

ผลของความเป็นกรดต่าง และ การเจือจางความเข้มข้นของยีสต์หลังการย่อย  
สลายตัวเองต่อการถ่ายโอนความคมจากสเปนท์บริวเวอรี่สต์



นาย ชวงศ์ พงษ์หิรัญเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF PH AND YEAST AUTOLYSATE DILUTION ON BITTERNESS TRANSFER  
FROM SPENT BREWER'S YEAST

Mr. Choowong Ponghirunjaroen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments  
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

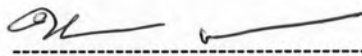
Copyright of Chulalongkorn University

491754

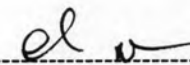
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของความเป็นกรดต่าง และ การเจือจางความเข้มข้นของยีสต์หลังการ  
 ย่อยสลายตัวเองต่อการถ่ายโอนความคมจากสเปนท์บิวเวอร์ยีสต์  
 โดย นาย ชวงค์ พงษ์หิรัญเจริญ  
 สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี  
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์

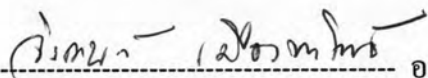
---

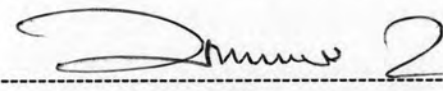
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
 หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

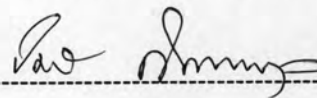
  
 ----- คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
 (ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

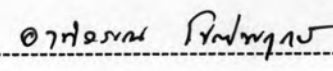
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
 ----- ประธานกรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิจิตรา จงวิศาล)

  
 ----- อาจารย์ที่ปรึกษา  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์)

  
 ----- กรรมการ  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. มานพ สุพรรณธริกา)

  
 ----- กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

  
 ----- กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิวรรณ โชติพิถกษ์)

ชวงศ์ พงษ์หิรัญเจริญ : ผลของความเป็นกรดต่าง และการเจือจางความเข้มข้นของยีสต์หลังการย่อย  
 สลายตัวเองต่อการถ่ายโอนความขมจากสเปนท์บรีวเวอรียีสต์ (EFFECT OF PH AND YEAST  
 AUTOLYSATE DILUTION ON BITTERNESS TRANSFER FROM SPENT  
 BREWER'S YEAST) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.จिरกานต์ เมืองนาโพธิ์, 120 หน้า.

ในปัจจุบันมีการนำเอาสิ่งที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาพัฒนา เพื่อเพิ่มมูลค่าของสิ่งเหล่านี้ให้  
 มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์มีสเปนท์บรีวเวอรียีสต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการ  
 สามารถนำมาผลิตเป็นยีสต์สกัดได้ แต่ปัญหาสำคัญที่พบคือความขมที่ติดด้วยยีสต์มาจากโรงงานเบียร์ งานวิจัยนี้จึง  
 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเป็นกรดต่าง (5.5 และ 6) และการเจือจางความเข้มข้นของยีสต์หลังการ  
 ย่อยสลายตัวเอง (9 11 และ 15 % โดยน้ำหนัก) ต่อการโอนถ่ายความขมจากสเปนท์บรีวเวอรียีสต์ที่อุณหภูมิ 50  
 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจากผลได้ของโปรตีน ผลได้ของกรดอะมิโนที่มีปริมาณมากๆ และความขมที่มี  
 ปริมาณน้อยๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตยีสต์สกัด จากการทดลองในส่วนแรกที่ความเป็นกรดต่าง  
 ต่างๆกัน พบว่าผลได้ของกรดอะมิโนมีค่ามากที่สุดที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6 แต่ความขมก็มีปริมาณสูง  
 เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นกรดต่างที่ 5.5 ให้ผลได้ของกรดอะมิโนสูงเช่นกันและปริมาณความขมน้อย  
 กว่าที่ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6 ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมอยู่ที่ค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ใน  
 การย่อยสลายตัวเองด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง ที่ 50 องศาเซลเซียส โดยที่สภาวะนี้จะให้ค่าผลได้ที่ดีที่สุดของ  
 กรดอะมิโนเท่ากับ 0.42 กรัมกรดอะมิโนต่อกรัมยีสต์แห้ง และมีปริมาณความขมอยู่ 0.31 มิลลิกรัม ไอโซ-แอลฟา  
 แอซิดต่อกรัมยีสต์แห้ง

ในส่วนที่สองของงานวิจัยได้ทำการทดลองต่อจากส่วนแรกเพื่อหาผลของความเข้มข้นหลังการเจือจาง  
 พบว่าที่ความเข้มข้นหลังการเจือจางเท่ากับร้อยละ 9 โดยน้ำหนักจะให้ผลได้ของกรดอะมิโนมากที่สุด เท่ากับ 0.45  
 กรัมกรดอะมิโนต่อกรัมยีสต์แห้ง และปริมาณความขม 0.36 มิลลิกรัม ไอโซ-แอลฟาแอซิดต่อกรัมยีสต์แห้ง

ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต..... *ฐิติพร นพรัตน์*  
 สาขาวิชา..... วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *จ.กานต์ เมืองนาโพธิ์*  
 ปีการศึกษา..... 2549.....

##4670289221:MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD : AUTOLYSIS, EFFECT OF pH, SPENT BREWER'S YEAST, DILUTION

CHOOWONG PONGHIRUNJAROEN : EFFECT OF PH AND YEAST  
AUTOLYSATE DILUTION ON BITTERNESS TRANSFER FROM SPENT  
BREWER'S YEAST. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.CHIRAKARN  
MUANGNAPOH, Dr.Ing., 120 pp.

Nowadays, many industries have an attempt to change the waste from the process to the more value-added by product. Especially in the beer industry, spent brewer's yeast which is the waste from the process can be modified to obtain various products such as yeast extract. However, yeast extract from spent brewer's yeast is still having the bitterness which is the serious problem. This research is to study the effect of pH (5, 5.5 and 6) and yeast autolysate dilution (9, 11 and 15% by wt) on the bitterness transfer from spent brewer's yeast at 50°C. The results of protein yield, high amino acid yield, and low content of bitterness were considered to be suitable condition for the production of yeast extract. From the first part of pH experiments showed that the highest amino acid yield was at pH 6; however, bitterness was found in high content at this pH. The high content amino acid was also found at pH 5.5 with lower bitterness than pH 6. Thus pH 5.5, 50 °C and 37 hours for dilution concentration of spent brewer's yeast was chosen as the experimental condition. In this condition, amino acid yield was 0.42 g protein/g dry weight of yeast and the content of bitterness was 0.31 mg Iso-alpha acid/g dry weight.

Moreover, from the second part of yeast autolysate dilution experiments also found that the amino acid yield from 9% dilution gave the highest yield at 0.45 g protein/g dry weight of yeast and the content of bitterness was 0.36 mg Iso-alpha acid/g dry weight.

Department..... Chemical Engineering..... Student's signature..... *Choowong Ponghirunjaroen*  
Field of study..... Chemical Engineering..... Advisor's signature..... *Chirakarn Muangnapoh*  
Academic year..... 2006.....

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้จากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้คำแนะนำ วิธีการทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบริษัทบุญรอด บริวเวอรี่ จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย คุณพันธ์ศักดิ์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ท่านอื่นๆทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการไปรับวัสดุอุปกรณ์

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆห้องวิจัยชีวเคมี ที่ให้คำแนะนำ กำลังใจ ตลอดจนความช่วยเหลือมากมายจนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ของข้าพเจ้า ผู้เป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนทางการศึกษามาตลอดจนการทำงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่คอยช่วยเหลืออำนวยความสะดวก และเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยชิ้นนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
การกำจัดความชม.....	6
3. ทฤษฎี.....	9
3.1 สอพ.....	9
3.2 ความชม.....	10
3.3 การกำจัดความชม.....	13
3.4 โครงสร้างวิทยาของยีสต์.....	14
3.5 ผนังเซลล์ของยีสต์.....	15
3.6 การย่อยสลายตัวเองของยีสต์.....	16
3.7 การย่อยสลายของผนังเซลล์.....	17
4. อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	21
4.1 อุปกรณ์.....	21
4.2 เคมีภัณฑ์.....	22
4.3 เชื้อจุลินทรีย์.....	22

## สารบัญ

	หน้า
4.4 วิธีการทดลอง.....	24
4.4.1 สภาวะการทดลอง .....	24
4.4.2 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง และ ผลของเวลาในการเจือจางยีสต์เพื่อการย่อยสลายตัวเอง ต่อการผลิตโปรตีน และกรดอะมิโน ในรูปผลได้ของโปรตีน ผลได้ของกรดอะมิโน และความขมที่ปะปน ตามเวลา ในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ .....	32
4.4.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นของยีสต์ในการย่อยสลายด้วยตัวเอง ต่อการผลิตโปรตีน และ กรดอะมิโน ในรูปผลได้ของโปรตีน และผลได้ของกรดอะมิโนตามเวลา ในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ .....	32
4.5 การวิเคราะห์.....	33
5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	36
5.1 สมบัติของคริมยีสต์เริ่มต้น.....	36
5.2 ผลของความเป็นกรด-ด่าง และ ผลของเวลาในการเจือจางยีสต์เพื่อการย่อยสลายตัวเอง ต่อการผลิตโปรตีน และกรดอะมิโน ในรูปผลได้ของโปรตีน ผลได้ของกรดอะมิโน และความขมที่ปะปน ตามเวลา ในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์.....	36
5.3 ผลของความเข้มข้นของยีสต์ในการย่อยสลายด้วยตัวเอง ต่อการผลิตโปรตีน และ กรดอะมิโน ในรูปผลได้ของโปรตีน และผลได้ของกรดอะมิโนตามเวลา ในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ .....	80
6. สรุปผลการทดลอง.....	85
รายการอ้างอิง.....	86
ภาคผนวก.....	89
ภาคผนวก ก.....	90
ภาคผนวก ข.....	98
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	106



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบยีสต์สกัดที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีต่างๆ ขนาดกึ่งอุตสาหกรรม .....	3
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบต่างๆภายใน hop cones. ....	9
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเอนไซม์ Yeast Protease .....	20
ตารางที่ 4.1 สถานะการทดลอง .....	26
ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลได้ของโปรตีน ผลได้ของกรดอะมิโน ผลได้ของของแข็ง และความขมที่ได้จากภาวะต่างๆ.....	83
ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry, กรดอะมิโน, ผลได้ของแข็ง และปริมาณความขม ตามเวลาของกระบวนการ การย่อยสลายด้วยตัวเอง ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.....	99
ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry, กรดอะมิโน, ผลได้ของแข็ง และปริมาณความขม ตามเวลาของกระบวนการ การย่อยสลายด้วยตัวเอง ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5.....	101
ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry, กรดอะมิโน, ผลได้ของแข็ง และปริมาณความขม ตามเวลาของกระบวนการ การย่อยสลายด้วยตัวเอง ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.....	103
ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry, กรดอะมิโน, ผลได้ของแข็ง, และปริมาณความขม ตามเวลาของการย่อยสลายด้วยตัวเอง ที่เวลาในการย่อยสลายด้วยยีสต์เข้มข้นเท่ากับ 37 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 .....	105

## สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.1 โครงสร้างทางเคมีของ hop bitter acids.....	10
รูปที่ 3.2 The isomerization of $\alpha$ -acid to iso- $\alpha$ -acid. ....	11
รูปที่ 3.3 Structures for hop acids, iso- $\alpha$ -acids and reduced iso- $\alpha$ -acids. ....	12
รูปที่ 3.4 ผลกระทบจากยีสต์อโดไลเซส.....	14
รูปที่ 3.5 Yeast cell structure and yeast autolysis. ....	15
รูปที่ 3.6 ยีสต์อโดไลซิส .....	18
รูปที่ 4.1 แผนภาพการเตรียมวัตถุดิบ .....	23
รูปที่ 4.2 แผนภาพการทดลอง .....	24
รูปที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของแข็ง, ผลได้ของโปรตีน, ผลได้ของกรดอะมิโน และปริมาณความขมของกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ด้วยสเปนท์บริวเวอรียีสต์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง .....	37
รูปที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของแข็ง, ผลได้ของโปรตีน, ผลได้ของกรดอะมิโน และปริมาณความขมของกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ด้วยสเปนท์บริวเวอรียีสต์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง .....	40
รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของแข็ง, ผลได้ของโปรตีน, ผลได้ของกรดอะมิโน และปริมาณความขมของกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ด้วยสเปนท์บริวเวอรียีสต์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง .....	42
รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของ Crude Protein ของกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรียีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง .....	43
รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของ Crude Protein ของกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรียีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง .....	43

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงของผลได้ของ Crude Protein ของกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6 ตามเวลาของการย่อยสลายตัวเอง.....	44
รูปที่ 5.7 ปริมาณความขมในส่วนของไซจากการย่อยสลายตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์.....	46
รูปที่ 5.8 ผลได้โปรตีนจากกระบวนการย่อยสลายตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ .....	50
รูปที่ 5.9 ผลได้กรดอะมิโนจากกระบวนการย่อยสลายตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ .....	52
รูปที่ 5.10 ผลได้ของแข็งจากกระบวนการย่อยสลายตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ .....	54
รูปที่ 5.11 ผลได้ Crude Protein จากกระบวนการย่อยสลายตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์.....	56
รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความขมในกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.....	59
รูปที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความขมในกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 .....	61
รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความขมในกระบวนการย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.....	63
รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงของผลได้โปรตีน ผลได้กรดอะมิโน ผลได้ crude protein และ ผลได้ของแข็ง ในกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.....	66

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงของผลได้โปรตีน ผลได้กรดอะมิโน ผลได้ crude protein และ ผลได้ของแข็ง ในกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5.....	68
รูปที่ 5.17 การเปลี่ยนแปลงของผลได้โปรตีน ผลได้กรดอะมิโน ผลได้ crude protein และ ผลได้ของแข็ง ในกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.....	70
รูปที่ 5.18 ผลได้กรดอะมิโนที่ดีที่สุดของกระบวนการย่อยสลายตัวเอง ของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	73
รูปที่ 5.19 ปริมาณความขม ณ จุดที่ผลได้ของกรดอะมิโนดีที่สุดของการย่อยสลาย ด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	74
รูปที่ 5.20 ผลได้โปรตีนที่ชั่วโมงที่ 48 ของการย่อยสลายด้วย ตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	75
รูปที่ 5.21 ผลได้กรดอะมิโนที่ชั่วโมงที่ 48 ของการย่อยสลาย ด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	76
รูปที่ 5.22 ปริมาณความขมที่ชั่วโมงที่ 48 ของการย่อยสลายด้วย ตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	77
รูปที่ 5.23 ผลได้ของแข็งที่ชั่วโมงที่ 48 ของการย่อยสลายด้วย ตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	78
รูปที่ 5.24 ผลได้ crude protein ที่ชั่วโมงที่ 48 ของการย่อยสลายด้วย ตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์.....	79
รูปที่ 5.25 ผลได้โปรตีนของการย่อยสลายด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรี่สต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วย ด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง .....	80

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 5.26 ผลได้กรดอะมิโนของการย่อยสลายด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วย ด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง .....	81
รูปที่ 5.27 ผลได้ของแข็งของการย่อยสลายด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วย ด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง .....	81
รูปที่ 5.28 ความขมของการย่อยสลายด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วย ด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง .....	82
รูปที่ 5.29 ผลได้ Crude protein ของการย่อยสลายด้วยตัวเองของสเปนท์บริวเวอรีสต์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายด้วย ด้วยยีสต์เข้มข้นเป็น 37 ชั่วโมง .....	82
รูปที่ ก.1 การเปลี่ยนแปลงของสารภายใน และภายนอกเซลล์ที่เวลาใน การย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์เข้มข้น เป็น 0 ชั่วโมง (Control) .....	91
รูปที่ ก.2 การเปลี่ยนแปลงของสารภายใน และภายนอกเซลล์ที่เวลาใน การย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์เข้มข้น เป็น 13 ชั่วโมง.....	92
รูปที่ ก.3 การเปลี่ยนแปลงของสารภายใน และภายนอกเซลล์ที่เวลาใน การย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์เข้มข้น เป็น 25 ชั่วโมง.....	93
รูปที่ ก.4 การเปลี่ยนแปลงของสารภายใน และภายนอกเซลล์ที่เวลาใน การย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บริวเวอรีสต์เข้มข้น เป็น 37 ชั่วโมง.....	94

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ ก.5 การเปลี่ยนแปลงของสารภายใน และภายนอกเซลล์ที่เวลาใน การย่อยสลายตัวเองด้วยสเปนท์บิวเวอริสต์เข้มข้น เป็น 48 ชั่วโมง.....	95
รูปที่ ก.6 ร้อยละส่วนใสต่อคริมียีสต์เริ่มต้น .....	96