

การย่อแบ่งด้วยเข็มนาฬิกาที่ถูกต้อง



นางสาววาสนา แสงพิทักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

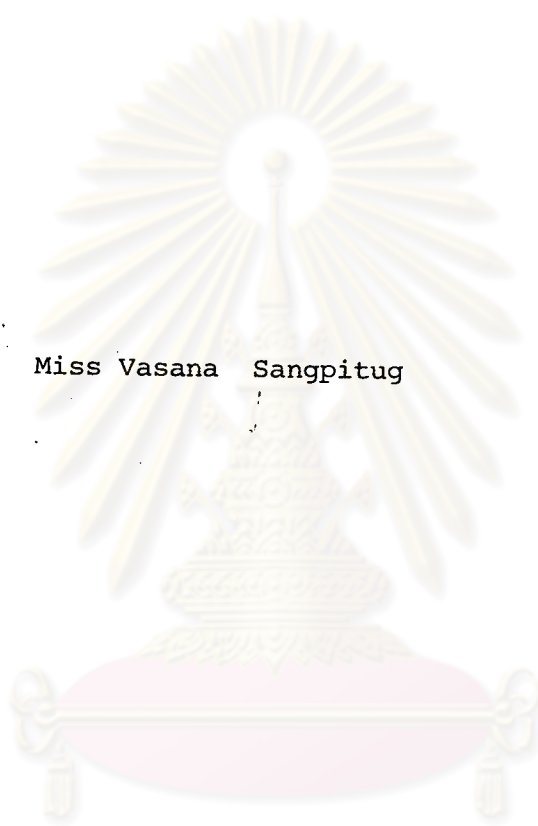
พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-922-8

013201

17356210

Starch Hydrolysis by Immobilized Fungi



Miss Vasana Sangpitug

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Microbiology

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ที่ถูกต้อง

โดย

นางสาววาสนา แสงพิทักษ์

ภาควิชา

จุลชีววิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลจุบล

ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี พิษณุางกูร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปันพานิชการ)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลจุบล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การย่อยแป้งด้วยเชื้อราที่ถูกต้อง
ชื่อผู้ผลิต นางสาววาสนา แสงพิทักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล
 ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ
ภาควิชา จุลชีววิทยา
ปีการศึกษา 2528



บทคัดย่อ

ในการคัดเลือกเชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยแป้ง โดยวิธีทดสอบประสิทธิภาพ ในการย่อยแป้งมันสำปะหลังสุกของเชื้อราที่ถูกต้อง พบว่า Aspergillus oryzae จาก โรงงานสุรา จังหวัดชลบุรี และ Rhizopus sp. จากโรงงานสุรา จังหวัดนครปฐม มีความสามารถในการย่อยแป้งสูง เมื่อเทียบกับเชื้อราสายพันธุ์อื่น ๆ ที่เลี้ยงภายใต้สภาวะเดียวกัน การใช้เชื้อที่ถูกต้องของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดร่วมกันในการย่อยแป้งมันสำปะหลังสุก และแป้งมันสำปะหลังดิบจะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการย่อยโดยใช้เชื้อเดี่ยว เมื่อตรวจสอบชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยแป้งมันสำปะหลังของเชื้อราดังกล่าวโดยวิธีโครมาโตกราฟีกระดาษ พบว่า Aspergillus oryzae ย่อยแป้งสุกได้กลูโคส มอลโตส และมอลโตไตรโอส และย่อยแป้งดิบได้กลูโคสอย่างเดียว ส่วน Rhizopus sp. หรือเชื้อราทั้ง 2 ชนิดร่วมกันจะย่อยแป้งดิบและแป้งสุกได้กลูโคสอย่างเดียวกัน

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์ของ Aspergillus oryzae และ Rhizopus sp. พบว่า การตรึงโดยใช้จำนวนสปอร์ 10^8 สปอร์ต่อ 100 มล. ของโซเดียม-อัลจีเนต ชนิด 300 cps. ที่มีความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ จะให้เซลล์ที่ถูกต้องที่มีความสามารถในการย่อยแป้ง และสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเซลล์ที่ถูกต้องให้ได้เซลล์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้ง ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลัง 4.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอน และ แอมโมเนียมซัลเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งไนโตรเจนจากสารอนินทรีย์ โดยใช้กากหัวเหลือง 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 4.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งไนโตรเจนจากสารอินทรีย์สำหรับเซลล์ที่ถูกต้องที่ใช้ในการย่อยแป้งและแป้งดิบ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังต้องการโปแตสเซียมไดไฮโดรเจน-

พอลิเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมซัลเฟต 0.1 เปอร์เซ็นต์ เฟอร์รัสซัลเฟต 0.005 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมคลอไรด์ 0.735 เปอร์เซ็นต์อีกด้วย ความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ Aspergillus oryzae และ Rhizopus sp. ที่ถูกต้องคือ 5.5 และ 4.0 ตามลำดับ ส่วนช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเลี้ยง เชลที่ถูกตรึงให้มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งสูงคือ 52 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมของน้ำแป้งสุกและดิบที่ย่อยโดย Aspergillus oryzae และ Rhizopus sp. คือ 3.5 และ 4.5 ตามลำดับ และประสิทธิภาพของเชล Aspergillus oryzae ที่ถูกต้องในการย่อยแป้งมันสำปะหลังสุกและแป้งมันสำปะหลังดิบซึ่งมีความเข้มข้นของแป้ง 1.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส คือ 6.7 มก.ต่อ มล. และ 3.65 มก.ต่อ มล. ส่วนเชล Rhizopus sp. ที่ถูกต้องจะย่อยแป้งมันสำปะหลังสุกและแป้งมันสำปะหลังดิบได้ 10.1 มก.ต่อ มล. และ 4.4 มก.ต่อ มล. ตามลำดับ ที่สภาวะเดียวกัน

การศึกษาความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเนื่องของเชล Rhizopus sp. ที่ถูกต้อง โดยใช้หอปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเชชั่น ซึ่งมีปริมาตรทำงาน 1200 มล. โดยบรรจุเชลที่ถูกตรึงปริมาตร 600 มล. ลงในหอปฏิกิริยา แล้วผ่านน้ำแป้งสุกที่มีความเข้มข้นของแป้ง 1.0 เปอร์เซ็นต์ เข้าไปในหอปฏิกิริยาด้วยความเร็ว 100 มล.ต่อ ชม. ผ่านอากาศที่ปลอดเชื้อ เข้าทางด้านล่างของหอปฏิกิริยาจนกระทั่ง เม็ดเชลที่ถูกตรึงหมุนเวียนตลอดทั้งหอกทดลองในลักษณะที่เรียกว่าฟลูอิดโตเชชั่น พบว่าเชล Rhizopus sp. ที่ถูกต้องจะย่อยแป้งได้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ได้น้ำตาลรีดิวส์ 9.8 มก.ต่อ มล. และความสามารถในการย่อยแป้งจะลดลงครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 5 วัน ในกรณีที่ไม่มีสารเติมสารอาหารไนโตรเจนและเกลือแร่ให้แก่เชล แต่ถ้ายึดเติมสารอาหารไนโตรเจนอนินทรีย์และเกลือแร่ที่ใช้สำหรับเลี้ยงเชลที่ถูกตรึงให้มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งสูงลงในหอปฏิกิริยาทุก ๆ 3 วัน พบว่า เชลที่ถูกตรึงจะสามารถรักษาประสิทธิภาพในการย่อยแป้งให้คงที่จนถึงวันที่ 6 และต่อมาความสามารถในการย่อยแป้งของเชลจะค่อย ๆ ลดลงจนเหลือครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 10 วัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เชลที่ถูกตรึงจะย่อยแป้งได้ 80 เปอร์เซ็นต์ได้น้ำตาลรีดิวส์ 13 มก.ต่อ มล. และความสามารถในการย่อยแป้งจะค่อย ๆ ลดลงจนเหลือ 50 % ของความสามารถในการย่อยวันแรกในวันที่ 8

Thesis title Starch Hydrolysis by Immobilized Fungi
Name Miss Vasana Sangpitug
Thesis Advisor Associate Professor Naline Nilubol
 Professor Somsak Damronglerd
Department Microbiology
Academic Year 1985



Abstract

Fungal strains, capable to hydrolyze starch, were isolated from the fermentation mash obtaining from brewing factories. Among these isolates, Aspergillus oryzae and Rhizopus sp. showed the highest activity when their immobilized cells were tested for the ability to hydrolyze cooked and raw starch. The products produced by Aspergillus oryzae were identified as glucose, maltose and maltotriose when cooked starch was used as the substrate but only glucose was obtained when the fungus hydrolyzed raw starch. The hydrolysis of cooked and raw starch using Rhizopus sp. or the mixed-culture of the two fungi also yielded glucose.

