อิทธิพลของอาหารต่อการสร้างโปรตีนของราแอสเปอร์จิลลัส

นางสาวยุพา กอเกียรตินันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาพฤกษศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2521

002457

i 17061301

EFFECTS OF MEDIA ON PROTEIN PRODUCTION IN ASPERGILLUS

Miss Yupa Kokiatinun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Botany

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของอาหารต่อการสร้างโปรตีนของราแอสเปอร์จิลลัส
โดย	นางสาวยุพา กอเกียรตินันท์
แผนกวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไววิทย์ พุทธารี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธพรรณ ตรีรัตน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พิจิตต รัตตกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของอาหารต่อการสร้างโปรตีนของราแอสเปอร์จิลลัส
ชื่อนิสิต	นางสาวยุพา กอเกียรตินันท์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิชญางกูร
แผนกวิชา	พฤกษศาสตร์
ปีการศึกษา	2520

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จากการศึกษาโปรตีนของรา Aspergillus 10 สายพันธุ์ที่แยกได้จากบางแหล่งของอาหารที่กินได้ในประเทศไทย สายพันธุ์ A14 และ B1 เป็นสายพันธุ์ที่สามารถเปลี่ยนแป้งมันสำปะหลังไปเป็นโปรตีนได้ปริมาณสูง และมีการสร้างนอนโปรตีนต่ำ เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ A21 ซึ่งเป็นสายพันธุ์มาตรฐานเปรียบเทียบจากต่างประเทศ

ผลการศึกษาเบื้องต้นของราทั้ง 11 สายพันธุ์ โดยการสุ่ม 2 สายพันธุ์ ที่เลี้ยงในอาหารเหลว พบว่า ลอรี่โปรตีนจะถูกสร้างขึ้นได้สูงสุดในวันที่ 2 ของการเลี้ยงในอาหารเหลวที่อยู่บนเครื่องเขย่า 120 รอบต่อนาที 25 °ซ.

สภาพของ pH ที่มีต่อการสร้างลอรี่โปรตีน พบว่า ที่ pH ต่ำ ๆ ที่มีความเข้มข้นของแป้ง 2.3% จะมีผลต่อการสร้างเพลเล็ต (pellet) ราจะไม่สร้างเพลเล็ต จะมีแต่สายใยสั้น ๆ แผ่ไปในอาหาร และที่ pH 3.5, 5.0 และ 3.5 เป็น pH ที่เหมาะแก่การสร้างลอรี่โปรตีนของราทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ A21, A14 และ B1 ตามลำดับ ถ้า pH มากหรือน้อยกว่านี้จะได้ลอรี่โปรตีนต่ำ ดังนั้นจะเห็นว่าที่ pH สูง ๆ จาก 5.4 - 6.0 มีการสร้างลอรี่โปรตีนได้น้อยกว่าที่ pH ต่ำ ๆ คือ ตั้งแต่ pH 5.0 ลงไป ถึง pH 2.5

ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ มีผลต่อการสร้างลอรี่โปรตีน พบว่า ปริมาณที่เหมาะจะทำให้มีการสร้างลอรี่โปรตีนได้มากของสายพันธุ์ A21, A14 และ B1 คือ 0.5, 1.0 และ 0.5% ตามลำดับ ถ้าใช้ $(NH_4)_2SO_4$ ปริมาณที่มากหรือน้อยกว่า

ค่านี้จะได้ปริมาณลอรี่โปรตีนเปลี่ยนไป ลอรี่โปรตีนจะสร้างได้น้อย ถ้ามีปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ต่ำกว่า 0.5%

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโต พบว่า สายพันธุ์ A21 และ B1 ทนความร้อนถึง 40 °ซ. ส่วนสายพันธุ์ A14 ทนต่ออุณหภูมิได้น้อยกว่า คือ เจริญได้ตั้งแต่ 25 - 37 °ซ.

