การหมักแบบเฟดแบตช์เพื่อผลิตแอล-ไลซีน

นางสาวนัยนา อุดมชัยกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-17-6111-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FED-BATCH FERMENTATION FOR L-LYSINE PRODUCTION

Miss Naiyana Udomchaikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-17-6111-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหมักแบบเฟดแบตช์เพื่อผลิตแอล-ไลซีน
โดย	นางสาวนัยนา อุดมชัยกุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. ศิริลักษณ์ ธีระดากร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ศิริลักษณ์ ธีระดากร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นัยนา อุดมชัยกุล : การหมักแบบเฟดแบตช์เพื่อผลิตแอล-ไลซีน. (FED-BATCH FERMENTATION FOR L-LYSINE PRODUCTION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดรสุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ศิริลักษณ์ ธีระดากร , 74 .หน้า ISBN 974-17-6111-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตแอล-ไลซีนในกระบวนการหมักแบบเฟดแบตช์ของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC21798 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยช่วงแรกแปรชนิดของแหล่งไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการหมักแบบแบตช์ ระหว่าง bacto peptone , marine peptone และสารสกัดจากยีสต์ พบว่า สารสกัดจากยีสต์เป็นแหล่งไนโตรเจนที่ผลิตแอล-ไลซีนได้ดีที่สุด ได้เท่ากับ 18.56 กรัมต่อลิตร และเมื่อสิ้นสุดการหมักแล้วพบว่ายังเหลือน้ำตาลในถังหมักอยู่มาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง ดังนั้นจึงแปรระดับน้ำตาลเริ่มต้นในถังหมักเป็น 130,110 และ 90 กรัมต่อลิตร พบว่าที่ระดับน้ำตาล 110 กรัมต่อลิตร และ 90 กรัมต่อลิตร ผลิตแอล-ไลซีนได้ใกล้เคียงกัน คือ 20.88 กรัมต่อลิตร และ 20.66 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกระดับน้ำตาล 90 กรัมต่อลิตร มาใช้ในกระบวนการหมักแบบเฟดแบตช์ โดยคุมระดับน้ำตาลระหว่างการหมักไว้ที่ 30 และ 50 กรัมต่อลิตร พบว่าผลิตแอล-ไลซีนได้ไม่แตกต่างกัน คือ 28.88 และ 28.39 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำเทคนิคการเวียนเซลล์และน้ำหมักมาต่อกับกระบวน การหมักแบบเฟดแบตช์ โดยคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร พบว่าสามารถผลิตแอล-ไลซีนเพิ่มขึ้นเป็น 46.25 กรัมต่อลิตร ดังนั้นเทคนิคการเวียนเซลล์และน้ำหมักกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตแอล-ไลซีนเป็นวิธีที่น่าจะศึกษาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีชีวภาพ..... ลายมือชื่อนิสิต.....นัยนา อุดมชัยกุล.....

ปีการศึกษา.....2547..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372530523 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD : FED-BATCH FERMENTATION/ L-LYSINE / EXTRACTIVE FERMENTATION

NAIYANA UDOMCHAIKUL : FED-BATCH FERMENTATION FOR L-LYSINE PRODUCTION. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SURAPONG NAVANGKASATTUSAS , Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : SIRILUK THERADAKORN, Ph.D. 74 pp. ISBN 974-17-6111-2.

The purpose of this research was to improve production of L-lysine in fed-batch fermentation by *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 in a 5-liter fermenter. In the first stage, batch fermentations of L-lysine were carried out on different nitrogen sources, namely, bacto peptone, marine peptone and yeast extract. It was found that yeast extract was the best nitrogen source to produce L-lysine at 18.56 g/l with substantial remaining glucose at the end of the fermentation which can be considered as waste of raw material. Initial concentrations of glucose in fermenter were varied at 130, 110 and 90 g/l. It was found that at 110 g/l and 90 g/l initial glucose concentration, L-lysine production obtained were comparable at 20.88 and 20.66 g/l respectively. Initial concentration of glucose at 90 g/l was chosen for fed-batch fermentation, during which its concentration of glucose was controlled at 30 and 50 g/l. It was found that L-lysine production obtained were 28.88 and 28.39 g/l, respectively. Cell and L-lysine extracted spent broth recycling technique was also applied to the fed-batch fermentation with controlled concentration of glucose at 30 g/l. As a result, L-lysine production was improved to 46.25 g/l. Therefore, cell and L-lysine extracted spent broth recycling technique for L-lysine production should be further researched in the future.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Field of study.....Biotechnology..... Student's signature.....

