

ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอินทรีย์โดย *Aspergillus terreus* I 10

นางสาวอุษา กร้ออักษร



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-634-945-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**OPTIMAL CONDITIONS FOR ITACONIC ACID PRODUCTION BY**

***Aspergillus terreus* 1 10**



**Miss. Usa Kri-aksorn**

**สถาบันวิทยบริการ**  
**จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science

**Department of Microbiology**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1996**

**ISBN 974-634-946-5**

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดอินทรีย์โดย

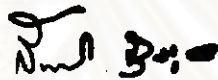
*Aspergillus terreus* I 10

โดย นางสาว อุษา กร้ออักษร

ภาควิชา จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ กรรณิกา จันทรสอาด

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ อุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... กัญญา จันทองจิน ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญา จันทองจิน)

..... กรรณิกา ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ กรรณิกา จันทรสอาด)

..... ส่องศรี ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ส่องศรี กลปรีชา)

..... สุเทพ ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน)



อุษา กรียักขร : ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกรดซิตริกโดย *Aspergillus terreus* I 10 (OPTIMAL CONDITIONS FOR ITACONIC ACID PRODUCTION BY *Aspergillus terreus* I 10) อ.ที่ปรึกษา : รศ.กรรณิกา จันทร์ล่ออาด, 149 หน้า. ISBN 974-634-946-5

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดซิตริก โดย *A. terreus* I 10 ในระดับขวด เขย่า คือ เตรียมหัวเชื้อโดยเพาะเลี้ยงสปอร์ความหนาแน่น  $5-10 \times 10^9$  สปอร์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อการผลิตหัวเชื้อสปอร์จอกปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่มีการเติมเมล็ดแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หนัก 15 กรัม เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีน้ำตาลซูโครส 66 กรัมต่อลิตร และแอมโมเนียมซัลเฟต 1.75 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอน ต่อปริมาณไนโตรเจน คือ 300 ต่อ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ คือ 4.5 และเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

สามารถใช้น้ำตาลทรายขาวเป็นแหล่งคาร์บอนแทนน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ได้ โดยผลผลิตไม่ลดลง คอสม์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่างเหมาะสมในการผลิตกรดซิตริกมากกว่าถังหมัก ขนาด 5 ลิตร และภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดซิตริกในคอสม์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง คือ ขนาดของหัวเชื้อเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) อัตราการให้อากาศเท่ากับ 2.5 ลิตรต่อลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... จุลชีววิทยา .....  
สาขาวิชา ..... จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม .....  
ปีการศึกษา ..... 2539 .....

ลายมือชื่อนิติ ..... จงหา ..... กั๊กอักษร .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... *กรรณิกา* .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

\*\* C626375 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY

KEY WORD: *Aspergillus terreus* / ITACONIC ACID

USA KRI-AKSORN : OPTIMAL CONDITIONS FOR ITACONIC ACID PRODUCTION  
BY *Aspergillus terreus* I 10, THESIS ADVISOR : ASSO. PROF, KANNIKA  
CHANTARASA-ARD, 149 pp. ISBN 974-634-946-5

The optimal conditions for itaconic acid production by *A. terreus* I 10 were as followed; the inoculum was prepared by cultivating  $5-10 \times 10^7$  spores in 50 ml. precultivation medium with 15 g. of 2 mm. diameter glass beads for 36 hr., 66 g/l sucrose as carbon source, 1.75 g/l ammonium sulfate as nitrogen source, 300:4 C:N ratio, 4.5 initial pH and 30°C cultivation temperature.

Refined-cane sugar could be used as carbon source instead of purified sucrose without decreasing in the yield. Glass bubble column was more suitable for itaconic acid production than 5L-jar fermentor, and the optimal conditions for glass bubble column were 2% (v/v) inoculum size and 2.5 vvm aeration rate.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วัสดุวิทยา

ลายมือชื่อนิสิต..... อนุภา กรีกักษร

สาขาวิชา..... วัสดุวิทยาทางอุตสาหกรรม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... กนกพร อิ่ม

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์  
กรรณิกา จันทรสอาด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ แนวความ  
คิด และให้กำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึง  
ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ และคณะกรรมการทุกท่าน ที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไข  
ต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ คีอกเตอร์ ชินอิชิ คิโนซึตะ แห่งมหาวิทยาลัยฮอกไกโด  
ประเทศญี่ปุ่น ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณสุนันท์ รัชชีกาญจน์ส่อง ที่ช่วยให้คำแนะนำ และช่วยวิเคราะห์ กรด  
อิตาโคนิก และน้ำตาล ด้วยเครื่อง HPLC

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย ตลอดจนนี้ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจ  
ตลอดมา จนบรรลุถึงจุดมุ่งหมายในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คุณสุกฤตยา วิจารณ์ท์ และคุณนิตินงษ์ จิระวรานันท์ ที่คอยช่วยตรวจตัวสะกด  
และทำสไลด์ประกอบคำบรรยาย ตามลำดับ

ขอขอบคุณ คุณเศรษฐมภ์ ชัยยชวรา ที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และคุณยาย ที่ให้การสนับสนุน ทั้งทางด้าน  
กำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ อย่างดีเสมอมา จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูป .....	ฅ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย .....	27
3. ผลการวิจัย .....	45
4. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย .....	111
รายการอ้างอิง .....	127
ภาคผนวก .....	138
ประวัติผู้เขียน .....	149

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดอิตาโคนิก .....	5
2. ตัวอย่างลิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับกรดอิตาโคนิก .....	6
3. ตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ในการผลิตกรดอิตาโคนิกแทนน้ำตาล ซูโครสบริสุทธิ์ .....	16
4. ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ                    ในระหว่างการผลิตกรด อิตาโคนิก เมื่อแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นต่าง ๆ กัน .....	72
5. การเกาะกลุ่มและเปอร์เซ็นต์การออกของสปอร์ เมื่อใส่และไม่ใช่เม็ดแก้ว ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตหัวเชื้อ .....	80

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ลารัญรูป

รูปที่	หน้า
1. สูตรโครงสร้างของกรดอิตาโคนิก .....	2
2. วิธีการสังเคราะห์กรดอิตาโคนิกจากน้ำตาลกลูโคส .....	10
3. วิธีการสังเคราะห์กรดอิตาโคนิกจากกรดซิตริก .....	11
4. การผลิตกรดอิตาโคนิกในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง .....	43
5. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดย แปรผันชนิดของแหล่งคาร์บอนต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรด อิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	46
6. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดย แปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่าง ๆ กันในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรด อิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	48
7. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรด อิตาโคนิก โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่าง ๆ กันในอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อการผลิตกรดอิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	50
8. ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผัน ชนิดของแหล่งไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรด อิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	51
9. การผลิตกรดอิตาโคนิกโดย <i>A. terreus</i> I 10 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี ไนโตรเจนปริมาณ 0.0926 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	53
10. การผลิตกรดอิตาโคนิกโดย <i>A. terreus</i> I 10 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี ไนโตรเจนปริมาณ 0.1851 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	54
11. การผลิตกรดอิตาโคนิกโดย <i>A. terreus</i> I 10 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี ไนโตรเจนปริมาณ 0.2777 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	55

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
12. การผลิตกรดอิตาโคนิกโดย <i>A. terreus</i> I 10 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีไนโตรเจนปริมาณ 0.5553 กรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	56
13. เปรียบเทียบปริมาณกรดอิตาโคนิกในวันที่ได้ปริมาณกรดอิตาโคนิกสูงสุด ในการผลิตโดยใช้แหล่งไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต และแอมโมเนียมไนเตรด โดยแปรผันปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	57
14. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรดอิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	59
15. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิก โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรดอิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	61
16. ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรดอิตาโคนิก เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	62
17. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต ในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตกรดอิตาโคนิก ในระหว่างการผลิตกรดอิตาโคนิก โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	63

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
18. เปรียบเทียบปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย ในวันที่ได้ปริมาณกรดอิตาโคนิกสูงสุด เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจนต่าง ๆ กัน เหยาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	64
19. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่าง ๆ กัน โดยกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 300:4 เหยาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	66
20. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสต่าง ๆ กัน โดยกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์บอนต่อปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 300:4 เหยาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	67
21. ปริมาณกรดอิตาโคนิกสูงสุด จากน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ถูกใช้ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี	68
22. ปริมาณกรดอิตาโคนิก และน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิก โดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นต่าง ๆ กัน ของอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องการผลิตกรดอิตาโคนิก เหยาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	70
23. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เหลือ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นต่าง ๆ กัน ของอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องการผลิตกรดอิตาโคนิก ..	71
24. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลือ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดยแปรผันค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นต่าง ๆ กันของอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องการผลิตกรดอิตาโคนิก เหยาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	71