The best immobilized cells of both fungi were prepared by entrapping the spores in sodium alginate 300 cps. gel beads using 10^8 spores per 100 ml of 1 % sodium alginate, then the entrapped spore-particles were cultivated in the suitable medium for 52 hours at 30°C . The cultivation medium giving the most active cells for hydrolyzing cooked starch was composed of 4 % cassava starch, 0.3% ammonium citrate, 1 % soy bean meal, 0.2 % KH_2PO_4 , 0.1 % MgSO_4 , 0.005 % FeSO_4 and 0.735 % CaCl_2 . For the preparation of the cells using to hydrolyze raw starch, 4 % of soy bean was added to the above cultivation medium. The optimum initial pH

for the cultivation of immobilized Aspergillus oryzae and Rhizopus sp. were 5.5 and 4.0 respectively.

Immobilized cells of Aspergillus oryzae hydrolyzed 1 % of cooked or raw starch yielding 6.7 mg/ml and 3.65 mg/ml of reducing sugar respectively. The optimal pH for the hydrolysis was 3.5. The immobilized Rhizopus sp. cells gave higher starch hydrolyzing activity, it hydrolyzed cooked or raw starch at pH 4.5 yielding 10.1 mg/ml and 4.4 mg/ml of reducing sugar respectively.

Continuous hydrolysis was studied in fluidized bed column using immobilized cells of Rhizopus sp. One thousand and two hundred milliliters column was loaded with 600 ml of packed immobilized cells. Continuous hydrolysis was performed by feeding the solution of 1 % cooked cassava starch at the flow rate of 100 ml per hour and sterile air was bubbling into the reactor for fluidization of the entrapped cells. Immobilized Rhizopus sp. cells hydrolyzed 90 % of starch and 9.8 mg/ml of reducing sugar was obtained. The activity of the immobilized cells was reduced to 50 % of the original activity within 5 days but it can be restored when the mixture of ammonium citrate and minerals using in cultivation medium was added into the reactors every 3 days. By adding ammonium citrate and minerals as described above, the original activity can be maintained for only 6 days. After that period the activity was remained at the tenth day of the reaction. When the concentration of cassava starch was increased to 1.5 %, the immobilized cells could hydrolyze 80 % of starch yielding 13 mg/ml of reducing sugar at the first day and decreased to 40 % within 8 days.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน ธิลฉอุบล โดยได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา รวมทั้งแนวความคิดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้อย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ออกแบบ และสร้างหอปฏิบัติการที่ใช้ในการทดลองนี้ ตลอดจนตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาจุลชีววิทยา และขอบคุณ พี่, เพื่อน, น้อง, รวมทั้ง เจ้าหน้าที่ ภาควิชาจุลชีววิทยาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสำหรับทำการวิจัย ตลอดจน เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำ วิทยานิพนธ์นี้.

वासना แสงพิทักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
สารบัญตาราง	ถ
คำย่อ	ท
บทที่	
1 บทนำ	1
2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง	12
3 ผลการทดลอง	25
4 อภิปรายผลการทดลอง	106
5 สรุปผลการทดลอง	120
บรรณานุกรม	123
ภาคผนวก	135
ประวัติ	139