ผลการศึกษาเมื่อเลี้ยง Aspergillus ทั้ง 3 สายพันธุ์ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลังปริมาณต่าง ๆ กัน พบว่าปริมาณแป้งที่ 5.0, 1.0 และ 0.5% สภาพ pH 3.5, 5.0 และ 3.5 และปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ 0.5, 1.0 และ 0.5% เป็นสภาพอาหารเหลวที่มีแป้งพอเหมาะที่จะใช้เลี้ยงรา สายพันธุ์ A21, A14 และ B1 ตามลำดับ จากการทดลองทำให้ทราบว่าการเจริญเติบโตและการสร้างโปรตีนจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้จากเศษมันสำปะหลัง ในแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถไม่เท่ากัน ที่ปริมาณแป้งสูง ๆ ต้องเพิ่มเวลาหมักให้นานขึ้น ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย แต่ลอรี่โปรตีนจะน้อยน้ำหนักแห้งมีมาก ถ้าปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่ำ ๆ จะได้ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดน้อย น้ำหนักแห้งน้อย แต่ลอรี่โปรตีนมาก ดังนั้นสายพันธุ์ A21 สร้างลอรี่โปรตีนได้สูงสุด 32.55% ในวันที่ 6 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 5.0%, pH 3.5, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% และ KH_2PO_4 0.2% ส่วนสายพันธุ์ A14 เจริญให้ลอรี่โปรตีนมากที่สุด 33.24% และผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 3.99 กรัมต่อ 100 มล. ในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1.0%, pH 5.0, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% เก็บผลเป็นเวลา 2 วันของการเลี้ยงในอาหารเหลว และสายพันธุ์ B1 สร้างลอรี่โปรตีนสูงสุด 34.25% และผลผลิตโปรตีนทั้งหมด 2.40 กรัมต่อ 100 มล. เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 0.5%, pH 3.5, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% เก็บผลในวันที่ 2 ของการหมัก

ขนาดเพลเล็ตในวันแรก ๆ และวันสุดท้ายของการเลี้ยงในอาหารเหลวมีขนาดเล็ก แต่ที่สภาพที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้นจะได้เพลเล็ตขนาดเหมาะสมเฉลี่ยประมาณ

2.0 มม. เพราะได้ลอรี่โปรตีนสูงสุด ปริมาณแป้งต่ำ ๆ มีผลต่อขนาดเพลเล็ตโดยเฉลี่ย 3.0 มม. ซึ่งโตกว่าที่เลี้ยงในปริมาณแป้งสูง ๆ

ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโน 17 ชนิดในสายใยแห้งของรา*A.niger* พบว่ามีกรดอะมิโน 16 ชนิด โดยมีปริมาณกรดเมไธโอนินต่ำ และไม่มีกรดซีสติน

Thesis Title	Effects of Media on Protein Production in Aspergillus
Name	Miss Yupa Kokiatinun
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Sumalee Pichyangukura
Department	Botany
Academic Year	1977

Abstract

Ten strains of amylolytic Aspergillus were isolated from various edible sources, based on their abilities to use cassava starch as a carbon source. Only two strains, A14 and B1 were selected on the basis of their high abilities to convert starch to Lowry protein with low content of non protein. Strain A21 of Aspergillus niger, obtained from Tate and Lyte Limited, England, was used as a standard strain for comparing the amount of protein productions with the selected strains.

Preliminary study was determination of the harvesting time in order to get a maximum amount of Lowry protein which was observed only after 48 hours of incubation.

When A21, A14 and B1 strains were cultured in various pH, the results showed that the optimum pH for high protein production for A21, A14 and B1 strains were 3.5, 5.0 and 3.5 respectively. The pellet was not formed at low pH, when liquid medium

containing 2.3 % of cassava starch was used. Higher or lower pH were undoubtedly effective on Lowry protein production.

When A21, A14 and B1 strains were cultured in various concentrations of $(NH_4)_2SO_4$, the results showed that the optimum concentration for protein production were 0.5, 1.0 and 0.5% respectively. The culturing of each strain at other various $(NH_4)_2SO_4$ concentrations gave a low Lowry protein production. The low Lowry protein yield was found when $(NH_4)_2SO_4$ concentration was lower than 0.5 %.

When the organisms were cultured at different temperature of 25°, 30°, 37°, 40° and 45° C, it was found that the B1 and A21 strain could be grown on solid cassava medium up to 40°C. The A14 strain could be grown on solid cassava starch medium up to 37°C, which observed in 2 days.

Effects of various concentrations of starch were studied and shown that A21 strain grew easily in the liquid medium containing 5.0 % cassava starch, 0.5 % $(NH_4)_2SO_4$, 0.2 % KH_2PO_4, pH 3.5 at 25°C for 6 days. Lowry protein concentration was 32.55 % and 71.61 gm. of total protein yield per 100 ml. of liquid medium. A14 strain was grown in the liquid medium containing 1.0 % cassava starch, 1.0 % $(NH_4)_2SO_4$, 0.2% KH_2PO_4 pH 5.0 at 25°C for two days. Lowry protein was 33.24 % and 3.99 gm. of total protein yield per 100 ml. of liquid medium. Again, B1 strain was grown in the liquid medium containing of 0.5 % cassava

starch, 0.5 % $(NH_4)_2SO_4$, 0.2 % KH_2PO_4, pH 3.5 for two days and Lowry protein was 34.25 %, 2.40 gm. of total protein yield per 100 ml. of liquid medium. Its was noted that when the amount of starch was increased there was a decreased in Lowry protein but the amount of total protein was increased. The ability to produce protein from cassava starch seems to vary with individual fungus and with the optimum starch concentration in the medium.

It was also noted that pellet size was varied a great deal. It appeared that the variation in pellet sizes depended on the above physiological conditions as well as concentration of starch. On the first and last days of fermentation, pellet size was quite small, measuring 2.0 mm. in diameter at optimized condition.

Amino acid analysis of the organism showed that Aspergillus niger, A14 and B1 strains contained sixteen of the amino acids except cystine with a low concentration of methionine, which are the characteristics of the normal fungal protein.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร อาจารย์ที่ปรึกษา

ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไววิทย์ พุทธารี ประธานกรรมการและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธพรรณ ตรีรัตน์และอาจารย์ ดร. พิจิตต รัตตกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อย่างสูง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี และขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาให้ได้รับเงินทุนสมเด็จพระมหิตลาธิเบศร อดุลยเดชวิกรม พระบรมราชชนก ประเภทเงินทุนการศึกษา และคณะกรรมการพิจารณาให้ทุนวิจัยของสถาบันสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ที่พิจารณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเรื่องนี้จนจบการศึกษา

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นางสาวอินทิวรา สุดออมสิน ซึ่งได้ลาวงลับไปแล้วที่ได้ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการถ่ายภาพจากกล้องจุลทัศน์ ขอขอบคุณอาจารย์วิทยา พงษ์บาลา ที่ได้กรุณาให้ยืมกล้องถ่ายภาพ และข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สรรเสริญ ทรัพย์โตษก และคุณชัชชัย สิมะสาธิตกุล แห่งแผนกวิชาชีวเคมี ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ และข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ส่งศรี กุลปรีชา ที่ได้กรุณาให้เชื้อรา และลูกแป้ง ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฑ

รายการกราฟประกอบ ..... ถ

บทที่

1. บทนำ 1

2. การสำรวจเอกสาร 3

3. วิธีการและอุปกรณ์ 16

4. ผลการทดลอง 32

5. วิจารณ์ผล 69

6. สรุป 77

เอกสารอ้างอิง 80

ภาคผนวก 92

ประวัติผู้เขียน 118

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

1. แสดงผลการแยกเชื้อ Aspergillus สายพันธุ์ต่าง ๆ จากลูกแป้งเชื้อหมักของโรงงานสุราแอลกอฮอร์ อยุธยา เชื้อหมักจากโรงงานเท้าเจี้ยว และจากห้องปฏิบัติการของบริษัท Tate and Lyte Limited 34

2. แสดงปริมาณของแป้งมันสำปะหลังโดยใช้แป้งมันสำปะหลังของบริษัทแป้งมันสำปะหลัง เอส อาร์ จำกัด เป็นค่ามาตรฐานของแป้งและใช้วิธีกรัมไอโอดีน หาปริมาณของแป้งแล้ววัดหาค่า OD ที่ความยาวช่วงคลื่น 620 นาโนมิเตอร์ 35

3. แสดงปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ได้จากเศษมันสำปะหลังโดยใช้สภาพต่าง ๆ เพื่อให้ได้ปริมาณแป้งพอเหมาะ โดยใช้เศษมันสำปะหลัง 150 กรัมต่อลิตร 38

4. แสดงค่า Absorbance ของ Bovine Serum Albumin (BSA) ที่ใช้เป็นมาตรฐานวัดค่าปริมาณลอรี่โปรตีน โดยใช้วิธีของ Lowry ที่ความยาวช่วงคลื่น 650 นาโนมิเตอร์ 40

5. แสดงค่า Absorbance ของ $(NH_4)_2SO_4$ โดยใช้เป็นมาตรฐานของการวัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธีของ Kjeldahl ที่ความยาวช่วงคลื่น 420 นาโนมิเตอร์ 42

* ตารางที่ 1 - 5 อยู่ในผลการทดลอง

* ตารางที่ 6 - 31 อยู่ใน ภาคผนวก

ตารางที่ หน้า

6. แสดงการเจริญเติบโต น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง pHสุดท้าย ปริมาณลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดของรา Aspergillus สายพันธุ์ A10ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.6 ในช่วงเวลา 8 วัน 92

7. แสดงการเจริญเติบโต น้ำหนัก pHสุดท้าย ปริมาณลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมด ในสายใยแห้งของรา Aspergillus (A14) เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pHเริ่มต้น 5.6 ในช่วงเวลา 8 วัน 93

8. แสดงปริมาณการเจริญเติบโต การสร้างโปรตีนและนอนโปรตีนในสายใยของ Aspergillus สายพันธุ์ต่าง ๆ 11สายพันธุ์เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.4 ในช่วงเวลา 2 วัน 94

9. แสดงการเจริญเติบโต การสร้างโปรตีนและนอนโปรตีนของ A. niger (A21) เลี้ยงในแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pHเริ่มต้นต่าง ๆ กัน 2.5, 3.5, 4.5, 5.0, 5.4 และ 6.0 ในช่วงเวลา 2 วัน 95

ตารางที่ หน้า

10. แสดงการเจริญเติบโต ขนาดเพลเล็ต pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของรา A. niger (A14) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่เป็นแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้นต่างกัน 2.5, 3.5, 4.5, 5.0, 5.4 และ 6.0 ในช่วงเวลา 2 วัน 96

11. แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้ายของรา A. niger (B1) เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้นต่าง ๆ กัน คือ 2.5, 3.5, 4.5, 5.0, 5.4 และ 6.0 ในช่วงเวลา 2 วัน 97

12. แสดงการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีนในสายใยแห้งของ Aspergillus niger (A21) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ ต่าง ๆ กัน 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0% และ KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 2 วัน 98

13. แสดงการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีน ในสายใยแห้งของ Aspergillus niger (A14) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ ต่าง ๆ กัน คือ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0% และ KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 2 วัน 99

ตารางที่ หน้า

14 แสดงการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีน ในสายใยแห้งของ Aspergillus niger (B1) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ ต่าง ๆ กัน คือ 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0% และ KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 2 วัน 100

15 แสดงความสามารถของรา Aspergillus niger สายพันธุ์ A21, A14 และ B1 ทนต่ออุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยเลี้ยงบนอาหารแข็งที่ประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% ในช่วงเวลา 2 วัน 101

16 แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pHสุดท้ายของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A21 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 0.5%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 102

17 แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pHสุดท้ายของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A21 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 103

18 แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pHสุดท้ายของ Aspergillus niger สายพันธุ์A21 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 104

ตารางที่ หน้า

19 แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้าย ของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A21 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 3.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 105

20 แสดงน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pHสุดท้าย ของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A21 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 106

21 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 0.5%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 107

22 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 108

23 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 109

ตารางที่ หน้า

24 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 3.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 110

25 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2% pHเริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 111

26 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 0.5%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 112

27 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีนและ นอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pHเริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 113

ตารางที่ หน้า

28 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีน และนอนโปรตีน ของ Aspergillus niger สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 114

29 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีนและนอนโปรตีน ของ Aspergillus niger สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 3.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 115

30 แสดงน้ำหนัก pH สุดท้าย ปริมาณโปรตีนและนอนโปรตีนของ Aspergillus niger สายพันธุ์ B1 เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 5.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 116

31 แสดงผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในสายใยแห้งของรา Aspergillus niger สายพันธุ์ A14 และ B1 เลี้ยงในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.4 ในช่วงเวลา 2 วัน 117

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	แสดงภาพเศษมันสำปะหลังที่เป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมันเส้นและแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดเพชรบุรี	17
2	ลูกแป้งชนิดต่าง ๆลูกแป้ง เหล้า ลูกแป้งข้าวหมาก ที่ใช้หมักในอาหารบางชนิด ที่รับประทานได้ของไทย ใช้เป็นแหล่งแยกเชื้อ Aspergillus	17
3	แสดงภาพของเชื้อหมักเต้าเจี้ยว สำหรับหมักทำซีอิ๊ว และเต้าเจี้ยวของไทย ซึ่งแยกได้ Aspergillus oryzae	18
4	เพลเล็ตที่อยู่ในอาหารหลังจากหมักได้ 2 วัน อาหารเหลวประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลัง $(NH_4)_2SO_4$ และ KH_2PO_4	22
5	แสดงภาพของสายใยแห้งของรา A. niger ภายหลังจากอบที่ 80 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	22
6	แสดงลักษณะ ซ่อสปอร์ของรา A. niger(B1) ซึ่งแยกได้จากลูก-แป้งแอลกอฮอร์ จงหวัดอยุธยา	33
7	แสดงลักษณะ ซ่อสปอร์ของรา A. niger(A14) ที่แยกได้จากลูกแป้งแอลกอฮอร์ของไทย	33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการกราฟประกอบ

กราฟที่ หน้า

1 แสดงกราฟมาตรฐานของแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้วิธีกรัมไอโอดีน วัดที่ความยาวช่วงคลื่น 620 นาโนมิเตอร์ 36

2 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของปริมาณลอรี่โปรตีน โดยวิธี Lowry โดยใช้ B.S.A. (Bovine Serum Albumin) เป็นมาตรฐานลอรี่โปรตีน วัดที่ความยาวช่วงคลื่น 650 นาโนมิเตอร์ 41

3 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อใช้เทียบค่าปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl ที่ความยาวช่วงคลื่น 420 นาโนมิเตอร์ 43

4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้ายที่เลี้ยงรา A. niger (A10) ในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.6 ในช่วงเวลา 8 วัน ... 45

5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้ายที่เลี้ยงรา A. niger (A14) ในสภาพที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% ในอาหารเหลว ในช่วงเวลา 8 วัน 46

กราฟที่ หน้า

6 จาก 11 สายพันธุ์ รา Aspergillus ที่แยกได้จากแหล่งอาหารที่ใช้รับประทานได้ คัดไว้ 3 สายพันธุ์ โดยวิธีหาปริมาณโปรตีนของ Lowry และวิธีของ Kjeldahl ราเลี้ยงในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, และ KH_2PO_4 0.2% pH 5.4 ในช่วงเวลา 2 วัน 48

7 แสดงปริมาณของลอรี่โปรตีน, เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดของ A.niger 3 สายพันธุ์ (A21, A14 และ B1) ที่ได้โดยเลี้ยงในอาหารเหลว ใช้ pH เริ่มต้นต่างๆ กัน 2.5, 3.5, 4.5, 5.0, 5.4, 6.0 และมีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% คงที่ ในช่วงเวลา 2 วัน 51

8 แสดงปริมาณลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และผลผลิตโปรตีนทั้งหมดของ A.niger 3 สายพันธุ์ (A21, A14 และ B1) ที่ได้โดยเลี้ยงในอาหารเหลวที่มี $(NH_4)_2SO_4$ ความเข้มข้นต่างกัน 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0 %, และมีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, KH_2PO_4 0.2% คงที่ ในช่วงเวลา 2 วัน 53

9 แสดงผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของ A. niger 3 สายพันธุ์ (A21, A14 และ B1) บนอาหารแข็งที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3% ในช่วงเวลา 2 วัน 55

กราฟที่ หน้า

10 แสดงผลผลิตโปรตีนทั้งหมด ลอรี่โปรตีนของ A. niger (A21) ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5, 1.0, 2.3, 3.0, 5.0 % และคงที่ ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% pH 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 57

11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณลอรี่โปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน และ pH สุดท้ายที่เลี้ยงรา A. niger (A21)ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 5.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 58

12 แสดงลอรี่โปรตีนและผลผลิตโปรตีนทั้งหมดของ A. niger (A14) ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5, 1.0, 2.3, 3.0, 5.0% และคงที่ ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 60

13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณลอรี่โปรตีน เคดาวน์โปรตีน นอนโปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมดและ pH สุดท้ายที่เลี้ยงรา A. niger (A14)ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 1.0%, $(NH_4)_2SO_4$ 1.0%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 5.0 ในช่วงเวลา 6 วัน 61

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

กราฟที่ หน้า

14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ลอรี่โปรตีน เคตาวน์โปรตีน ผลผลิตโปรตีนทั้งหมด และ pH สุดท้ายที่เลี้ยงรา A. niger(B1) ในอาหารเหลวที่เหมาะสม โดยมีแป้งมันสำปะหลัง 0.5%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2% และ pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 64

15 แสดงผลผลิตโปรตีนทั้งหมดและลอรี่โปรตีนที่เลี้ยงรา A. niger(B1) ในอาหารเหลว 100 มล. ของแป้งมันสำปะหลังต่าง ๆ กัน 0.5, 1.0, 2.3, 3.0, 5.0% และคงที่ $(NH_4)_2SO_4$ 0.5%, KH_2PO_4 0.2%, pH เริ่มต้น 3.5 ในช่วงเวลา 6 วัน 65

16 แสดงชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ในสายใยแห้งของรา A. niger สายพันธุ์ A14 และ B1 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลัง 2.3%, $(NH_4)_2SO_4$ 0.5% และ KH_2PO_4 0.2% ในช่วงเวลา 2 วัน 67