Academic year.....2004..... Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยความสมบูรณ์ โดยได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ดร ศิริลักษณ์ ธีระดากร ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ตลอดจนให้คำแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิชที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และอาจารย์วาสนา โตเลี้ยง ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณบุคลากรทุกท่านในสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการสั่งซื้อและจัดหาอุปกรณ์และสารเคมี รวมทั้งช่วยเหลือซ่อมบำรุงอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว พี่ชาย ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ มนสันต์ อ้นแดง ปิยะนุช คันโธ และวีรวรรณ ทศทิศรังสรรค์ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา และสุดท้ายขอขอบคุณเรณินทร์ อภิรดี อัจฉรา วรรณกร อนุมาศ พี่วนิดา พี่พงษ์ศักดิ์ ไพบูลย์ พี่ชัชฎาภรณ์ ณัฐพล น้องจิ๋ว นิว ออฟ ตาลและพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและแนวโน้มปริมาณการใช้แอล-ไลซีน 1

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ 4

1.3 การผลิตแอล-ไลซีนในอุตสาหกรรม 4

1.3.1 การผลิตไลซีนโดยจุลินทรีย์ 5

1.3.2 การผลิตไลซีนโดยเอนไซม์ 7

1.3.3 การผลิตไลซีนโดยวิธีทางเคมี 7

1.4 การผลิตแอล-ไลซีนโดยวิธีการหมัก 9

1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแอล-ไลซีน 9

1.6 กระบวนการหมักแอล-ไลซีนในอุตสาหกรรม 12

1.7 มูลเหตุในการทำงานวิจัย 14

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 15

2.1.1 อุปกรณ์การทดลอง 15

2.1.2 สารเคมี 16

2.2 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย 17

2.3 วิธีเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย 17

2.4 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ 17

2.5 การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ 18

2.6 การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 การผลิตแอล-ไลซีนในถังหมักขนาด 5 ลิตรแบบแบตช์ 18

2.7.1 ศึกษาผลของแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญและการผลิตแอล-ไลซีน โดยใช้ bacto peptone ,marine peptone และสารสกัดจากยีสต์ 18

2.7.2 ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 130 , 110 และ 90 กรัมต่อลิตร 19

2.8 การผลิตแอล-ไลซีนในถังหมักขนาด 5 ลิตรแบบเฟดแบตช์ 19

2.9 การผลิตแอล-ไลซีนในถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบชต์ โดยใช้เทคนิค extractive fermentation 19

2.10 วิธีการวิเคราะห์ 20

2.10.1 การวิเคราะห์หาปริมาณแอล-ไลซีนโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง 20

2.10.2 การวัดปริมาณเซลล์จากค่าการดูดกลืนแสง 21

2.10.3 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 21

3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตแอล-ไลซีนได้ในปริมาณสูงและสูตรอาหารที่เหมาะสมในระดับขวดเขย่า 22

3.1.1 การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเตรียมกล้าเชื้อ 22

3.1.2 เปรียบเทียบการเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ*Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798, *Coynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารเหลวสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 23

3.2 การเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร 28

3.2.1 เปรียบเทียบการเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ*Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในอาหารเหลวสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 โดยมีแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 เปรียบเทียบการเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในอาหารเหลวสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 โดยแปรผันปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 37

3.3 การเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบ เฟดแบตช์ 46

3.4 การเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์ โดยเวียนเซลล์และนำน้ำหมักที่ผ่านคอลัมน์เรซินแลกเปลี่ยนไอออนกลับมาใช้ใหม่ 52

3.5 การเปรียบเทียบการเจริญและการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบแบตช์ แบบเฟดแบตช์ และแบบเฟดแบตช์ที่มีระบบเวียนเซลล์และน้ำหมักที่ผ่านคอลัมน์เรซินแลกเปลี่ยนไอออนกลับมาใช้ใหม่ 56

4 สรุปผลการทดลอง 58

รายการอ้างอิง 60

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก กราฟมาตรฐาน 66

ภาคผนวก ข สูตรอาหารที่ใช้ในการวิจัย 69

ภาคผนวก ค การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในวิจัย 71

ภาคผนวก ง สูตรการคำนวณค่าทางจลนพลศาสตร์ 72

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การสังเคราะห์แอล-ไลซีนโดย *Corynebacterium glutamicum*	6
1.2	แสดงการผลิตไลซีนโดยวิธีทางเคมี	8
2.1	การผลิตแอล-ไลซีนด้วยกระบวนการหมักแบบเฟดแบตช์ที่มีระบบเวียนเซลล์และน้ำหมัก	20
3.1	แสดงลักษณะการเจริญของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 *Corynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารเตรียมกล้าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 7.0 เขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที	22
3.2	เปรียบเทียบการเจริญของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 *Corynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารเหลวสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 7.0 เขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที	25
3.3	เปรียบเทียบการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 , *Coynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารเหลวสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 7.0 เขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที	25
3.4	น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ bacto peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์	30
3.5	น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ marine peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.6 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ สารสกัดจากยีสต์เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์ 35

3.7 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 130 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์ 39

3.8 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 11 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์ 41

3.9 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 90 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์ 43

3.10 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์ ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์ 47

3.11 น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์ ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์ 50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.12	น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมักในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์โดยเวียนเซลล์และน้ำหมัก ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีอัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	54
ก.1	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส	66
ก.2	กราฟมาตรฐานของแอล-ไลซีน	67
ก.3	กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้ง	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สมดุลของกรดอะมิโนในอาหารสุกร	2
1.2	แนวโน้มของจำนวนปศุสัตว์และความต้องการแอล-ไลซีนในประเทศออสเตรเลีย (1983-1989)	3
1.3	ปริมาณการผลิตและการใช้แอล-ไลซีนในประเทศไทย	3
1.4	ปริมาณการนำเข้าแอล-ไลซีนจากต่างประเทศ	4
1.5	ลักษณะทางฟิสิกส์และเคมีของแอล-ไลซีนโมโนไฮโดรคลอไรด์	5
2.1	รายชื่อสารเคมีและบริษัทผู้ผลิต	16
3.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตรที่ ระยะเวลาต่างๆของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 , *Corynebacterium glutamicum* KY 9714 , *Corynebacterium glutamicum* RTS 32	23
3.2	เปรียบเทียบการเจริญของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 *Coynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2	26
3.3	เปรียบเทียบการการผลิตแอล-ไลซีนของ *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 *Coynebacterium glutamicum* KY9714 และ *Corynebacterium glutamicum* RTS32 ในอาหารสำหรับผลิตแอล-ไลซีน สูตรที่1 และสูตรที่ 2	27
3.4	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ bacto peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที	31
3.5	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ marine peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์	34
3.6	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้สารสกัดจากยีสต์ เป็นแหล่งไนโตรเจน ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 โมลาร์	36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.7	ค่าทางจลนพลศาสตร์จากการหมัก *Brevibacterium lactofermentum* ATCC 21798 เพื่อผลิตแอล-ไลซีนในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแหล่งไนโตรเจนแตกต่างกัน	37
3.8	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 130 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตรควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น27 เปอร์เซ็นต์	40
3.9	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 110 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	42
3.10	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก เมื่อใช้ระดับน้ำตาลเริ่มต้น 90 กรัมต่อลิตร ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	44
3.11	ค่าทางจลนพลศาสตร์จากการหมัก *Brevibacterium lactofermentum*ATCC21798 เพื่อผลิตแอล-ไลซีนในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีระดับน้ำตาลเริ่มต้นแตกต่างกัน	46
3.12	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์โดยควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	49
3.13	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์โดยควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 50 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.14	ค่าทางจลนพลศาสตร์จากการหมัก *Brevibacterium lactofermentum* ATCC21798 เพื่อผลิตแอล-ไลซีนแบบเฟดแบตช์ โดยแปรผันการควบคุมระดับน้ำตาล	52
3.15	ค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณแอล-ไลซีน และน้ำตาลที่เหลืออยู่ภายหลังการหมักในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร แบบเฟดแบตช์โดยเวียนเซลล์และน้ำหมัก ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ที่ 30 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1ลิตรต่อลิตรของอาหารต่อนาที และ ค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 27 เปอร์เซ็นต์	55
3.16	ค่าทางจลนพลศาสตร์จากการหมัก *Brevibacterium lactofermentum* ATCC21798 เพื่อผลิตแอล-ไลซีนแบบเฟดแบตช์ และแบบเฟดแบตช์ที่มีการเวียนเซลล์และน้ำหมักที่ผ่านคอลัมน์แลกเปลี่ยนไอออน	56
3.17	ค่าทางจลนพลศาสตร์จากการหมัก *Brevibacterium lactofermentum* ATCC2179เพื่อผลิตแอล-ไลซีนแบบแบตช์ เฟดแบตช์ และแบบเฟดแบตช์ที่มีระบบเวียนเซลล์และน้ำหมักที่ผ่านคอลัมน์แลกเปลี่ยนไอออน.....	57

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย