เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องสำหรับการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังโดยการหมักอาหารแข็ง

นางสาว ณัฐวรรณ โพธาวาณิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-909-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016394

I10802116

Continuous Bioreactor for Protein Enhanced Cassava by Solid State Fermentation

Miss. Nuttawan Phothawanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Program Biotechnology

Graduate school

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-576-909-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องสำหรับการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังโดยการหมักอาหารแข็ง

โดย นางสาวณัฐวรรณ โพธาวาณิช

หลักสูตร เทคโนโลยีทางชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ชาวิวรรธน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

ณัฐวรรณ โพธาวาณิช : เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องสำหรับการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังโดยการหมักอาหารแข็ง (CONTINUOUS BIOREACTOR FOR PROTEIN ENHANCED CASSAVA BY SOLID STATE FERMENTATION) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.เพียรพรรค ทัศคร , 101 หน้า , ISBN 974-576-909-6

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างพร้อมทั้งทดสอบเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง สำหรับการเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลังโดยการหมักอาหารแข็งด้วย Rhizopus oligosporus TISTR 3001 (NRRL 2710) โดยศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มโปรตีนในเครื่องปฏิกรณ์นี้ พร้อมทั้งดูความเป็นไปได้ที่จะนำไปขยายเป็นระดับโรงงานนำร่อง

เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องนี้ได้ออกแบบให้ใช้สำหรับการหมักอาหารแข็ง ในที่นี้ใช้สำหรับการเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลัง เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้เป็นแบบสายพานลำเลียง มีหน่วยปฏิบัติการ 4 ส่วนคือ (1) หน่วยทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ปะปนมากับมันสำปะหลังดิบ และทำให้มันสำปะหลังสุก (2) หน่วยลดความชื้นมันสำปะหลังให้เหลือประมาณ 50 - 55 % (3)หน่วยเติมสปอร์ของเชื้อรา และเติมสารอาหาร (4) หน่วยหมักและการให้อากาศร้อนชื้น ระบบสายพานลำเลียงประกอบด้วยสายพาน 2 เส้นประกบกัน มันสำปะหลังดิบจะถูกป้อนเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างสายพาน

ผลการศึกษาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องโดยวิธีการหมักอาหารแข็ง เพื่อเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลัง ปรากฏว่าสามารถเพิ่มโปรตีนจาก 2 % เป็น 11 % เมื่อมีการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ดังนี้

- ปริมาณไอน้ำ (Steam) 0.03 กิโลกรัม/วินาที/กิโลกรัม มันแห้ง
- ปริมาณลมร้อน 1.15 m^3/วินาที/กิโลกรัม มันแห้ง
- ปริมาณสปอร์เริ่มต้น 2.5×10^6 สปอร์/กรัม มันแห้ง
- ความสูงของชั้นหมัก ประมาณ 6 มิลลิเมตร
- อัตราการให้อากาศชื้น 0.79×10^{-4} m^3/วินาที/กิโลกรัมมันแห้ง
- ระยะเวลาในการหมัก 30 ชั่วโมง
- อุณหภูมิที่ใช้หมัก 37 °ซ
- ขนาดของชิ้นมันสำปะหลัง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร

ภาควิชา...เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา..เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา...2532.....

NUTTAWAN PHOTHAWANIT : CONTINUOUS BIOREACTOR FOR PROTEIN ENHANCED CASSAVA BY SOLID STATE FERMENTATION. THESIS ADVISOR: PIENPAK TASAKORN , Ph.D. , 101 pp., ISBN 974-576-909-6

The objective of this study is : to design , construct , and carry out a performance test of a continuous bioreactor for the production of protein enhanced cassava by fungal solid state fermentation using Rhizopus oligosporus TISTR 3001 (NRRL 2710). The optimum conditions for protein enhancement of cassava in the bioreactor are determined. In addition the possibility to further design a pilot scale production unit has been investigated.

The bioreactor , designed specifically for solid state fermentation , is a belt conveying system consisting of 4 units : (1) sterilization unit: for the elimination of microorganisms and to gelatinize casava; (2) dehumidification unit:to reduce the moisture content of cassava to 50 - 55 % (wet basis); (3) inoculation unit: for the inoculation of fungal spores and add nutrients ; (4) fermentation unit: to ferment cassava in warm and humid air. The conveying system has 2 belts placed close together by which raw cassava is fed into the gap between the belts.

It is found that the protein content of cassava is increased from 2 % to 11 % and the operating conditions are as follows :-

- the steam consumption is 0.03 kg/sec/kg dry cassava.
- the flow-rate of hot air is 1.15 m^3/sec/kg dry cassava.
- the inoculum size is 2.5×10^6 spores/g dry cassava.
- the substrate height is 6 mm
- the aeration rate is 0.79×10^{-4} m^3/sec/kg dry solid.
- the fermentation time is 30 hr
- the fermentation temperature is 37 °C
- the size of particle is 3 mm

ภาควิชา...เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา..เทคโนโลยีทางชีวภาพ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา...2532.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และให้แนวความคิดอย่างดียิ่งในการทำวิทยานิพนธ์นี้ตลอดเวลา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุเทพ ธนียวัน, รศ.ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และ ผศ.วินิจ ขำวิวรรธน์ ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในคณะกรรมการบริหารหลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแนวความคิดตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ทองลิมป์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี และอาจารย์ ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และโลหะวิทยา ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อ สถานที่ อุปกรณ์ และให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของทั้งสองภาควิชาฯ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้อนุมัติให้เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรนี้

ขอขอบคุณ คุณสัญชิต พูลทรัพย์ และ คุณคันธศักดิ์ เรืองสุวรรณ ตลอดจนนักศึกษาท่านอื่น ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ญ
สารบัญตาราง ..... ฏ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย 2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3
2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง 5
2.1 แหล่งกำเนิด 5
2.2 องค์ประกอบทางเคมี 6
2.3 การแปรรูปมันสำปะหลัง 11
2.3.1 การผลิตแป้งมันสำปะหลัง 12
2.3.2 การผลิตมันเส้น 13
2.3.3 การผลิตมันอัดเม็ด 13
2.3.4 การผลิตยีสต์โปรตีนจากมันสำปะหลัง 14
3 การควบคุมจุลินทรีย์ทางกายภาพ 15
3.1 ความร้อน 15
3.2 การกรอง 20
3.3 รังสี 21

บทที่		หน้า
4	ระบบการหมักอาหารแข็ง	23
	4.1 กระบวนการหมักอาหารแข็ง	23
	4.2 การออกแบบระบบการหมักอาหารแข็ง	27
	4.3 กระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง	28
	4.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักอาหารแข็ง	29
	4.5 การออกแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง	30
5	อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง	36
	5.1 ชนิดของจุลินทรีย์และวิธีการเก็บรักษา	36
	5.2 การเตรียมสปอร์ของ R.oligosporus	36
	5.3 การเตรียมชิ้นมันสำปะหลังที่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก	36
	5.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลัง	37
	5.5 การดำเนินการทดลองการหมักมันสำปะหลังในกล่องหมัก	38
	5.6 การสร้างเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง และประกอบอุปกรณ์ควบคุมสภาวะต่าง ๆ	40
	5.6.1 เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพชุดแรก	40
	5.6.2 เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพชุดที่สอง	44
	5.7 การดำเนินการทดลองการหมักมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ	51
	5.8 การวิเคราะห์โปรตีน และ ปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง	51
	5.9 การคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลัง	53
	5.10 อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง	53
6	ผลการทดลอง	54
	6.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลัง	
	(1) การทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อน และเปลี่ยนสภาพของวัตถุดิบ	54
	(2) การหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ชิ้นมันสำปะหลังอยู่ในน้ำร้อน ที่มีอุณหภูมิ 80°ซ , 85°ซ , 90°ซ , 100°ซ. กับปริมาณความชื้นของชิ้นมันสำปะหลัง	59

บทที่ หน้า

(3) การหาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งชั้นมันสำปะหลังในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลขนานกับชั้นมันและมีอุณหภูมิ 70°ซ , 80°ซ , 90°ซ , 100°ซ 61

(4) การหาระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งชั้นมันสำปะหลังในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชั้นมันและมีอุณหภูมิ 70°ซ, 80°ซ , 90°ซ , 100°ซ 61

6.2 การเพิ่มปริมาณโปรตีนของชั้นมันสำปะหลังที่หมัก ในกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ 71

6.3 การเพิ่มปริมาณโปรตีนของชั้นมันสำปะหลังที่หมัก ในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง 72

6.4 การคำนวณเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการเพิ่มโปรตีนให้กับมันสำปะหลัง ในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง 73

7 อภิปรายผลการทดลอง 77

8 สรุปผลการทดลอง 80

เอกสารอ้างอิง 83

ภาคผนวก

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อ 87

ข. อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง 89

ค. โปรแกรมภาษาเบสิก การเพิ่มปริมาณโปรตีน 90

ง. รูปแสดงผลการทดลอง 93

ประวัติผู้เขียน 101

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงส่วนประกอบหม้อนึ่งความดัน	18
3.2	แสดงรูปตู้อบ (oven)	18
3.3	Tnymine dimer	22
4.1	แสดงส่วนประกอบของ drum fermenter	25
4.2	แสดงกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องของเอทานอลจากหัวผักกาด	28
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับเวลา	36
5.1	แสดงกล่องหมักระดับห้องปฏิบัติการ	39
5.2	แสดงแผนผังการทำงานเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องชุดแรก	41
5.3	แสดงแผนผังการทำงานเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่องชุดที่สอง	47
5.4	แสดงเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบต่อเนื่อง	49
5.5	แสดงพัดลมเป่าอากาศร้อน	49
5.6	แสดงเครื่องผลิตอากาศร้อนชื้นและเครื่องควบคุมอัตราการไหลของอากาศ	50
5.7	แสดงมอเตอร์และเฟืองทดรอบ	50
6.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 70°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน	93
6.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 80°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน	94
6.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 90°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน	95
6.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 100°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลขนานกับชิ้นมัน	96
6.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 70°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน	97

รูปที่ หน้า

6.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 80°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน..... 98

6.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 90°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน..... 99

6.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง(%)ปริมาณความชื้นของชิ้นมันกับเวลาที่อุณหภูมิ 100°ซ ในเครื่องอบแห้งแบบถาด ลมร้อนไหลตั้งฉากกับชิ้นมัน..... 100

6.9 แสดงมันสำปะหลังโปรตีนสูง ในขณะที่ออกจากเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ..... 72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงส่วนประกอบของหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือก..... 7

2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก..... 8

2.3 แสดงส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรทในมันสำปะหลังรวมทั้งเปลือก..... 8

2.4 แสดงปริมาณของ amylose และ amylopectin ในแป้งมันสำปะหลัง..... 9

2.5 แสดงกรรมวิธีต่างๆ ในการลดกรดไฮโดรไซยานิค..... 10

3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันของไอน้ำในหม้อนึ่งความดัน..... 16

3.2 ผลของสารอาหาร (medium) ที่มีผลต่อ Thermal death point ของ.....

Escherichia coli..... 20

6.1 ถึง 6.3 ตารางแสดงผลการทดลอง..... 54-72

คำย่อและสัญลักษณ์

มก	=	มิลลิกรัม
กก	=	กิโลกรัม
ม^3	=	ลูกบาศ์กเมตร
ซม^2	=	ตารางเซนติเมตร
มล	=	มิลลิเมตร
^{o} ซ	=	องศาเซลเซียส
%	=	ร้อยละ
/	=	ต่อ
g	=	กรัม
kg	=	กิโลกรัม
sec	=	วินาที
m^3	=	ลูกบาศ์กเมตร
mm	=	มิลลิเมตร
^{o} C	=	องศาเซลเซียส