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงการตรึง เอนไซม์แบบต่าง ๆ	6
2.1 แสดงวิธีการตรึงสปอร์ของราในแคลเซียมอัลซิเนต	14
2.2 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเชียน ทิศทางการไหลเข้าออกของน้ำแบ่งที่ใช้เป็นสารตั้งต้น, ผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้น และอากาศที่ไหลเข้าออก	21
2.3 แสดงภาพถ่ายของห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเชียนที่บรรจุเซลล์ของ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึง ทิศทางการไหลเข้าออกของน้ำแบ่งที่เป็น สารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และอากาศที่ไหลเข้าออก	22
3.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ กันที่ตรวจพบ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเซลล์ของ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ตรึงใน แคลเซียมอัลซิเนต	28
3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เวลาต่าง ๆ กัน ที่ตรวจพบ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเซลล์ของ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงใน แคลเซียมอัลซิเนต	29
3.3 แสดงลักษณะของเซลล์ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงใน แคลเซียมอัลซิเนต เมื่ออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ	30
3.4 แสดงลักษณะเม็ดเจลของ <u>Aspergillus oryzae</u> ก่อนและหลัง การงอกของสปอร์	31
3.5 แสดงลักษณะของเซลล์ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในแคลเซียมอัลซิเนต เมื่ออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ	32
3.6 แสดงลักษณะเม็ดเจลของ <u>Rhizopus</u> sp. ก่อนและหลังการงอกของ สปอร์	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และกลูโคส ที่ได้จากการย่อยแป้งลูก ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเซลล์ที่ถูกตรึงในระยะเวลา ต่าง ๆ กัน 34
3.8	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และกลูโคส ที่ได้จากการย่อยแป้งดิบ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเซลล์ที่ถูกตรึงในระยะเวลา ต่าง ๆ กัน 35
3.9	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และกลูโคส ที่ได้จากการย่อยแป้งลูก ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเอนไซม์ ที่สกัดจาก <u>Aspergillus oryzae</u> และ <u>Rhizopus</u> sp. 36
3.10	แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และกลูโคส ที่ได้จากการย่อยแป้งดิบ ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเอนไซม์ ที่สกัดจาก <u>Aspergillus oryzae</u> และ <u>Rhizopus</u> sp. 37
3.11	แสดงผลของการหาชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้ง - มันสำปะหลังลูก 38
3.12	แสดงผลของการหาชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้ง - มันสำปะหลังดิบ 39
3.13	แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งลูกของเซลล์ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ตรึงด้วยโซเดียมอัลจีเนตชนิด 300 cps. และ 500 cps. 41
3.14	แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งดิบของเซลล์ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ตรึงด้วยโซเดียมอัลจีเนตชนิด 300 cps. และ 500 cps. 42
3.15	แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งลูกของเซลล์ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ตรึงด้วย โซเดียมอัลจีเนตชนิด 300 cps. และ 500 cps. 43

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งดิบของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ตรึงด้วยโซเดียมอัลจีเนตชนิด 300 cps. และ 500 cps.	44
3.17 แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งสุกของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงเมื่อผันแปรความเข้มข้นของโซเดียมอัลจีเนต	45
3.18 แสดงประสิทธิภาพการย่อยแป้งดิบของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง เมื่อผันแปรความเข้มข้นของโซเดียมอัลจีเนต	46
3.19 แสดงประสิทธิภาพในการย่อยแป้งสุกของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึง เมื่อผันแปรความเข้มข้นของโซเดียมอัลจีเนต	47
3.20 แสดงประสิทธิภาพในการย่อยแป้งดิบของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึง เมื่อผันแปรความเข้มข้นของโซเดียมอัลจีเนต	48
3.21 แสดงประสิทธิภาพในการย่อยแป้งสุกของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึง เมื่อผันแปรปริมาณสปอร์ที่ถูกตรึง	49
3.22 แสดงประสิทธิภาพในการย่อยแป้งดิบของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึง เมื่อผันแปรปริมาณสปอร์ที่ถูกตรึง	50
3.23 แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งสุก โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลง ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง	53
3.24 แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลง ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง	54
3.25 แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งสุก โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลงในสูตรอาหาร ที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.26	แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลงใน สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 56
3.27	แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งลูก โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลง ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 58
3.28	แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลง ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 59
3.29	แสดงประสิทธิภาพของ เชล <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งลูก โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ที่เติมลงในสูตรอาหาร ที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 60
3.30	แสดงประสิทธิภาพของ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันชนิดของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ ที่เติมลงในสูตรอาหาร ที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 61
3.31	แสดงประสิทธิภาพของ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งลูก โดยแปรผันปริมาณกากถั่วเหลืองที่ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนในสูตรอาหาร ที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 62
3.32	แสดงประสิทธิภาพของ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณกากถั่วเหลืองที่ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชลที่ถูกตรึง 63

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.33	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งสูก โดยแปรผันปริมาณกากตัว เหลืองที่ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 64
3.34	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณกากตัว เหลืองที่ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 65
3.35	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งสูก โดยแปรผันปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็น แหล่งคาร์บอนในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 66
3.36	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแหล่ง คาร์บอนในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 67
3.37	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งสูก โดยแปรผันปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนใน สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 68
3.38	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึง 69
3.39	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งสูก โดยแปรผันแอมโมเนียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 71

ลํารับัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.40	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตใน สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 72
3.41	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งลูก โดยแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้ เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 73
3.42	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้ เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 74
3.43	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงใน การย่อยแป้งลูก โดยแปรผันปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 75
3.44	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงใน การย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 76
3.45	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งลูก โดยแปรผันปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในสูตร อาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 77
3.46	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบโดยแปรผันปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในสูตร อาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง 78

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.47	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งลูก โดยแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง	79
3.48	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง	80
3.49	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งลูก โดยแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง ..	81
3.50	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อ ที่ถูกตรึง	82
3.51	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งลูก โดยแปรผันความเป็นกรดต่างของอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อ ที่ถูกตรึง	83
3.52	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งดิบ โดยแปรผันความเป็นกรดต่างของอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อ ที่ถูกตรึง	84
3.53	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งลูก โดยแปรผันความเป็นกรดต่างของอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง ..	85
3.54	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ โดยแปรผันความเป็นกรดต่างของอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อที่ถูกตรึง ..	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.55	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งสูก เมื่อแปรผันความเป็นกรดต่างของสารละลายน้ำแป้ง	88
3.56	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึงในการ ย่อยแป้งดิบ เมื่อแปรผันความเป็นกรดต่างของสารละลายน้ำแป้ง	89
3.57	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งสูก เมื่อแปรผันความเป็นกรดต่างของสารละลายน้ำแป้ง	90
3.58	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งดิบ เมื่อแปรผันความเป็นกรดต่างของสารละลายน้ำแป้ง	91
3.59	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งสูก เมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยแป้ง	92
3.60	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> ที่ถูกตรึง ในการย่อยแป้งดิบ เมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยแป้ง	93
3.61	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อย แป้งสูก เมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยแป้ง	94
3.62	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Rhizopus</u> sp. ที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งดิบ เมื่อแปรผันอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยแป้ง	95
3.63	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อที่ถูกตรึงในการย่อยแป้งสูก ภายหลังจากปรับสภาวะ ของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ถูกตรึงให้เหมาะสม	96
3.64	แสดงประสิทธิภาพของเชื้อ <u>Aspergillus oryzae</u> และ <u>Rhizopus</u> sp. ในการย่อยแป้งสูกที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยนำเชื้อ ที่ถูกตรึงกลับมาใช้ใหม่ โดยทุก ๆ 24 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำแป้งที่ใช้ในการ ย่อยออกและใส่น้ำแป้งใหม่แทน	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.65	100
<p>แสดงความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเฟืองของ เซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน โดยไม่มีการเติมสารอาหารให้กับ เซลล์ตลอดการทดลอง</p>	
3.66	101
<p>แสดงความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเฟืองของ เซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน โดยเติมสารอาหารไนโตรเจน และเกลือแร่ให้แก่เซลล์ แล้วถ่ายเอาของเหลวในห่อปฏิกิริยาออก หลัง 12 ชั่วโมง</p>	
3.67	102
<p>แสดงความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเฟืองของ เซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน โดยเติมสารอาหารไนโตรเจน และเกลือแร่ให้แก่เซลล์หลังวันที่ 3 ของการทดลอง และเติมอย่าง สม่ำเสมอทุก ๆ 3 วัน</p>	
3.68	103
<p>แสดงความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเฟืองของ เซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน เมื่อแปรผันความเข้มข้นของ โซเดียมอัลลิเนตที่ใช้ในการตรึงสปอร์</p>	
3.69	104
<p>แสดงความสามารถในการย่อยแป้งแบบต่อเฟืองของ เซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน เมื่อแปรผันความเข้มข้นของน้ำแป้ง ที่ผ่านเข้าสู่ห่อปฏิกิริยาเพื่อใช้ในการย่อย</p>	
3.70	105
<p>แสดงผลการหาชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งโดยเซลล์ที่ถูกตรึง ในห่อปฏิกิริยาแบบฟลูอิดโตเซชัน</p>	

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

3.1	แสดงการงอกของสปอร์ <u>Aspergillus oryzae</u> และ <u>Rhizopus</u> sp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เมื่อแปรผันชนิดของ แหล่งอาหารไนโตรเจน	52
-----	---	----



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มม.	=	มิลลิเมตร
ซม.	=	เซนติเมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย