

การผลิตกระดาษจากแป้งมันสำปะหลัง โดย แอสเปอร์จิสต์ ไนเจอร์ สายพันธุ์ A 185

ด้วยวิธีการหมักในอาหารเหลว



นางสาว ศยามล นองบุญนาถ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หลักสูตร เทคโนโลยีชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-459-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017234

117967A07

Citric Acid Production from Tapioca with Aspergillus niger ,
Strain A 185 by Submerged Fermentation

Miss Sayamol Nongbunnak

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Programme of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-459-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตกรดอะมิโนจากแป้งมันสำปะหลังโดย แอสเปอร์จิลีส ไนเจอร์
สายพันธุ์ A 185 ด้วยวิธีการหมักในอาหารเหลว
โดย นางสาว ศยามล นองบุญนาก
ภาควิชา หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิโนจ ชำแก้วรัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

ผอ. รก.จ.

_____ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุเทพ ธีนิยวัน ประธานกรรมการ
_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธีนิยวัน)

วิโนจ ชำแก้วรัตน์ กรรมการ
_____ กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิโนจ ชำแก้วรัตน์)

สังศรี กุลปรีชา กรรมการ
_____ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา)

ไพเราะ ปันพานิชยการ กรรมการ
_____ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปันพานิชยการ)

คิยามล นองบุญนาก : การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลังโดย แอสเปอร์จิลลัส
ไนเจอร์ สายพันธุ์ A 185 ด้วยวิธีการหมักในอาหารเหลว (CITRIC ACID PRODUCTION
FROM TAPIOCA WITH Aspergillus niger, STRAIN A 185 BY SUBMERGED
FERMENTATION) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิมล ชำวีวรรณ และ
รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลประชา, 111 หน้า. ISBN 974-579-459-7

จากการตรวจสอบเชื้อรา Aspergillus niger A 185 ทั้ง 12 สายพันธุ์ ในขวดทดลอง
พบว่า A. niger สายพันธุ์ A 185 สามารถผลิตกรดทั้งหมดได้สูงสุด คือ 120 กรัม/ลิตร จากนั้นได้
ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ A. niger สายพันธุ์ A 185 เพื่อใช้ในงาน
วิจัยนี้

จากการศึกษาการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ A. niger สายพันธุ์ A 185 ด้วยวิธีการหมักใน
อาหารเหลว พบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการเจริญและการผลิตกรดมะนาวประกอบด้วย
แป้งที่ย่อยแล้ว 450 กรัม/ลิตร แอมโมเนียมซัลเฟต 2.5 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมโมโนไฮโดรเจน-
ฟอสเฟต 0.4 กรัม/ลิตร โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.4 กรัม/ลิตร และแมกนีเซียมซัลเฟต-
เฮปตาไฮเดรต 0.4 กรัม/ลิตร ปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 6.5
สภาวะที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อในระดับขวดเขย่า คือ การเขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบ/นาที
ที่อุณหภูมิ 30 °C. จำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อเท่ากับ 1×10^7 สปอร์/มล.

เมื่อนำเชื้อรา A. niger สายพันธุ์ A 185 มาเลี้ยงในอาหารและสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าว
ข้างต้น ในระดับขวดเขย่าทำให้เชื้อราผลิตกรดมะนาวเพิ่มขึ้นจาก 106 กรัม/ลิตร เป็น 156 กรัม/ลิตร
ที่ความเป็นกรด-ด่างในน้ำหมักเท่ากับ 1.5 - 2.0 เมื่อทำสภาวะดังกล่าวมาเลี้ยงเชื้อราในถังหมัก
ขนาด 5 ลิตร พบว่าผลผลิตกรดมะนาวยังต่ำอยู่เมื่อเทียบกับการผลิตกรดมะนาวในระดับขวดเขย่า



ภาควิชา
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต Ole Nym

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Dr. Sangsri

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Sangsri

SAYAMOL NONGBUNNAK : CITRIC ACID PRODUCTION FROM TAPIOCA WITH Aspergillus niger, STRAIN A 185 BY SUBMERGED FERMENTATION. THESIS ADVISOR : ASST. VINICH KHUMWIWAT AND ASSOC. SONGSRI KULPREECHA, Ph.D., 111 PP., ISBN 974-579-459-7.

Citric acid production by Aspergillus niger A 185 under submerged fermentation was investigated, A. niger A 185 could produce citric acid by using hydrolysed starch as a carbon source. The suitable medium composition for the production of citric acid in shaken flask consisted of hydrolysed starch 450 g/l, ammonium sulfate 2.5 g/l, potassium monohydrogen phosphate 0.4 g/l, potassium dihydrogen phosphate 0.4 g/l and magnesium sulfate heptahydrate 0.4 g/l and medium was adjusted to 6.5. The optimal cultivation conditions were incubation at 30 °C. with shaking at 250 rpm. The inoculum contained 1×10^7 spore/ml.

Under the above conditions, citric acid production by A. niger A 185 was increased from 106 g/l to 156 g/l in shaken flask at pH 1.5 - 2.0. Using the same conditions in 5-L fermentor, it was found that citric acid production was still considerably low when compared to that of in shaken flask.

ภาควิชา

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต Oke Nongbun

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Songsri Kulprecha

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Vinich Khumwiwat



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำภิวารธน รองศาสตราจารย์ ดร.สงศรี กุลปรีชา ที่ได้กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ให้นำแนวคิด กาลังใจ และความเข้าใจ อันมีค่ายิ่ง ตลอดระยะเวลาในการ ท้าวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชยการ ที่ได้กรุณา รับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุ ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณา เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และสารเคมี จน งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนักวิจัย เจ้าหน้าที่สถาบันฯ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวก ระหว่างการท้าวิจัย

ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และน้องทุกคน ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และ ให้นำกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดการท้าวิจัยวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์ที่ด้านทุนวิจัย

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และน้องของข้าพเจ้าที่ให้ความช่วยเหลือ ความเข้าใจ กาลังกาย กาลังใจ และกาลังทรัพย์ ในการท้าวิจัย นิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสมบูรณ์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
คำย่อ.....	ท
บทที่	
1 บทนำ	
1. ประวัติความเป็นมา.....	1
2. การสังเคราะห์กรดมะนาว.....	3
3. กระบวนการผลิต.....	6
4. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดมะนาว.....	8
5. ประโยชน์ของกรดมะนาว.....	12
6. มूलเหตุจูงใจในการทำวิจัย.....	13
7. ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	15
2 วิธีการทดลอง	
1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	16
2. เชื้อจุลินทรีย์ การเก็บ และการเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง.....	18
3. วิธีการวิเคราะห์.....	20
3 ผลการทดลอง	
1. การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตกรดมะนาวโดยใช้รา <u>Aspergillus niger</u> 12 สายพันธุ์ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่ เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาวในระดับขวดเขย่า.....	22

2.	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> A 185 ในระดับขวดเขย่า	
2.1	การเจริญของเชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> A 185 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ.....	22
2.2	องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	25
2.3	สภาวะที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ.....	50
3.	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร	
3.1	อัตราการกวน.....	69
3.2	อัตราการให้อากาศ.....	76
4	บทสรุปและวิจารณ์.....	83
	เอกสารอ้างอิง.....	98
	ภาคผนวกที่	
1	สูตรอาหารที่ใช้ในการวิจัย.....	103
2	การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	105
3	แหล่งอินทรีย์ไนโตรเจน.....	106
4	การเตรียมแป้งมันสำปะหลัง.....	107
5.	กราฟมาตรฐานของกรดมะนาวโดยวิธีเพนตาโบรโมอะซิโตน.....	109
6.	กราฟมาตรฐานของกลูโคสจากการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์.....	110
	ประวัติผู้เขียน.....	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการผลิตกรดมะนาว.....	2
2 แหล่งคาร์บอนที่เชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> สามารถใช้ผลิตกรด มะนาวได้.....	9
3 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออกกรดมะนาวของประเทศไทย.....	14
4 สายพันธุ์ของ <u>Aspergillus niger</u> ทั้ง 12 สายพันธุ์.....	18
5 เปรียบเทียบความสามารถในการผลิตกรดของเชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> 12 สายพันธุ์ โดยใช้แป้งที่ย่อยแล้ว เป็นแหล่งคาร์บอน.....	23
6 ผลการแปรผันปริมาณแป้งที่ย่อยแล้ว ต่อการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	27
7 ผลการแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจน ที่มีไนโตรเจนทั้งหมดปริมาณ 0.7 กรัม/ลิตร ต่อการผลิตกรดมะนาวของเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185..	30
8 ผลการแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	31
9 ผลการแปรผันปริมาณโบตัสเซียมโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต ต่อการผลิต กรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	34
10 ผลการแปรผันปริมาณโบตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ต่อการผลิต กรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	35
11 ผลการแปรผันปริมาณโบตัสเซียมซโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต ต่อปริมาณ โบตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ในอัตราส่วน 1:1 ต่อการผลิตกรด มะนาวของเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	37
12 ผลการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต ต่อการผลิต กรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	39

13.1	ผลการแปรผันปริมาณเหล็ก ที่มีต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185	42
13.2	ผลการแปรผันปริมาณทองแดง ที่มีต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185	43
13.3	ผลการแปรผันปริมาณสังกะสี ที่มีต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185	44
13.4	ผลการแปรผันปริมาณแมงกานีส ที่มีต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185	45
14	ผลการแปรผันแร่ธาตุร่วมกันทั้งสี่ชนิด ชนิดละ 5.0 ส่วนในล้านส่วน ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	47
15	ผลการเลี้ยงเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185 ในอาหาร เลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	48
16.1	ผลการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25 °ซ. ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	51
16.2	ผลการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 °ซ. ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	52
16.3	ผลการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °ซ. ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	53
17.1	ผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 4.5 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	55
17.2	ผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 5.5 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	56
17.3	ผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 6.5 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	57
17.4	ผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 7.5 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	58

18.1 ผลของจำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อ 1×10^6 สปอร์/มล. ต่อการผลิต
 กรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 61

18.2 ผลของจำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อ 1×10^7 สปอร์/มล. ต่อการผลิต
 กรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 62

18.3 ผลของจำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อ 1×10^8 สปอร์/มล. ต่อการผลิต
 กรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 63

19.1 ผลของความเร็วรอบในการเขย่าเพื่อให้อากาศ 200 รอบ/นาที
 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 65

19.2 ผลของความเร็วรอบในการเขย่าเพื่อให้อากาศ 250 รอบ/นาที
 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 66

19.3 ผลของความเร็วรอบในการเขย่าเพื่อให้อากาศ 300 รอบ/นาที
 ต่อการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 67

20.1 ผลการกวนด้วยอัตรา 300 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาวของ
Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 70

20.2 ผลการกวนด้วยอัตรา 400 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาวของ
Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 72

20.3 ผลการกวนด้วยอัตรา 500 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาวของ
Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 74

21.1 ผลของอัตราการทำให้อากาศ 0.5 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรด
 มะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร... 77

21.2 ผลของอัตราการทำให้อากาศ 1.0 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรด
 มะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร... 79

21.3 ผลของอัตราการทำให้อากาศ 1.5 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรด
 มะนาวโดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร... 81

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 โครงสร้างกรดมะนาว.....	1
2 วิธีไกลโคไลติก.....	4
3 วัฏจักรเครบ.....	5
4 ปริมาณกรดทั้งหมดและน้ำหนักเซลล์แห้งของ <u>Aspergillus niger</u> A 185 เมื่อใช้แป้งที่ย่อยแล้ว เป็นแหล่งคาร์บอน.....	24
5 เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อรา <u>Aspergillus niger</u> A 185 ที่มีจำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อ 1×10^6 1×10^7 และ 1×10^8 สปอร์/มล. ตามลำดับ.....	26
6 การผลิตกรดมะนาวของเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185 เมื่อใช้แป้งที่ย่อยแล้ว 450 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน.....	28
7 ผลการแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต ต่อการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	32
8 ผลการแปรผัน ปริมาณโบตัสเซียมโมโนไฮดรเจนฟอสเฟต ปริมาณโบตัสเซียม ไดไฮดรเจนฟอสเฟต และปริมาณโบตัสเซียมโมโนไฮดรเจนฟอสเฟต ต่อ ปริมาณโบตัสเซียมไดไฮดรเจนฟอสเฟตในอัตราส่วน 1:1 ต่อการผลิตกรด มะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	38
9 ผลการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรท ต่อการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	40
10 ผลการเลี้ยงเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	49
11 ผลการแปรผันอุณหภูมิที่ใช้น้ำในการเลี้ยงเชื้อ ต่อการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	54
12 ผลการแปรผันความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อการผลิต กรดมะนาวโดยเชื้อ <u>Aspergillus niger</u> A 185.....	59

- 13 ผลการแปรผันจำนวนสปอร์เริ่มต้นในหัวเชื้อ ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 64
- 14 ผลการแปรผันความเร็วในการเขย่าเพื่อให้อากาศ ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185..... 68
- 15 ผลของอัตราการกวน 300 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 71
- 16 ผลของอัตราการกวน 400 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 73
- 17 ผลของอัตราการกวน 500 รอบ/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 75
- 18 ผลของอัตราการให้อากาศ 0.5 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 78
- 19 ผลของอัตราการให้อากาศ 1.0 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 80
- 20 ผลของอัตราการให้อากาศ 1.5 ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที ต่อการผลิตกรดมะนาว
โดยเชื้อ Aspergillus niger A 185 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร..... 82

คำย่อ

°ซ.	=	องศาเซลเซียส
°C	=	องศาเซลเซียส
ชม.	=	ชั่วโมง
น.น.	=	น้ำหนัก
มล.	=	มิลลิลิตร
มม.	=	มิลลิเมตร
กก.	=	กิโลกรัม
g/l	=	กรัม/ลิตร
vvm.	=	ลิตร/ลิตรอาหาร/นาที
rpm.	=	รอบ/นาที