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
25. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกโดย แปรรูปไขมันหมูที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบ โรตารี .....	74
26. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรด อิตาโคนิก โดยแปรรูปไขมันหมูที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบน เครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	75
27. การสร้างสปอร์ของ <i>A. terreus</i> I 10 บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเอียง โปเตโตเด็กซ์โตรล และอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งเอียงสูตรเหมาะสมเพื่อการผลิต กรดอิตาโคนิก เป็นเวลา 1-5 วัน .....	77
28. เปรียบเทียบจำนวนสปอร์ของ <i>A. terreus</i> I 10 ที่สร้างขึ้นบนอาหาร เลี้ยงเชื้อแข็งเอียงโปเตโตเด็กซ์โตรล และอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเหมาะสมเพื่อ การผลิตกรดอิตาโคนิก .....	78
29. ปริมาณกรดอิตาโคนิก และน้ำหนักแห้งของสายใยเมื่อผลิตกรดอิตาโคนิก โดย แปรรูปความหนาแน่นของหัวเชื้อสปอร์งอกต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่อง เขย่าแบบโรตารี .....	82
30. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรด อิตาโคนิกโดยแปรรูปความหนาแน่นของหัวเชื้อสปอร์งอกต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยง บนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	83
31. การเติบโตของ <i>A. terreus</i> I 10 เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการ ผลิตหัวเชื้อสปอร์งอกเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบ โรตารี .....	85

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
๑๒. ปริมาณกรดอิตาโคนิก และน้ำหนักแห้งของสายใยเมื่อผลิตกรดอิตาโคนิก โดยแปรผันอายุของหัวเชื้อสปอร์ร็อกต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	87
๑๓. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิก โดยแปรผันอายุของหัวเชื้อสปอร์ร็อกต่าง ๆ กัน เพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบโรตารี .....	88
๑๔. ปริมาณกรดอิตาโคนิก และน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยแปรผันชนิดของแหล่งน้ำตาลซูโครสต่าง ๆ กัน .....	90
๑๕. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยแปรผันชนิดของแหล่งน้ำตาลซูโครสต่าง ๆ กัน .....	91
๑๖. ปริมาณกรดอิตาโคนิก และน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในคอแลมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยแปรผันขนาดของหัวเชื้อต่าง ๆ กัน .....	93
๑๗. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วน ในคอแลมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยแปรผันขนาดของหัวเชื้อต่าง ๆ กัน .....	94
๑๘. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยใช้ขนาดหัวเชื้อ 2 เพอร์เซ็นต์ และ 5 เพอร์เซ็นต์ .....	96

## ลารับรูป

รูปที่	หน้า
39. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยใช้ขนาดหัวเชื้อ 2 เพอร์เซ็นต์ และ 5 เพอร์เซ็นต์ .....	97
40. ปริมาณกรดอิตาโคนิกและน้ำหนักแห้งของสายใย เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยแปรผันอัตราการให้อากาศต่าง ๆ กัน .....	99
41. ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อผลิตกรดอิตาโคนิกระดับขยายส่วนในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยแปรผันอัตราการให้อากาศต่าง ๆ กัน .....	100
42. โครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง <i>A. terreus</i> I 10 ในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยใช้อัตราการให้อากาศเท่ากับ 10 ลิตรต่อลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ Spherisorb-C18 .....	102
43. โครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง <i>A. terreus</i> I 10 ในระดับขวดเช่าเป็นเวลา 6 วัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ Zorbax-C8 .....	104
44. โครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง <i>A. terreus</i> I 10 ในระดับขวดเช่าเป็นเวลา 6 วัน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ Spherisorb-C18 .....	105

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
45. โครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง <i>A. terreus</i> I 10 ในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยใช้อัตราการให้อากาศเท่ากับ 5 ลิตรต่อลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ Zorbax-C8 .....	107
46. โครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง <i>A. terreus</i> I 10 ในคอลัมน์แก้วที่มีการให้อากาศด้านล่าง โดยใช้อัตราการให้อากาศเท่ากับ 5 ลิตรต่อลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ Spherisorb-C18 .....	108
47. ตัวอย่างโครมาโตแกรมของน้ำตาลชนิดต่างๆ จากการทดลองผลิตกรดอินทรีย์ โดย <i>A. terreus</i> I 10 เมื่อใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างตั้งต้นของอาหารเลี้ยง เชื้อเท่ากับ 5.0 เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC โดยใช้ คอลัมน์ Spherisorb 10-NH2 (Phenomenex) .....	110