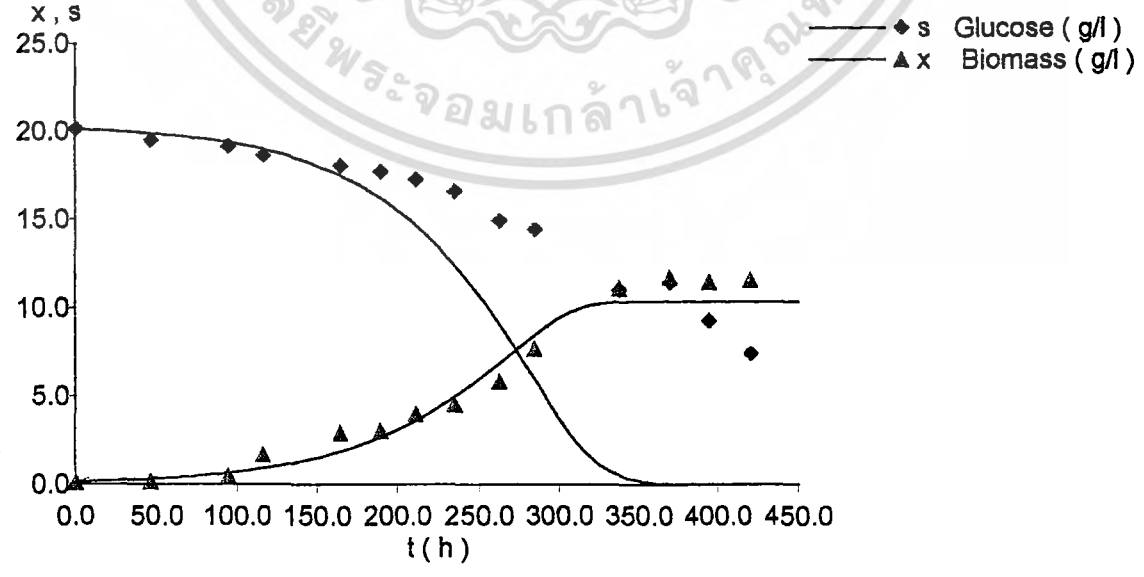


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB



ภาพที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร PDB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมัก

4.2.1 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด

ในการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมักได้ทำการคัดเลือกอาหารสูตร MYGP และเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์ โดยแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 3 ระดับคือ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 7 วัน แล้ววัดการเจริญเติบโตของเส้นใย-เห็ด โดยทำการวัดน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ การใช้น้ำตาลกลูโคสในระหว่างการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือและการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในอาหารที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือระหว่างการเจริญเติบโต พบว่า ที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาทีจะให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.41 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือ ที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 และ 100 รอบต่อนาที โดยให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือมีค่าเท่ากับ 5.45 และ 3.60 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14 - 4.16 และภาพที่ 4.23 - 4.25) โดยที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาที (ภาพที่ 4.23) จะสังเกตได้ว่าหลังจากวันที่ 5 แล้วเส้นใยเห็ดหลินจือเริ่มมีปริมาณที่คงที่ เนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่เส้นใยเห็ดหลินจือนำมาใช้ในการเจริญเติบโตมีปริมาณที่ลดลงซึ่งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 20.19 กรัมต่อลิตรและลดลงเท่ากับ 0.03 กรัมต่อลิตรในวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยง จึงมีผลทำให้อัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือเริ่มคงที่ด้วย ส่วนที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 รอบต่อนาที (ภาพที่ 4.24) เป็นความเร็วรอบของใบพัดที่แรงมากเกินไป ทำให้เส้นใยเห็ดหลินจือเจริญได้ไม่ดีในช่วงวันแรกๆแต่จะค่อยๆเพิ่มปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือให้มากขึ้นและที่ความเร็วรอบของใบพัด 100 รอบต่อนาที (ภาพที่ 4.22) ปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกลูโคสของการเพาะเลี้ยงในระดับถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด พบว่า ที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาทีในวันที่ 7 มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเหลือน้อยมากมีค่าเท่ากับ 0.03 กรัมต่อลิตรและที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 รอบต่อนาที มีปริมาณกลูโคสเหลือเท่ากับ 2.46 กรัมต่อลิตรแต่ที่ความเร็วรอบของใบพัด 100 รอบต่อนาที ยังคงมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเหลืออยู่อีกมากมีค่าเท่ากับ 15.28 กรัมต่อลิตร ฉะนั้นต้องใช้เวลานานมากกว่า 7 วัน ในการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงขึ้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดค่าพีเอชในอาหารที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือ พบการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชคล้ายกับที่วัดได้ในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์ ซึ่งค่าพีเอชจะลดลงอย่างช้าๆ โดยที่ความเร็วรอบของใบพัด 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที วัดค่าพีเอชเริ่มต้นได้มีค่าเท่ากับ 5.68 , 5.58 และ 5.68 ตามลำดับ และ ในวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยงค่าพีเอชลดลงมีค่าเท่ากับ 3.74 , 4.12 และ 3.78 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.18	19.61	5.68
1	0.35	18.86	5.13
2	1.47	18.47	3.93
3	2.16	17.74	3.28
4	2.70	16.58	3.60
5	3.26	16.07	3.64
7	3.60	15.28	3.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที

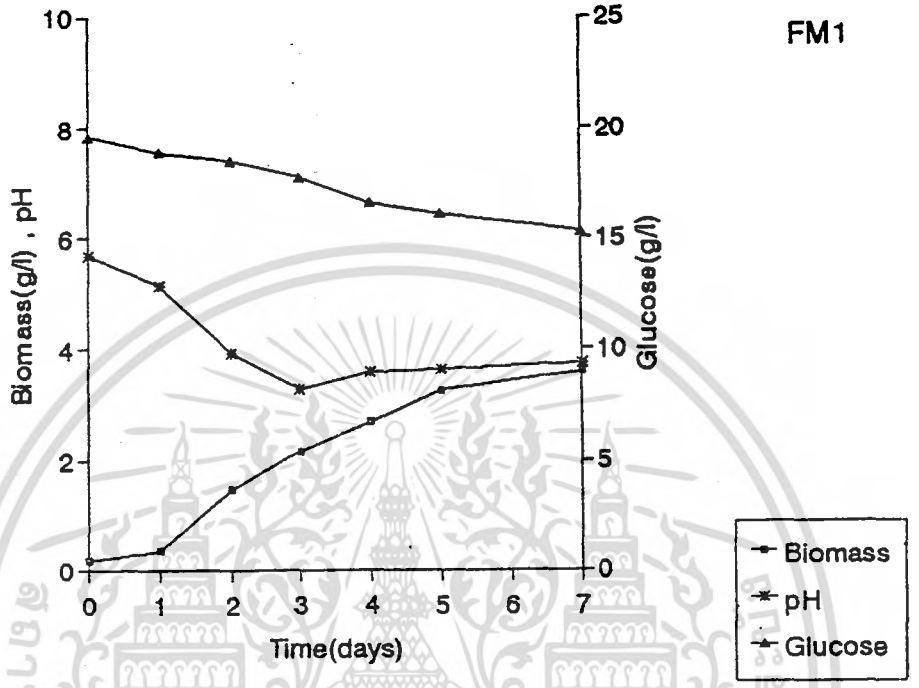
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.14	20.19	5.58
1	0.58	19.26	4.94
2	3.08	18.69	3.86
3	6.16	14.97	3.27
4	7.65	9.24	3.23
5	7.79	0.15	3.54
7	7.41	0.03	4.12

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

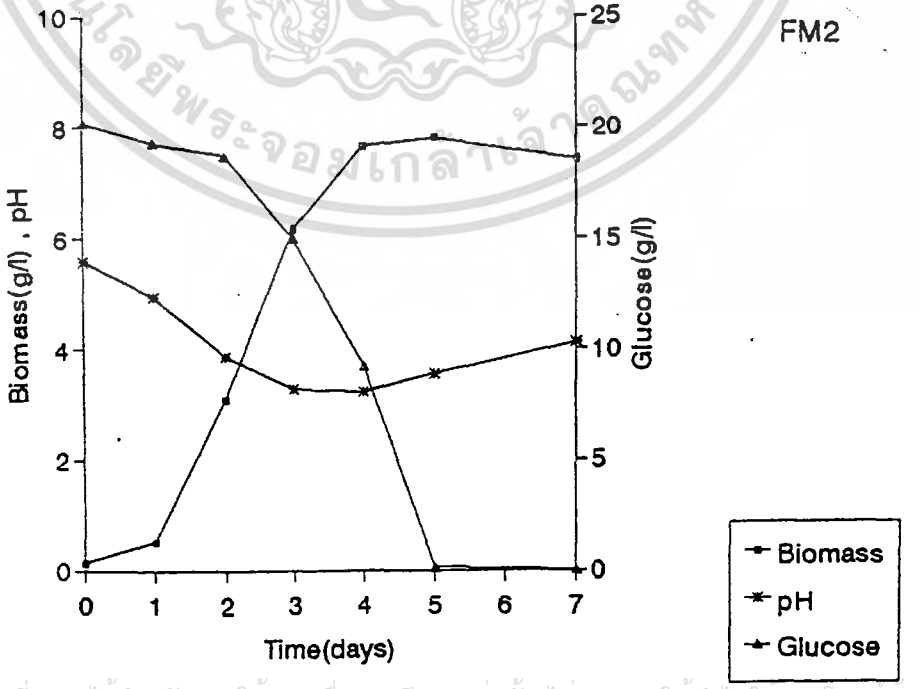
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	ค่าพีเอช
0	0.19	20.63	5.68
1	0.68	19.06	4.77
2	1.94	18.38	4.02
3	2.46	15.97	3.86
4	2.93	13.22	3.82
5	4.87	6.81	3.58
7	5.45	2.46	3.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.22 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที

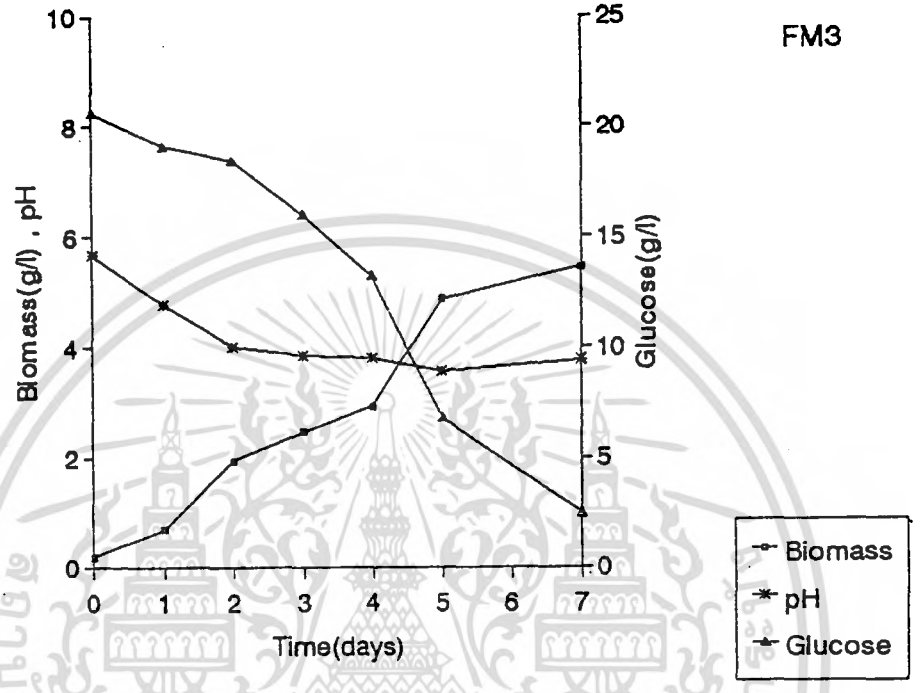


ภาพที่ 4.23 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.24 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ปริมาณกลูโคสและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 <u>การวิเคราะห์ผลทางสถิติของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบ</u>

เมื่อนำค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในระดับถังหมักโดยแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 3 ระดับ คือ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 7 วัน มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงตารางที่ 4.17 พบว่า การแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัดที่ 3 ระดับ ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายความว่าความเร็วรอบของใบพัดทั้ง 3 ระดับมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือแตกต่างกัน จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักโดยแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัดโดยใช้ DMRT แสดงดังตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.25 พบว่าที่ความเร็วรอบของใบพัดที่ 200 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือในปริมาณที่สูงและให้ผลแตกต่างกันทางสถิติกับที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 และ 100 รอบต่อนาที

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	F - value
Block	3	47.75	15.92	
Treatment	2	20.34	10.17	8.20*
Experimental error	6	7.44	1.24	
Total	11	75.54		

Block ช่วงเวลาที่เพาะเลี้ยง

Treatment ค่าความเร็วรอบ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

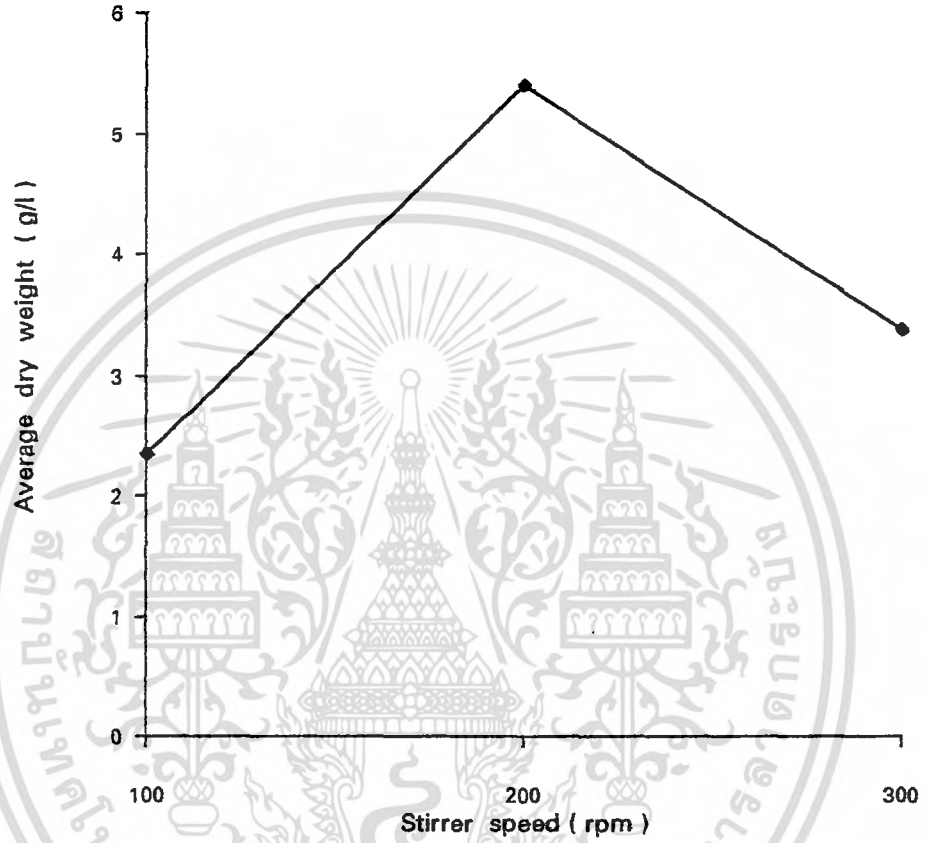
ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด

ความเร็วรอบ(รอบต่อนาที)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)
100	2.34[b]
200	5.41[a]
300	3.37[b]

หมายเหตุ ในแต่ละคอลัมน์ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ DMRT ณ ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมักโดยแปรผันค่าพีเอช

จากผลการศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในถังหมัก ซึ่งใช้ความเร็วรอบของใบพัดที่ 200 รอบต่อนาทีแล้วแปรผันค่าพีเอช 3 ระดับคือ 3.0 , 5.5 และ 7.0 (ตารางที่ 4.19 - 4.21 และภาพที่ 4.26 - 4.28) พบว่าเส้นใยเห็ดหลินจือจะมีการเจริญได้ดีที่พีเอช 3.0 และ 5.5 ซึ่งให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสูงมีค่าเท่ากับ 6.13 และ 6.13 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนที่พีเอช 7.0 ปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือมีการเจริญเติบโตในปริมาณน้อยมากเท่ากับ 0.75 กรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกลูโคส พบว่า ที่พีเอช 3.0 , 5.5 และ 7.0 ปริมาณกลูโคสเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 21.17 , 20.19 และ 19.36 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และในวันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงปริมาณกลูโคสจะลดลงมีค่าเท่ากับ 13.64 , 4.66 และ 13.33 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.19 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคสในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 3.0

เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)
0	0.22	21.17
1	0.45	20.62
2	0.80	20.30
3	2.40	19.77
4	5.03	17.76
5	6.13	13.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคสในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 5.5

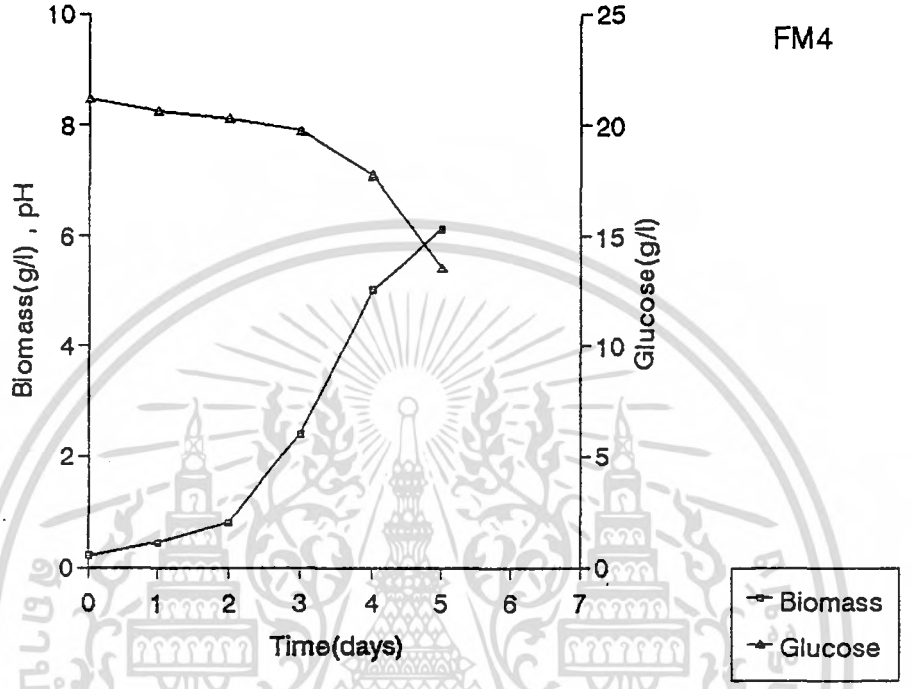
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)
0	0.20	20.02
1	0.52	19.42
2	1.50	18.89
3	2.57	16.63
4	5.15	12.16
5	6.13	4.66

ตารางที่ 4.21 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคสในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 7.0

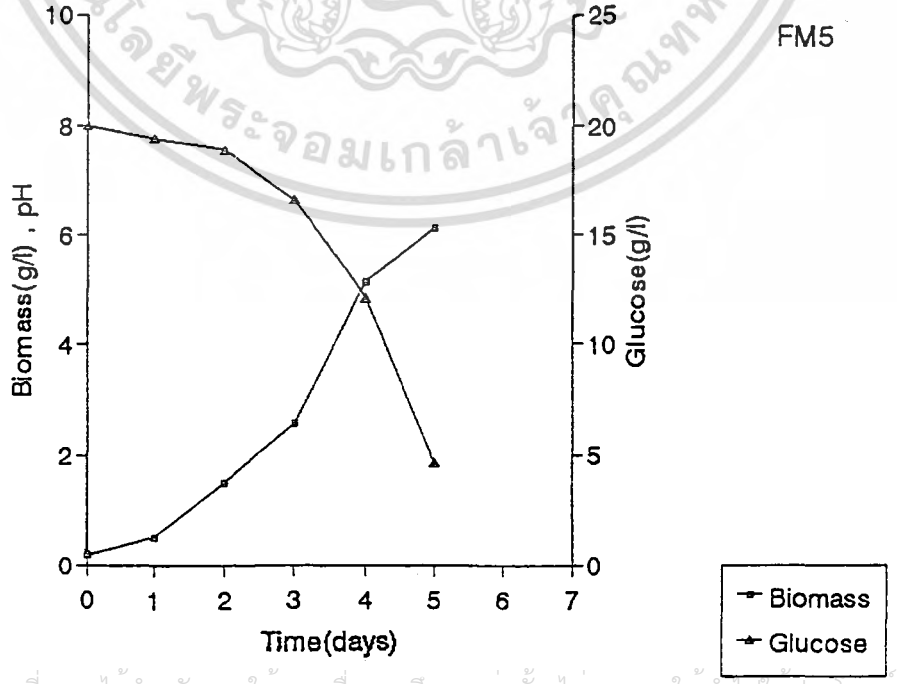
เวลา (วัน)	น้ำหนักเส้นใยเห็ด (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)
0	0.16	19.36
1	0.19	18.37
2	0.51	17.84
3	0.73	15.78
4	0.75	15.08
5	0.75	13.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.26 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคส ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 3.0

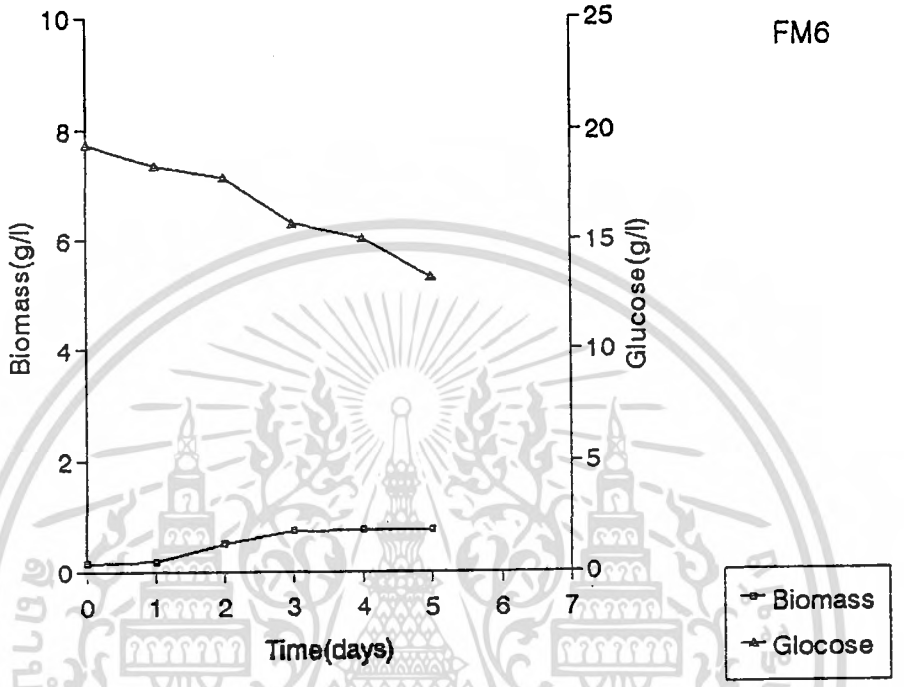


ภาพที่ 4.27 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคส ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 5.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.28 แสดงปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและปริมาณกลูโคส ของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MYGP ในระดับถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 7.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่แปรผันค่าพีเอช

เมื่อนำค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาทีและแปรผันค่าพีเอช 3 ระดับ คือ 3.0 , 5.5 และ 7.0 ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 5 วัน มาวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงตารางที่ 4.22 พบว่า การแปรผันค่าพีเอชทั้ง 3 ระดับให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่า ในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสามารถใช้ค่าพีเอชใดก็ได้ แต่จากผลการทดลองค่าน้ำหนักแห้งเส้นใยเห็ดหลินจือที่ได้จากการเพาะเลี้ยงที่ค่าพีเอช 3.0 และ 5.5 ในทางปฏิบัติจะให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงกว่าที่ค่าพีเอช 7.0 ฉะนั้นในการศึกษาต่อไปสามารถเลือกเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือที่ค่าพีเอช 3.0 หรือ 5.5

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่แปรผันค่าพีเอช

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean of Square	F - value
Block	2	24.84	12.42	
Treatment	2	11.01	5.50	2.19^{ns}
Experimental error	4	10.04	2.51	
Total	8	45.89		

Block ช่วงเวลาที่เพาะเลี้ยง

Treatment ค่าพีเอช

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 <u>ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในระดับถังหมัก</u>

จากตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.29 - 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญกับความเข้มข้นของสารอาหารในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือ โดยนำค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_s) และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{x/s}$) ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่าในโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker พบว่า ค่าที่ได้ (ตารางที่ 4.23) เป็นไปตามที่ Monod(1949) ได้เสนอไว้ เมื่ออัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสูงขึ้นปริมาณสารอาหารจะลดลงเนื่องจากเส้นใยเห็ดหลินจือนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และเมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดของการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักโดยแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 3 ระดับคือ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที พบว่า อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ให้ค่าสูงสุดคือที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีค่าเท่ากับ 0.070 ต่อชั่วโมง และเนื่องจากที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่สูง แสดงว่าเส้นใยเห็ดหลินจือมีการเจริญเติบโตได้ดีในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที จึงนำค่าความเร็วรอบที่ได้ไปศึกษาระดับถังหมักต่อโดยแปรผันค่าพีเอชของอาหารที่เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือ 3 ระดับ คือ 3.0 , 5.5 และ 7.0 และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ แสดงดังในตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.32 - 4.34 และ พบว่าค่าพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กันทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโต และจากการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือที่พีเอช 5.5 ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ได้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.053 ต่อชั่วโมง รองลงมาที่พีเอช 3.0 และ 7.0 ซึ่งให้อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.046 และ 0.025 ต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงว่าเส้นใยเห็ดหลินจือ มีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาที และที่พีเอช 5.5 สำหรับค่าคงที่โมนอดสามารถบอกถึงความเข้มข้นของสารอาหารที่ทำให้อัตราการเจริญเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตบ่งบอกถึงปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณของสารอาหารที่ถูกใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับถังหมัก

สภาวะ	ค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญเติบโต		
	$\mu_{max}(h^{-1})$	$K_s(gl^{-1})$	$Y_{x/s}(gg^{-1})$
FM 1	0.055	13.00	0.78
FM 2	0.070	5.50	0.65
FM 3	0.078	10.50	0.52
FM 4	0.046	5.00	0.78
FM 5	0.053	5.80	0.63
FM 6	0.025	15.50	0.07

หมายเหตุ

FM 1 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์

FM 2 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์

FM 3 ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์

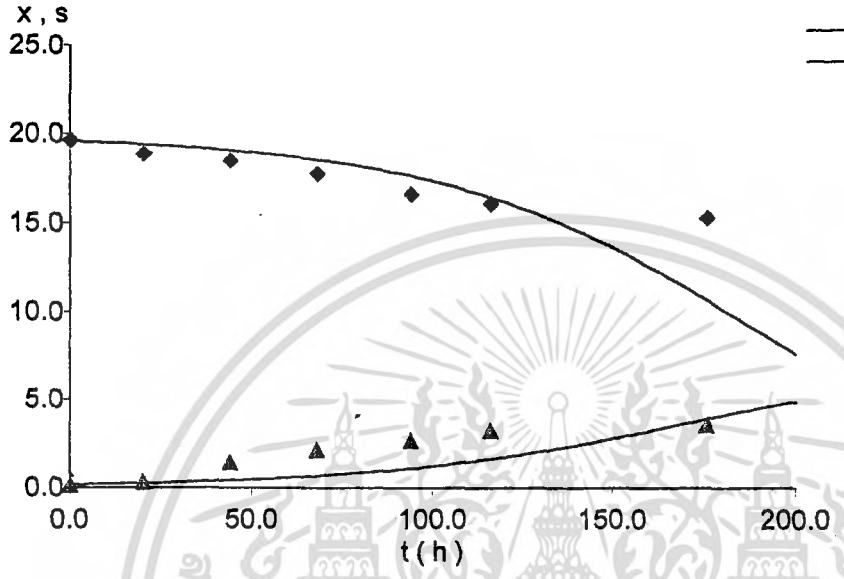
FM 4 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 3.0

FM 5 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 5.5

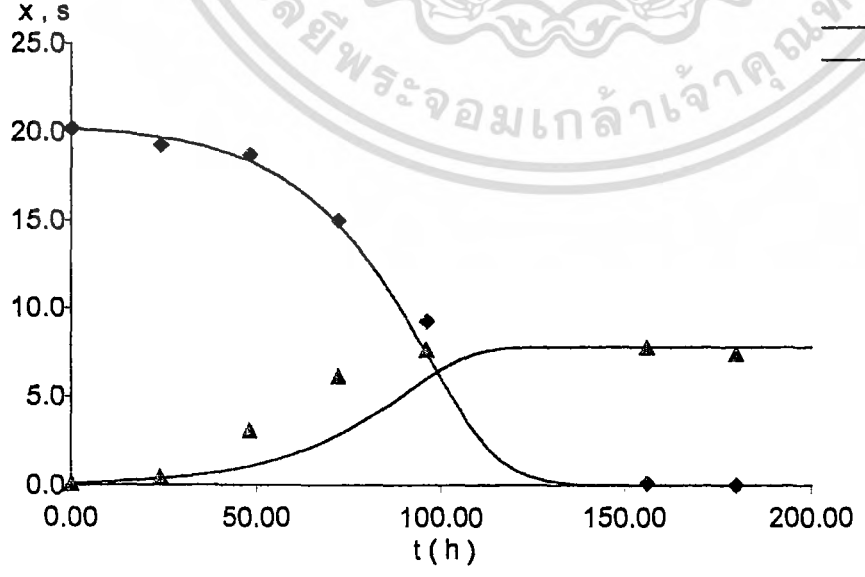
FM 6 ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 7.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที

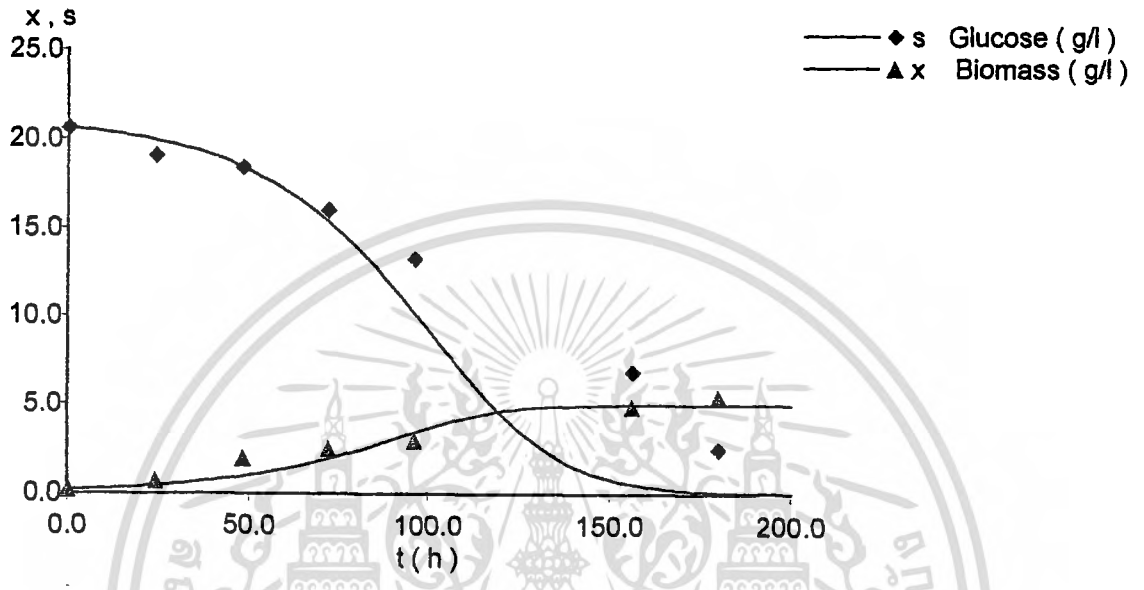


ภาพที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที

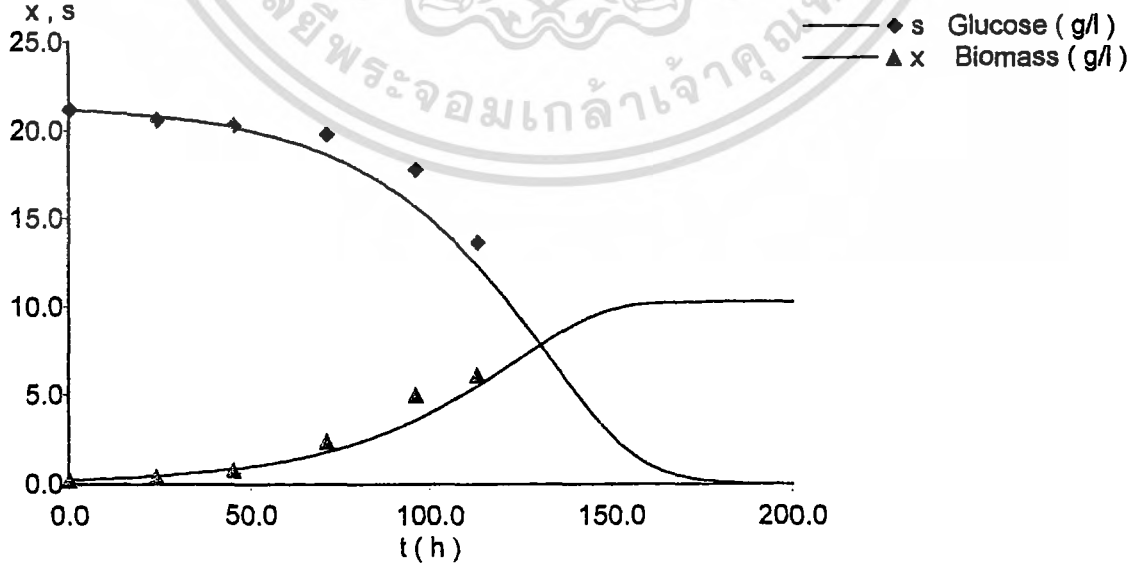


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

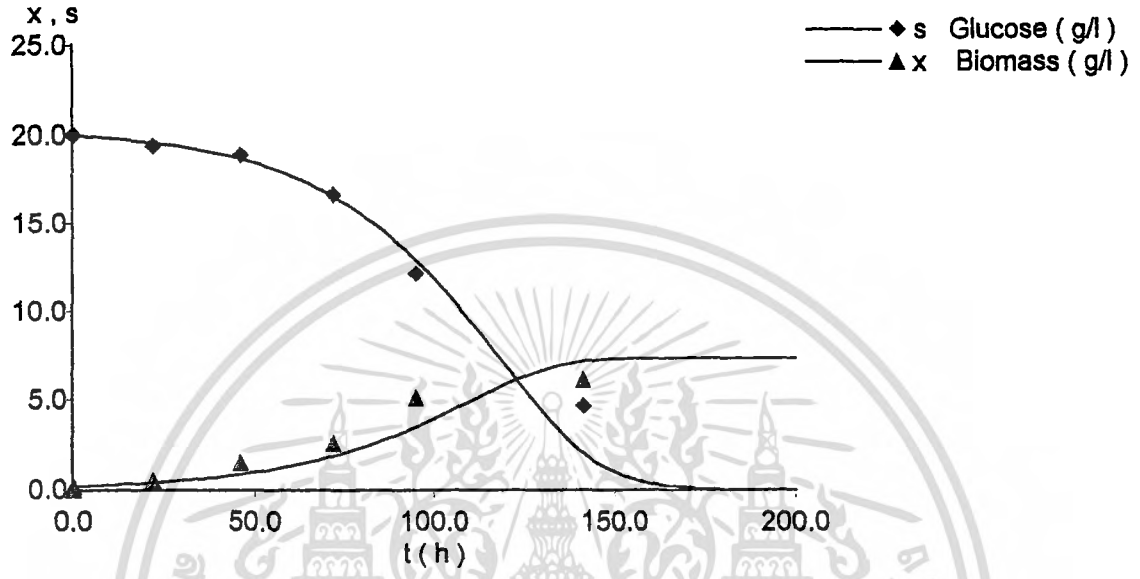


ภาพที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 3.0

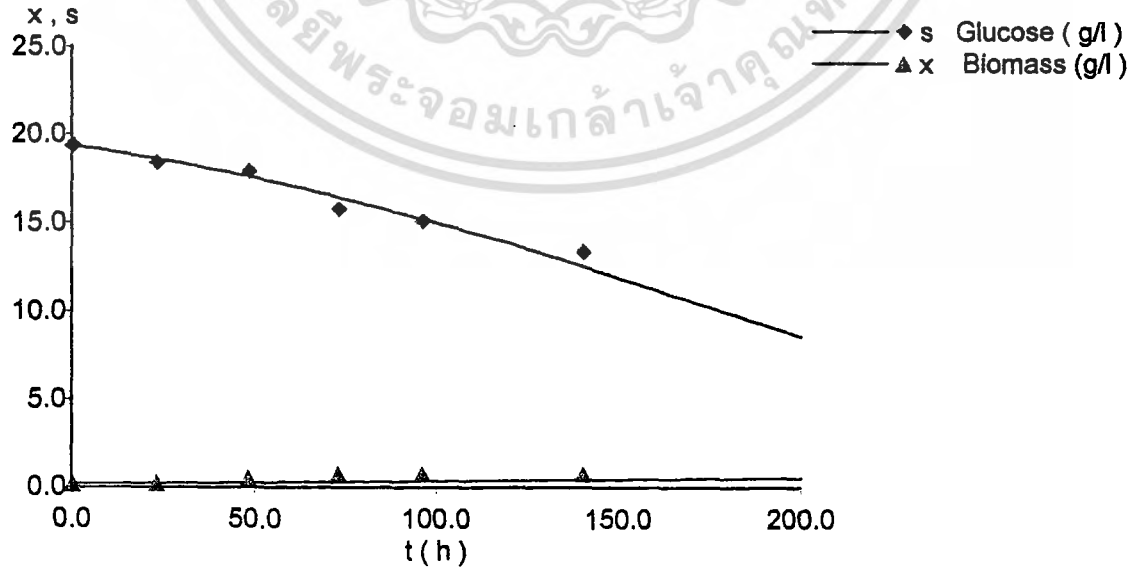


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 5.5



ภาพที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าโปรแกรมสำเร็จรูป SB Model Maker ของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าพีเอช 7.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

5.1) เปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือระหว่างสายพันธุ์ L002 กับ สายพันธุ์ L004 และศึกษาชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือระหว่างสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรต่างๆทั้ง 5 สูตรได้แก่ PDB , YM , YMK , MYGP และ GYP ในระดับฟลาสก์ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบว่า การเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 จะเจริญได้ดีและเข้าสู่ระยะ Log phase ได้เร็วกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ฉะนั้นในการศึกษาต่อไปในระดับถังหมักจึงใช้เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในการศึกษาต่อไป ส่วนชนิดของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือที่ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งสูงสุดทั้งสองสายพันธุ์ ผลปรากฏว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 5 สูตร ให้ผลของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 สามารถเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรใดก็ได้ ส่วนเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 เจริญได้ดีในอาหารสูตร YMK และ MYGP ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และให้ผลเช่นเดียวกับในอาหารสูตร GYP , YM และ PDB แต่เส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK และ MYGP จะให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่มากกว่าเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร GYP , YMและ PDB ซึ่งหมายความว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ควรเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร YMK หรือ MYGP เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบและต้นทุนการผลิตแล้วควรเลือกใช้อาหารสูตร MYGP เนื่องจากในอาหารสูตร MYGP มีส่วน-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบมอลท์สกัดเพียง 3 กรัมต่อลิตร แต่ให้ผลน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับอาหารสูตร YMK ซึ่งมีส่วนประกอบของมอลท์สกัดมากถึง 40 กรัมต่อลิตร หากคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับอุตสาหกรรม อาหารสูตร MYGP จะมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าอาหารสูตร YMK

ในงานวิจัยนี้จะสังเกตได้ว่านอกจากเส้นใยเห็ดหลินจือจะใช้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนแหล่งหนึ่งแล้ว ยังพบว่ามอลท์สกัดจัดเป็นแหล่งคาร์บอนอีกแหล่งหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tseng และคณะ (1984) ที่ทำการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารเหลวนาน 14 วัน และพบว่าเส้นใยเห็ดหลินจือจะมีอัตราการเจริญดีที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารเหลวที่เติมมอลท์-สกัด 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่ามอลท์สกัดมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ สิริลักษณ์ (2536) ได้ศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือในอาหารเหลวสูตร YM โดยแปรผันปริมาณกลูโคสที่ความเข้มข้น 20 , 40 , 60 , 100 และ 150 กรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณกลูโคสที่ความเข้มข้น 60 กรัมต่อลิตรมีผลให้เส้นใยเห็ดหลินจือเจริญได้สูงสุด ซึ่งถ้าเพิ่มปริมาณกลูโคสมากกว่า 60 กรัมต่อลิตร การเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือจะลดลง แสดงว่าปริมาณกลูโคสที่สูงเกินไปมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ และจากการศึกษาของ Sone และ (1985) ที่ทำการศึกษาชนิดของน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารสูตร YMK ได้แก่ มอลโทส แล็กโทส ซูโครส กาแล็กโทส กลูโคส แมนโนส ไซโลส และกลูซิทอล โดยศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนที่มีต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือและการผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์ จากผลการทดลองพบว่าน้ำตาลกลูโคสมีผลให้เส้นใยเห็ดหลินจือสามารถผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณที่สูง ส่วนน้ำตาลแล็กโทสมีผลให้เส้นใยเห็ดหลินจือสามารถเจริญได้ดีและให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลิน-จือสูงสุด สรุปได้ว่า แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกันนอกจากจะมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือแล้วยังมีผลต่อการผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์ของเส้นใยเห็ดหลินจืออีกด้วย นอกจากแหล่งคาร์บอนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือแล้ว แหล่งไนโตรเจนซึ่งได้แก่ เปปโตน ยีสต์สกัด และแร่ธาตุต่างๆ ที่เติมลงในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือก็มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเพิ่มแคลเซียมซัลเฟตในอาหารสูตร YM จะช่วยให้การเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหอมดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Raaska , 1990)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 และสายพันธุ์ L004 พบว่า ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ในอาหารสูตรต่างๆ ส่วนใหญ่มีค่าแปรผันตามปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือ ซึ่งหมายความว่าเมื่อเส้นใยเห็ดหลินจือมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญมากขึ้น ปริมาณกลูโคสในอาหารก็จะลดลง แสดงว่าเส้นใยเห็ดหลินจือมีการใช้น้ำตาลกลูโคสในการเจริญ สำหรับผลการทดลองของเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ในอาหารสูตร YMK พบว่าปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้มีค่าแปรปรวนมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในอาหารสูตร YMK มีส่วนประกอบของมอลท์สกัด 40 กรัมต่อลิตร ซึ่งมอลท์สกัดจัดเป็นแหล่งคาร์บอนอีกแหล่งหนึ่งและทำมาจากมอลท์ของข้าวบาร์เลย์ โดยมอลท์ของข้าวบาร์เลย์จะมีสารประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ น้ำตาลที่พบได้แก่ ฟรักโทส 6.80 เปอร์เซ็นต์ กลูโคส 19.38 เปอร์เซ็นต์ ซูโครส 64.63 เปอร์เซ็นต์ มอลโทส 9.20 เปอร์เซ็นต์ กลูโคดิฟรักโทส (Glucodifructose) และ มอลโทไตรโอส (Maltotriose) (Merck , 1996) ซึ่งน้ำตาลบางส่วนอาจจะถูกสกัดออกมาจากมอลท์สกัดในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ Scott และ Eagleson (1988) กล่าวว่าความร้อนไม่สามารถทำให้เกิดการย่อยได้เพียงแต่จะทำให้เกิดการสกัดสารตัวนั้นๆออกมา ฉะนั้นความร้อนอาจมีส่วนทำให้น้ำตาลที่อยู่ในมอลท์สกัดละลายออกมารวมกับน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น จึงทำให้ปริมาณกลูโคสเริ่มต้นในอาหารสูตร YMK เมื่อผ่านการวิเคราะห์มีปริมาณที่สูงขึ้นกว่าเดิม

จากผลการวัดค่าพีเอชของอาหารในระหว่างการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าพีเอชในอาหารสูตรต่างๆจะลดลงอย่างช้าๆ ทั้งนี้ Lilly และ Barnett (1951) รายงานว่าอาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่เส้นใยปล่อยไฮโดรเจนอิออน (H^+) ออกมาในระหว่างการเจริญเพื่อแลกเปลี่ยนอิออนบางตัว หรือเส้นใยมีการสร้างกรดบางชนิดออกมา จึงมีผลให้พีเอชในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดมีค่าลดลง

5.2) ผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในระดับถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่าพีเอช

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ที่เพาะเลี้ยงในถังหมัก โดยแปรผันค่าความเร็วรอบของใบพัด 3 ระดับ พบว่า ที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาที เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 สามารถเจริญได้ดีและให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงและให้ผลแตกต่างกันทางสถิติกับที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 และ 100 รอบต่อนาที ซึ่งที่ความเร็วรอบ 300 และ 100 รอบต่อนาทีให้ผลของค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และจากการสังเกตในระหว่างการดำเนินงานวิจัย พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของใบพัดสูงขึ้น อัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือจะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากว่าที่ความเร็วรอบของใบพัด 300 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่แรงมากเกินไปจนทำให้เส้นใยเห็ดหลินจือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญติดอยู่บริเวณผนังด้านข้างและส่วนฝาด้านบนของถังหมักจึงทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนเมื่อทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ ทั้งนี้ Smith และคณะ (1990) ได้รายงานว่า อิทธิพลของการกวนนอกจากจะมีผลต่อการเจริญและการสร้างผลผลิตแล้ว การเพิ่มขึ้นและลดลงของผลผลิตอาจเกิดจากผลของการผสมและการได้รับปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เพียงพอเพื่อนำไปใช้ในการเจริญของเส้นใยด้วยแม้ว่าเส้นใยจะถูกทำลายและได้รับความเสียหายจากความเร็วรอบของใบพัดที่สูงขึ้น โดยจากผลการทดลองของ Smith และคณะ พบว่า นอกจากการเพิ่มปริมาณความเร็วรอบของใบพัดจะมีผลต่อการผลิตเพนนิซิลินจากเชื้อ *Penicillium chrysogenum* แล้ว ยังขึ้นกับขนาดของถังหมักด้วย โดยที่ความเร็วรอบของใบพัดกับขนาดของถังหมักควรจะมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการศึกษาระดับถังหมักจึงเลือกใช้ที่ความเร็วรอบของใบพัดที่ 200 รอบต่อนาที เพื่อแปรผันค่าพีเอชต่อไป

จากผลการแปรผันค่าพีเอช 3 ระดับ พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในถังหมักที่ 3.0 5.5 และ 7.0 ให้ผลของน้ำหนักเส้นใยเห็ดหลินจือที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือสามารถใช้ค่าพีเอชใดก็ได้ แต่จากผลการทดลองค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่ได้จากการเพาะเลี้ยงที่ค่าพีเอช 3.0 และ 5.5 ในทางปฏิบัติจะให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่สูงกว่าที่ค่าพีเอช 7.0 ดังนั้นในการศึกษาต่อไปสามารถเลือกเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือที่ค่าพีเอช 3.0 หรือ 5.5 ได้ โดยปกติค่าพีเอชเป็นค่าที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญและการสร้างผลผลิตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อราสามารถเจริญได้ดีในช่วงพีเอชค่อนข้างกว้าง คือ 3 - 7 (Wang และคณะ , 1979) และจากการสังเกตการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือในถังหมักที่ค่าพีเอช 3.0 พบว่าเส้นใยเห็ดหลินจือจะเจริญเติบโตได้ดีและเพิ่มปริมาณได้เร็วแต่มีผลทำให้การแสดงผลของค่าต่างๆที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าที่คลาดเคลื่อน เพราะว่าเส้นใยเห็ดหลินจือทำให้เกิดการอุดตันขึ้นบริเวณท่อสำหรับให้อากาศเข้าสู่ถังหมัก และเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ โดยเส้นใยเห็ดหลินจือเจริญมากขึ้นจนทำให้ท่อสำหรับให้อากาศเข้าสู่ถังหมักเกิดการอุดตันจึงทำให้ปั๊มสำหรับให้อากาศเข้าสู่ถังหมักต้องใช้แรงดันมากขึ้น เพื่อที่จะให้เส้นใยเห็ดหลินจือได้รับปริมาณก๊าซออกซิ-เจนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต จากผลการทดลองของ สิริลักษณ์ (2536) ที่ได้ศึกษาค่าพีเอชในอาหารเหลวสูตร YM ซึ่งใช้กลูโคส 20 กรัมต่อลิตร โดยแปรผันค่าพีเอชเริ่มต้นต่างๆกันได้แก่ 4.0 , 4.5 , 5.0 , 5.5 , 6.0 และ 7.0 พบว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชค่อนข้างกว้างคือ 4.0 - 5.5 ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าปรับค่าพีเอชในอาหารสูงมากขึ้นตั้งแต่ 6.0 ขึ้นไปจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ทั้งนี้ Gokale และคณะ (1991) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส โดยเชื้อรา *Aspergillus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

niger Ncim 1207 พบว่า ที่พีเอชในช่วง 3.0 - 5.5 เชื้อรา *Aspergillus niger* สามารถเจริญและผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ดี ซึ่งจะเห็นได้ว่า เชื้อราส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีที่ค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกรด

5.3) ค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ

จากผลการวัดน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือและการใช้น้ำตาลกลูโคสในระหว่างการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ของการเจริญ ได้แก่ อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (μ_{max}) ค่าคงที่โมนอด (K_S) และ ค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต ($Y_{X/S}$) ซึ่งในการศึกษาระดับฟลาสก์ สรุปได้ว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L002 ในอาหารสูตร GYP จะให้ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.029 ต่อชั่วโมง ค่าคงที่โมนอด 4.25 กรัมต่อลิตร และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 0.66 กรัมต่อกรัม ส่วนเส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ให้ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.030 ต่อชั่วโมง ค่าคงที่โมนอด 6.75 กรัมต่อลิตร และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 0.95 กรัมต่อกรัม ส่วนในระดับถังหมักที่แปรผันค่าความเร็วรอบ สรุปได้ว่า เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.070 ต่อชั่วโมง ค่าคงที่โมนอด 5.50 กรัมต่อลิตร และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 0.65 กรัมต่อกรัม และการเพาะเลี้ยงในระดับถังหมักที่แปรผันค่าพีเอชโดยที่เส้นใยเห็ดหลินจือสายพันธุ์ L004 ในอาหารสูตร MYGP ที่เพาะเลี้ยงในถังหมักที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และที่ค่าพีเอช 5.5 ให้ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 0.053 ต่อชั่วโมง ค่าคงที่โมนอด 5.80 กรัมต่อลิตร และค่าประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 0.63 กรัมต่อกรัม ซึ่งจากผลการคำนวณค่าอัตรการเจริญจำเพาะสูงสุดจัดเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญค่าหนึ่งที่มีส่วนในการคัดเลือกชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ สายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดหลินจือ และสภาวะแวดล้อมต่างๆที่เพาะเลี้ยงในระดับฟลาสก์และในระดับถังหมัก ถ้าค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดมีค่าที่สูงแสดงว่า เส้นใยเห็ดหลินจือมีการเจริญได้ดี แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ สูตรอาหารที่ใช้ หรือ อุณหภูมิ เป็นต้น โดย Anderson และคณะ (1975) ได้แสดงค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดของเชื้อราบางชนิดที่ใช้กลูโคสในการเจริญเติบโต พบว่า เชื้อราชนิดเดียวกันแต่เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดที่ได้มีค่าที่แตกต่างกัน ส่วนค่าคงที่โมนอดเป็นค่าพารามิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ที่บอกถึงความเข้มข้นของสารอาหารที่ทำให้อัตราการเจริญมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดและ ค่าประสิทธิภาพในการเจริญ คือปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพิ่มขึ้นต่อปริมาณของสับสเตรทที่ถูกใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง จากผลการทดลองสับสเตรทที่ถูกใช้ไปโดยวิเคราะห์เฉพาะปริมาณกลูโคสที่ถูกใช้ไปในระหว่างการเจริญเติบโตเท่านั้นไม่ได้คิดแหล่งสารอาหารอื่น จึงมีส่วนทำให้ในการทดลองของอาหารแต่ละสูตรที่ใช้เพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์พบว่า เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเส้นใยเห็ดหลินจือสูงขึ้น ปริมาณกลูโคสที่วิเคราะห์ได้ลดลงเพียงเล็กน้อย อาจเป็นเพราะว่า นอกจากกลูโคสที่เป็นแหล่งอาหารที่เส้นใยเห็ดหลินจือใช้ในการเจริญเติบโตแล้วเส้นใยเห็ดหลินจือยังใช้แหล่งอาหารแหล่งอื่นในการเจริญเติบโตด้วย

5.4) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์กับในระดับถังหมัก

ในการศึกษาระดับฟลาสก์จะไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ เช่น ค่าพีเอชของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงให้คงที่ตลอดระยะเวลาการหมักได้เท่ากับที่เพาะเลี้ยงในระดับถังหมัก ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดหลินจือที่เพาะเลี้ยงในถังหมักและแปรผันค่าพีเอชที่ 7.0 ให้น้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดในแต่ละวันเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงที่ค่าพีเอช 3.0 และ 5.5 นอกจากนี้ในระดับฟลาสก์ไม่สามารถควบคุมปริมาณเชื้อเริ่มต้นได้ในปริมาณที่เท่ากันทุกๆฟลาสก์ จึงมีผลให้ในการสุ่มตัวอย่างแต่ละวันมีความคลาดเคลื่อนได้ ส่วนในระดับถังหมักมักเกิดปัญหาการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือที่จะเจริญติดอยู่บริเวณผนังด้านข้างและส่วนฝาด้านบนของถังหมัก ฉะนั้นเมื่อทำการสุ่มตัวอย่างควรมีการเพิ่มความเร็วรอบของใบพัดที่สูงขึ้นเพื่อให้เส้นใยเห็ดที่ติดอยู่กับบริเวณผนังของถังหมักหลุดออกเหลือในปริมาณที่น้อยลง ซึ่งช่วยให้ผลจากการสุ่มตัวอย่างมีค่าที่คลาดเคลื่อนลดลง เนื่องจากการสุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือในระดับฟลาสก์จะทำการสุ่มตัวอย่างโดยเก็บผลทั้งฟลาสก์แต่ในระดับถังหมักจะเก็บตัวอย่างมาเพียงส่วนหนึ่งของการเพาะเลี้ยงในถังหมักจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่อาจมีผลต่อการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์ สำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับถังหมักช่วยให้ได้ปริมาณเส้นใยเห็ดที่สูงสามารถเก็บเกี่ยวเส้นใยเห็ดไปศึกษาหาสารสำคัญต่างๆที่มีอยู่ในเส้นใยเห็ดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ศึกษามา การศึกษาต่อไปควรจะมีการศึกษาหาสารสำคัญต่างๆที่มีสรรพคุณทางยาด้วย ได้แก่ สารพอลิแซ็กคาไรด์ สารจำพวกไตรเทอร์พีน เป็นต้น และนำสารชนิดนั้นไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นประโยชน์ในทางการแพทย์ต่อไป ในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ในการศึกษาระดับถังหมักควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดหลินจือ ได้แก่ ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายได้ ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ปริมาณความเข้มข้นของกลูโคส เป็นต้น เพื่อพัฒนาการผลิตเส้นใยเห็ดหลินจือให้ได้ปริมาณที่สูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต . **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม** . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ , 2532 .

ปรีชา กลิ่นเกสร. **เห็ดสกุล *Ganoderma lucidum* ในประเทศไทย** . บทคัดย่อการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 , มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ , 2530 .

รัฐพล ศรประเสริฐ . "การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ด" **อาหาร** . 25(3)(2538) : 178-184 .

สาธิต ไทยทัตกุล . **หลินจือสมุนไพรไทยใช้ในการรักษาโรค** . กรุงเทพฯ : สหายบล็อกและการพิมพ์ , 2538 .

สาธิต ไทยทัตกุล . **การเพาะเห็ดหลินจือ**. กรุงเทพฯ : บริษัทฟ้าอภัย จำกัด , 2539 .

สิริลักษณ์ ชัยจำรัส . **การทำให้บริสุทธิ์บางส่วนและลักษณะการออกฤทธิ์ต้านมะเร็งของสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากดอกและเส้นใยเห็ดหมื่นปี *Ganoderma lucidum*** . กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536 .

สุรพล รักปทุมและชวลิต สันติกิจรุ่งเรือง. **เห็ดหลินจือ Ling zhi (*Ganoderma lucidum*)**. กรุงเทพฯ : ที.พี.พริ้น , 2538 .

อาภัสสรา ชมิดท์. **ชีวเคมี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท, 2537.

Alexopoulos,C.J.,Mims,C.W. and Blackwell,M. **Introductory Mycology** . 4th ed. U.S.A. : John Wiley & Sons. Inc., 1996.

Anderson,C.,Longton,J.,Madix,C.,Scammeli,G.W.and Solomons,G.L. **The Growth of Microfungi on Carbohydrate in Single Cell Protein.** Cambridge,M.A. : S.R. Tannenbaum and D.I.C.Wang. MIT Press , 1975.

Chang,S.T. and Buswell,J.A. "Mushroom nutriceuticals." **World J. Microbiol. Biotech.** ,12 (1996) : 473-476.

Chang,T.T. and Chen,T. "Studies on Nuclear Behavior Mating Type and Heterokaryosis of Several Species of *Ganoderma* in Taiwan." **Plant Prot. Bull.** ,25(3) (1986) : 231-240.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen,Q. **Lingzhi In Pharmacology and Applications of Chinese Material Media.** Singapore : World Sci. Publ. Co. , 1986.

Connolly,J.D.,Hill,R.A. and Ngadjui,B.T. "Triterpenoids." **Natural Product Report.** ,1994 : 91-117 .

Dawson,P.S. "A Continuous Flow Culture Apparatus : The Cyclone Column Unit." **Canadian J. Microbiol.** , 9(1963) : 671-687.

Dronawat,S.N.,Srihla,C.K. and Hanley,I.R. "The Effect of Agitation and Aeration on the Production of Gluconic Acid by *Aspergillus niger.*" **Appl. Biochem. Biotech.** , 51(2)(1995) : 347-354.

Enfors,S.O.,Hedenberg,J. and Olsson,K. "Simulation of Dynamics in the Baker's Yeast." **International Workshop on Yeast Fermentation** , (April 1989) : 75-95.

Fiechter,A. **Batch and Continuous Culture of Microbial , Plant and Animal Cell : In Biotechnology.** Weinheim : Verlag Chemie , 1981.

Gerhardt,P. and Bartlett,M.C. "Continuous Industrial Fermentations." **Adv. Appl. Microbiol.** , 1(1959) : 215-260.

Gokhale,D.V.,Patil,S.G. and Bastawde,K.B. "Optimization of Cellulase Production by *Aspergillus niger* Ncim-1207." **Appl. Biochem. Biotech.** , 30(1)(1991) : 99-109.

Gomez,K.A. and Gomez,A.A. **Statistical Procedures for Agricultural Research.** Singapore : John Wiley & Sons,Inc. 1984.

Hirotani,M.,Ino,C.,Furuya,T. and Shira,M. "Ganoderic Acids T,S and R,New Triterpenoids from the Culture Mycelial of *Ganoderma lucidum.*" **Chem. Pharma. Bull.** ,34(1986) : 2282- 2285.

John,E.S. and David,R.B. **The Filamentous Fungi** . vol 2 : Edward Arnold , 1976.

Jong,S.C. and Birmingham,J.M. "Medicinal Benefits of the Mushroom *Ganoderma.*" **Adv. Appl. Microbiol.** , 37 (1992) : 101-134.

Kanmatsuse,K.,Kajiwara,N.,Hayashi,K.,Shimogaichi,S.,Fukinbara,I.,Ishikawa,H.,and Tamura,T. "Studies on *Ganoderma lucidum* : I Efficacy Agent Hypertension and Side Effect." **Yakugako Zasshi.** , 105(10)(1985) : 942-947.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kikuchi,T.,Matsuda,S.,Kadota,S.,Murai,Y. and Ogita,Z. "Ganoderic Acid G and I and Ganolucidic Acid A and B , New Triterpenoids from *Ganoderma lucidum.*" **Chem.Pharm.Bull.** , 33(6)(1985) : 2628-2631.

Kunst,A.,Draeger,B.and Ziegenborn ,J. **Colorimetric Methods with Glucose Oxidase and Peroxidase , In Method of Enzymatic Analysis 3rd ed.**, Weinheim : Verlag Chemic, 1984.

Lilly,V.W. and Barnett,H.L. **Physiology of Fungi.** London : McGraw Hill Book Copany , 1951.

Lin,L.J.,Shiao,M.S. and Yeh,S.F. "Triterpenes from *Ganoderma lucidum.*" **Phytochem.** , 27(7)(1988) : 2269-2271.

Means,C.W.,Savage,G.M.,Revsser,F. and Koepsell,H.J. "Design and operation of a Pilot Plant Fermentor for the Continuous Propagation of Filamentous Micro-Organisms." **Biotech. Bioengi.** , 4(1962) : 5-16 .

McNeil,B and Harvey,L.M. **Fermentation : A Practical Approach.** Oxford : Oxford University Press,1990.

Merck KGaA. **Microbiology Manual.** Germany : Deutscher Akkreditierungs Rat, 1996.

Miller,O.K. **Mushroom of North America.** New York : E.P.Dutton ,1977.

Mizuno,T .,Kato,N.,Totsuka,A.,Takenaka,K., and Shinizu,M. "Fraction Structural Features and Antitumor Activity of Water-Soluble Polysaccharide from "Reishi" the Fruit Body of *Ganoderma lucidum.*" **Nippon Nogeikagaku.** , 58(9)(1984) : 871-880.

Monod,J. " The Growth of Bacterial Cultures" **Ann.Rev.Microbial.** , 3(1949) : 371-394.

Moresi,M.,Parente,E.and Mazzatura,A. "Effect of Dissolved Oxygen Concentration on Repeated Production of Gluconic Acid by Immobilised Mycelia of *Aspergillus niger.*" **Appl. Microbiol. Biotechnol.** , 36(1991) : 320-323.

Morigiwa,A.,Kitabatake,K.,Fujimota,Y. and Ikekawa,N. "Angiotension Converting Enzyme Inhibitory Triterpenes from *Ganoderma lucidum.*" **Chem. Pharmacol.** , 34(1986) : 3025-3028.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nielsen,J. "Modelling the Growth of Filamentous Fungi." **Adv. Biochem. Eng. Biotech.,** 46(1992) : 187-223.

Nishitoba,T.,Sato,H. and Sakamura,S. "Triterpenoids from the Fungus *Ganoderma lucidum.*" **Phytochem.** ,26(1987) : 1777-1784.

Okeke,B.C.,Smith,J.E.,Paterson,A. and Watson-Craik,I.A. "Influence of Environmental Parameters on Pentachlorophenol Biotransformation in Soil by *Lentinula edodes* and *Phanerochaete chrysosporium.*" **Appl. Microbiol. Biotechnol.** , 45(1996) : 263-266.

Ono,K.,Yasuda,N.and Ueda,S. "Effect of pH on Pullulan Elaboration by *Aureobasidium pullulans* S-1." **Agric. Biol. Chem.** , 41(1977) : 2113-2116.

Raaska,L. "Production of *Lentinula edodes* Mycelia in Liquid Media : Improvement of Mycelial Growth by Medium Modification." **Mush. J. Tropics.** ,10(1990) : 79-92.

Rowley,B.I. and Bull,A.T. "Chemostat for the Cultivation of Moulds." **Laboratory Practice.** , 22(1973) : 286-289.

Scragg,A.H. **Bioreactor in Biotechnology : A Practical Approach.** England : Ellis Horwood,1991.

Scott,T. and Eagleson,M. **Concise Encyclopedia Biochemistry.** Berlin : Walter de Gruyter&Co, 1988.

Shiao,M.S.,LinL.J.,Yeh S.F. and Chou,C.S. "Two New Triterpenes of the Fungus *Ganoderma lucidum.*" **J. Nat. Prod.** ,50(5)(1987) : 886-890.

Shimizu,A.,Yano,T.,Saito,Y. and Inada,Y. "Isolation of an Inhibitor of Platelet Aggregation from a Fungus *Ganoderma lucidum.*" **Chem. Pharm. Bull.** ,33(7) (1985) : 3012-3015.

Shuler,M.L. and Kargi,F. **Bioprocess Engineering Basic Concept.** New Jersey : Prentice Hall PTR,1992.

Smith,J.J.,Lilly,M.D. and Fox,R.T. "The Effect of Agitation on the Morphology and Penicillin Product of *Penicillium chrysogenum.*" **Biotech. Bioeng.** , 35(1990) : 1011-1023.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solispereyra,S.,Favelatorres,E.,Gutierrezrojas,M.,Roussos,S.,Saucedocastaneda,G., Gunasekaran,P. and Viniegragonzalez,G. "Production of Pectinases by *Aspergillus niger* in Solid-State Fermentation at High Initial Glucose Concentrations." **World J. Micro.Biotech.** ,1 (1995) : 257-260.

Sone,Y.,Okuda,R.,Wada,N.,Kishida,E., and Misaki,A. "Structures and Antitumor Activity of the Polysaccharides Isolated from Fruiting Body and the Growing Culture of Mycelium of *Ganoderma lucidum.*" **Agric.Biol.Chem.** , 49(9)(1985) : 2641-2653.

Su,C.H.,Lai,M.N. and Chan,M.H. "Hepato-Protective Triterpenoids from *Ganoderma tsugae* Murrill." edited by Chang,S.T.,Buswell,J.A. and Chiu,S.W. **Mushroom Biology and Mushroom Product.** August, (1993) : 275-283.

Suzuki,S. and Oshima,S. "Influence of Shiitake (*Lentinus edodes*) on Human Serum Cholesterol." **Mushroom Sci.** ,9(1) (1976) : 463-467.

Trinci,A.P.J. "Growth of Wild Type and Spreading Colonical Mutants of *Neurospora crassa* in Batch Culture and on Agar Medium" **Arch. Mikrobiol.** , 91(1973) : 113-116.

Tseng,T.C.,Shieh,M.S.,Sheh,Y.S. and Hao,Y.Y. "Studies on *Ganoderma lucidum* Liquid Culture and Chemical Composition of Mycelium" **Bot. Bull. Academia Sinica.** , 25(1984) : 149-157.

Wada,T. , Nakashima, A., Okubo,A., Ohmura,Y. and Yoshikumi,C., "Method of Cultivating *Ganoderma lucidum.*" US.Pat. 4472907 (1984).

Wang,D.I.C,Cooney.C.L,Demain,A.L.,Dunnill,P.,Humphey,A.E. and Lilly,M.D. **Fermentation and Enzyme Technology.** New York : John Wiley&Sons. Inc.,1979.

Wang,G.,Zhang,J.,Mizuno,T.,Zhuang,C.,Ito,H.,Mayuzumi,H.,Okamoto,H. and Li,J. "Antitumor Active Polysaccharides from the Chinese Mushroom Songshan Lingzhi : The Fruiting Body of *Ganoderma tsugae.*" **Biosci. Biotech. Biochem.** ,57(6) (1993) : 894-900.

Ward,O.P. **Fermentation Biotechnology.** England : John Wiley & Sons , Inc.,1992.

Zetelaki,K., and Vas,K., "The Role of Aeration and Agitation in the Production of Glucose Oxidase in Submerged Culture." **Biotechnol. Bioeng.** ,10(1968) : 45-59 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhuang,C.,Mizuno,T.,Ito,H.,Shimura,K.,Sumiya,T.and Kawade,M. "Fractionation and Antitumor Activity of Polysaccharides from *Grifola frondasa* Mycelium." **Biosci. Biotech. Biochem.** , 58(1) (1994) : 185-188.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก.1 สูตรอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar)

มันฝรั่ง	200	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
วุ้น	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ก.2 สูตรอาหาร YM (Yeast Malt Extract)

ยีสต์สกัด	40	กรัม
มอลท์สกัด	10	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ก.3 สูตรอาหาร YMK (Glucose-Yeast Extract)

ยีสต์สกัด	1	กรัม
มอลท์สกัด	40	กรัม
KH_2PO_4	0.5	กรัม
K_2HPO_4	0.5	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ก.4 สูตรอาหาร PDB (Potato Drextose Broth)

มันฝรั่ง	200	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 สูตรอาหาร MYGP

มอลท์สกัด	3	กรัม
ยีสต์สกัด	3	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
เปปโตน	5	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ก.6 สูตรอาหาร GYP

ยีสต์สกัด	3	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
เปปโตน	5	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ถังหมัก

ถังหมักที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นชนิด Stirred tank ของ Biostat®C (B.Braun) Type C 10-3 ตัวถังหมักทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ขนาด 15 ลิตร(ดังภาพที่ ข-1) ปริมาตรที่สำหรับใช้งานอยู่ในช่วง 5-10 ลิตร อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3:1 เป็นลักษณะถัง 2 ชั้นโดยจะมีน้ำหล่ออยู่ระหว่างชั้น สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนด้านข้างจะมีช่อง 5 ช่องสำหรับเครื่องมือวัด อุปกรณ์ต่างๆและส่วนสำหรับเก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ส่วนล่างของถังหมัก ที่ตัวถังหมักจะมีช่องหน้าต่างสำหรับดูลักษณะภายในถังหมักมีขนาด 179 X 34 มิลลิลิตร ภายในมีใบพัดกวน 3 อันแบบ Rushton turbines ใช้สำหรับผสมอาหารเลี้ยงเชื้อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ภายในถังหมักมีแผ่นกั้น (Baffle) 4 อัน ยึดติดอยู่กับผนังด้านในของถังหมักเพื่อช่วยให้การหมุนเวียนของอาหารเลี้ยงเชื้อไหลได้ดีขึ้น ด้านบนสุดของถังหมัก (Top plate) แสดงดังภาพที่ ข-2 จะมีส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆได้แก่ ช่องไฟ ที่ใส่เชื้อ ที่กรองอากาศ เป็นต้น ท่อสำหรับให้อากาศเข้าสู่ถังหมักเป็นแบบหัวจ่าย (Ring sparger) ติดตั้งอยู่ส่วนบนของถังหมักเช่นกัน สำหรับฝาปิดส่วนบนกับตัวถังยึดติดกันด้วยสลักเกลียว 4 ตัว

ส่วนประกอบและระบบควบคุม

1. Digital Control Unit (DCU)

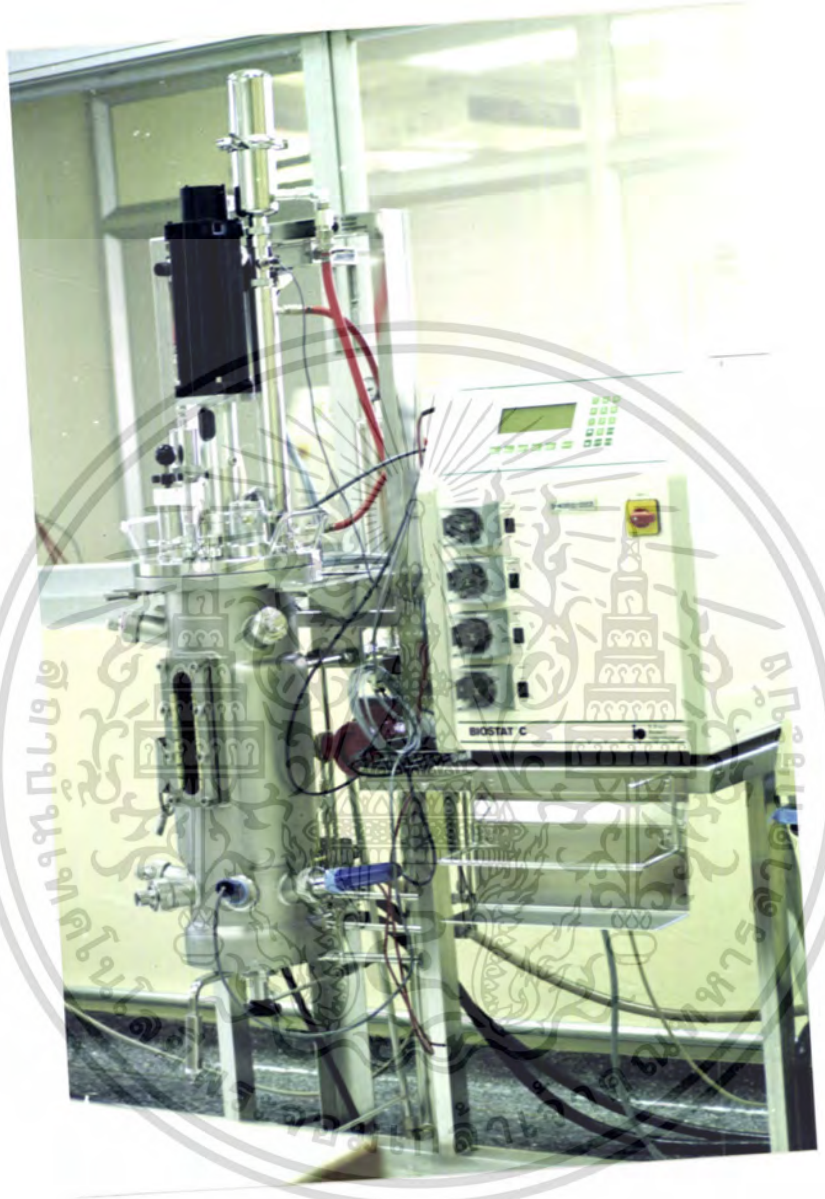
DCU เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบภายในถังหมัก Biostat®C (B.Braun) โดยทำหน้าที่แสดงผลของกระบวนการหมัก การปรับค่า(Calibration) การควบคุมอุณหภูมิ ความเร็วของใบพัด ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง ควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ ควบคุมอัตราการให้อากาศ และการฆ่าเชื้อ โดยสัญญาณจะแสดงผลข้อมูลต่างๆทางจอภาพ

2. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิสำหรับถังหมัก Biostat®C (B.Braun) เป็นแบบ Pt 100 ติดตั้งอยู่ด้านข้างของถังหมัก เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นการควบคุมแบบ Single-loop-PID controller ซึ่งเมื่ออุณหภูมิภายในถังหมักเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะถูกส่งไปยังตัวควบคุมเพื่อให้ตัวควบคุมส่ง

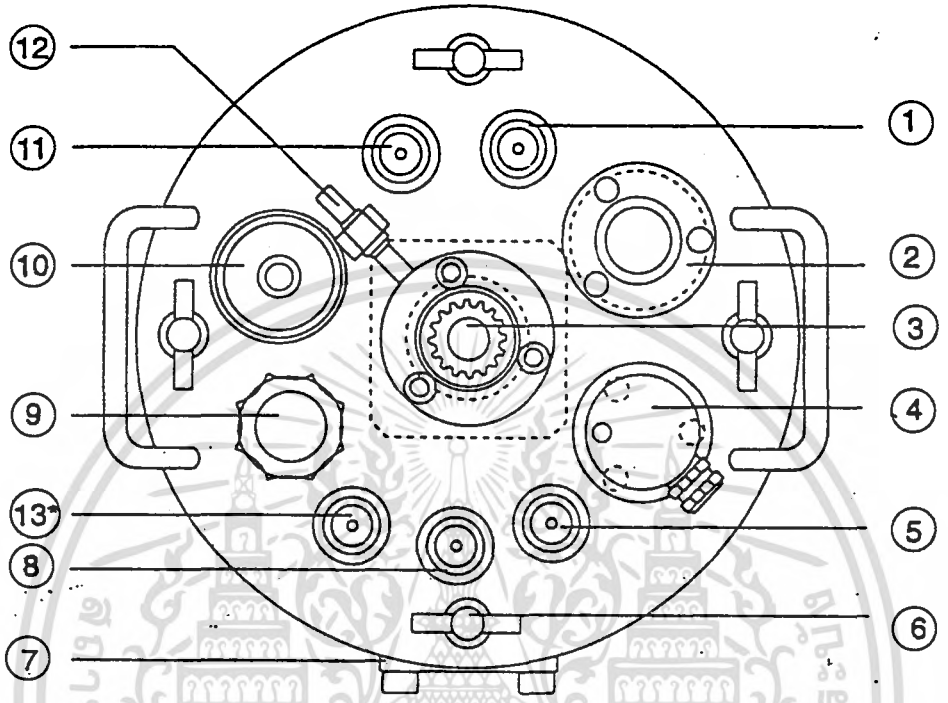
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข-1 ถังหมัก Biostat®C (B.Braun) Type C 10-3 ขนาด 15 ลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข-2 ส่วนประกอบของส่วนบนของถังหมัก



ส่วนประกอบของส่วนบนของถังหมัก

(1) antifoam probe

(2) exhaust cooler

(3) stirrer shaft

(4) viewing port

(5) spare port

(6) thumb screws

(7) viewing window

(8) reserve port

(9) relief valve

(10) air inlet filter

(11) level electrode

(12) condensate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญานการปิดเปิดแหล่งให้ความร้อน (Heater) และความเย็น สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออยู่ในช่วง 100 - 130 องศาเซลเซียส ปกติจะตั้งอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส สำหรับในงานวิจัยอุณหภูมิที่ใช้ควบคุมการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดหลินจือทั้งในระดับฟลาสก์และระดับถังหมักจะควบคุมอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส

3. ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

การควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นแบบ PID controller pH electrode จะติดตั้งอยู่ด้านข้างของถังหมักซึ่งสามารถถอดเข้า-ออกได้ การปรับค่า pH electrode จะเป็นแบบ 2 ขั้นตอน โดยการปรับค่า zero ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอช 7.00 และการปรับค่า slope ใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอช 4.01 ในระบบควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมล่าร์ (2 M NaOH) และ กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10% H_2SO_4)ในงานวิจัยได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดโดยให้สภาวะค่าความเป็นกรดด่างคงที่ 3 ระดับคือ 3.0 , 5.5 และ 7.0

4. การควบคุมการเกิดฟอง

เนื่องจากในการปฏิบัติจริงจะไม่พบปัญหาเกี่ยวกับการเกิดฟองแต่จะมีการเติม Antifoaming agent ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 8 ลิตร ก่อนทำการฆ่าเชื้อซึ่งเพียงพอต่อการควบคุมการเกิดฟองในอาหารเลี้ยงเชื้อในระหว่างกระบวนการหมักได้

5. การควบคุมการให้อากาศ

เป็นการควบคุมระบบอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ ขึ้นกับความต้องการของปริมาณการใช้อากาศในกระบวนการหมัก การควบคุมการให้อากาศในถังหมักจะอยู่ในช่วง 10 - 30 ลิตรต่อนาที ท่อสำหรับให้อากาศเข้าสู่ถังหมักเป็นแบบหัวจ่าย (ring sparger) และการที่อากาศเข้าและออกจะต้องผ่านแผ่นกรอง (Membrane filter) ก่อนโดยแผ่นกรองนี้สามารถทนต่ออุณหภูมิการฆ่าเชื้อได้

6. การควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้

การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้จะวัดโดยใช้ pO_2 electrode ซึ่งการปรับค่า pO_2 electrode จะทำได้ทั้งขณะอยู่ในช่วงเวลาระหว่างการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อ หากทำการปรับค่า pO_2 electrode ที่ 0.0 เปอร์เซ็นต์ หลังการฆ่าเชื้อควรใช้ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ในการปรับ

7. การควบคุมการกวน

การควบคุมความเร็วรอบของใบพัดจะอยู่ในช่วง 10 - 1500 รอบต่อนาที ระบบควบคุมความเร็วรอบของใบพัดเป็นแบบ PID controller โดยตั้งค่าที่ต้องการและระบบจะส่งสัญญานไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วรอบตามต้องการ ซึ่งในงานวิจัยศึกษาที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 100 , 200 และ 300 รอบต่อนาที

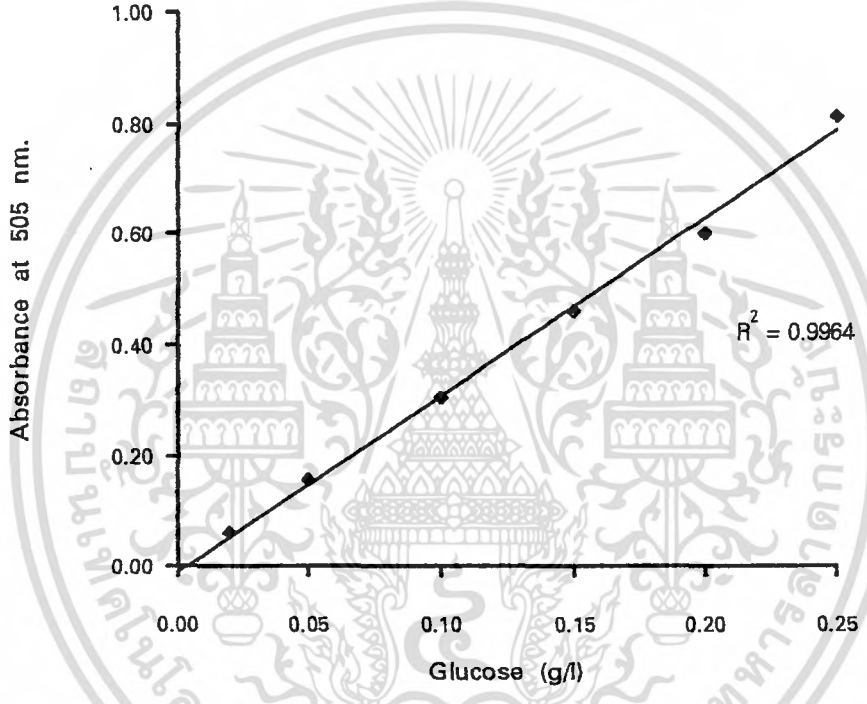
8. การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างจากถังหมักโดยจะมีวาล์วสำหรับสุ่มตัวอย่าง (Sampling valve) ชนิด SV 5 สำหรับปิดเปิดวาล์วเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะอยู่ส่วนล่างของถังหมัก ก่อนทำการเก็บตัวอย่างจะต้องมีการฆ่าเชื้อบริเวณวาล์วสุ่มตัวอย่างโดยใช้ไอน้ำร้อนฆ่าเชื้อเป็นเวลาประมาณ 10 - 15 นาที จะต้องทำทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่างและจะทำการเก็บตัวอย่างปริมาตร 300 มิลลิลิตรต่อการเก็บผล 1 ครั้งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาน้ำหนักเส้นใยเห็ดที่เพิ่มขึ้นและนำไปกรองแยกส่วนของเหลวเก็บไว้ที่อุณหภูมิแช่แข็งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพที่ ค-1 กราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาว สุภาวดี ศรีแย้ม เกิดเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดน่าน สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (ทษ.บ.) สาขาวิชา เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้