การผลิตกลูแคนจากกากยีสต์หมักแอลกอฮอล์และสมบัติเชิงหน้าที่ของกลูแคน

นางสาววรัญญา พรเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 2 ก.ย. 2554

PRODUCTION OF GLUCAN FROM SPENT BREWER'S YEAST AND ITS FUNCTIONAL PROPERTIES

Miss Varunya Pornchalearn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490889

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตกลูแคนจากกากยีสต์หมักแอลกอฮอล์ และสมบัติเชิงหน้าที่ของกลูแคน
โดย	นางสาววรัญญา พรเจริญ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นาตยา งามโรจนวณิชย์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา)

วรัญญา พรเจริญ : การผลิตกลูแคนจากกากยีสต์หมักแอลกอฮอล์และสมบัติเชิงหน้าที่ของกลูแคน. (PRODUCTION OF GLUCAN FROM SPENT BREWER'S YEAST AND ITS FUNCTIONAL PROPERTIES) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ 116 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกลูแคนจาก *Saccharomyces cerevisiae* (SC 90) ซึ่งเป็นยีสต์ที่ได้จากการหมักแอลกอฮอล์ โดยใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ พบว่าสามารถเก็บยีสต์ที่ได้จากการหมักแอลกอฮอล์นี้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 5 วัน โดยการมีชีวิตรอดของเซลล์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บแช่เย็น ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ (Autolysis) โดยเตรียมสารแขวนลอยยีสต์ให้มีปริมาณของแข็ง 15% (w/w) และ pH 5.0 พบว่าที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 24 ชั่วโมง มีจำนวนเซลล์ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองและปริมาณโปรตีนในออโตไลเสทมากที่สุด แยกส่วนผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเองมาสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์น้อยที่สุดที่ชั่วโมง 4 และ 5 เท่ากับ 17.54% (w/w) จากนั้นสกัดโปรตีนในผนังเซลล์ต่อด้วยเอนไซม์ 2 ชนิด คือ Savinase® 16L TYPE EX และ Alcalase® 2.4L พบว่าเอนไซม์ Savinase®16L TYPE EX ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% (w/v) เวลาสกัด 4 ชั่วโมง เหลือปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์เท่ากับ 6.18% (w/w) และมีปริมาณเบต้ากลูแคนในผนังเซลล์เท่ากับ 82.44% (w/w) ส่วนการสกัดด้วยเอนไซม์ Alcalase® 2.4L ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) เวลาสกัด 4 ชั่วโมง เหลือปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์เท่ากับ 8.81% (w/w) และมีปริมาณเบต้ากลูแคนในผนังเซลล์เท่ากับ 76.88% (w/w) นำผนังเซลล์ที่ผ่านการสกัดโปรตีนมาสกัดไขมันด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่า ตัวทำละลายผสมระหว่างเฮกเซนและเมทานอล และเมทานอลบริสุทธิ์มีประสิทธิภาพในการสกัดไขมันสูงที่สุด โดยเหลือปริมาณไขมันในผนังเซลล์เท่ากับ 0.15% (w/w) และได้สารสกัดเบต้ากลูแคนที่มีความบริสุทธิ์ 85.62% (w/w) ศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่เปรียบเทียบระหว่างสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ได้กับกลูแคนที่จำหน่ายเชิงการค้า พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำและอุ้มน้ำมันมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนความสามารถในการทำให้อิมัลชันคงตัวมีค่าใกล้เคียงกับเบต้ากลูแคนจากยีสต์ที่จำหน่ายเชิงการค้า

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีชีวภาพ.....ลายมือชื่อนิสิต.....วรัญญา พรเจริญ.....

ปีการศึกษา.....2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4772455523 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD : BETA-GLUCAN / AUTOLYSIS / *Saccharomyces cerevisiae*
VARUNYA PORNCHALEARN : PRODUCTION OF GLUCAN FROM SPENT BREWER'S YEAST AND ITS FUNCTIONAL PROPERTIES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ROMANEE SA-NGUANDEEKUL, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST. PROF. SUTTISAK SUKNAISILP, M,Sc., 116 pp.

Spent brewer's yeast was prepared by *Saccharomyces cerevisiae* (SC 90) from molasses fermentation. This spent yeast can be kept at 4 °C for 5 days while the survival during refrigerated storage still the same. The optimal condition for autolysis at yeast suspension of 15% (w/w) solid content and pH 5.0 was 50 °C for 24 hours. This condition resulted in highest autolysed yeast cells and protein autolysate. Autolysed cell wall was separated and soluble protein was extracted out with hot water (121 °C) for 1, 2, 3, 4 and 5 hours. Minimum protein content in cell wall was obtained at 4 and 5 hours extraction and the residual protein was 17.54% (w/w). The protein was further extracted by using 0.3% (w/v) Savinase® 16L TYPE EX for 4 hours or 0.5% (w/v) Alcalase® 2.4L for 4 hours which resulted in cell wall with protein contain of 6.18 and 8.81% (w/w) and β-glucan content of 82.44 and 76.88% (w/w), respectively. Removal of lipid in cell wall was carried out by using the mixture of hexane and methanol and pure methanol under reflux; the defatted yeast cell wall contained 0.15% (w/w) and β-glucan content of 85.62% (w/w) The functional properties of obtained β-glucan as a water holding capacities, oil holding capacities and emulsifying stabilizer were studied compared with commercial products, it was found the brewer's yeasts β-glucan from this study had the same water holding capacities, oil holding capacities but emulsion stabilizing capacity was comparable to the commercial product.

Department ...Biotechnology..... Student's signature V. Pornchalearn
Academic year ...2006..... Advisor's signature
Co-advisor's signature S. Suknaisilp

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากงานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา และทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเขียนวิทยานิพนธ์และให้การดูแลด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณอะเคื้อ บุญญสิริ หัวหน้าฝ่ายเทคโนโลยีเกษตร หัวหน้างานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง และที่ปรึกษาโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาทุกท่านและเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในทุกเรื่อง

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. วรรณา ตุลยธัญ ที่กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. นาตยา งามโรจนวณิชย์ และ อ.ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วิจัยกลาง สำนักงานวิเคราะห์วิจัยค้นคว้าและพัฒนา สำนักเทคนิคงานสุราและสิ่งแวดล้อม กลุ่มบริษัทแสงโสม ที่ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือและความสะดวกต่าง ๆ ตลอดการทำงานวิจัย และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ร.อ.เชิดศักดิ์ พรหมลังค์ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่เป็นทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิตของข้าพเจ้าและเป็นกำลังใจที่ดีให้ตลอดมา และขอบใจเพื่อนและน้อง ๆ ทุกคนในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 3

2.1 การหมักแอลกอฮอล์ 3

2.2 ยีสต์ 8

- การจำแนกประเภทของยีสต์ 8
- โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ยีสต์ 11
- ผนังเซลล์ยีสต์ 13
- เซลล์เมมเบรน 21

2.3 การสกัดเบต้ากลูแคน 22

วิธีการทำให้เซลล์แตก 23

- วิธีทางกายภาพหรือทางกล 23
- วิธีใช้เอนไซม์ 24
- วิธีทางเคมี 25
- โดยเอนไซม์ภายในเซลล์ 27

การตรวจวิเคราะห์การแตกของเซลล์ 32

วิธีการสกัดกลูแคนจากผนังเซลล์ยีสต์ 32

2.4 สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้ 35

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 38

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย 38

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 38

เอนไซม์ที่ใช้ในงานวิจัย 38

หน้า

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....39
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย....39
4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง....46
4.1 การแยกเซลล์ยีสต์จากน้ำหมักแอลกอฮอล์....46
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC 90) จากน้ำหมักแอลกอฮอล์....47
4.3 ผลของการศึกษาการรอดชีวิตของเซลล์ยีสต์ระหว่างการเก็บแช่เย็น....49
4.4 ผลการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์....51
4.4.1 จำนวนเซลล์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC 90) ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองเมื่อใช้อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ....51
4.4.2 ปริมาณโปรตีนในออโตไลเสทหลังการย่อยสลายตัวเองของยีสต์แต่ละภาวะ....53
4.4.3 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในออโตไลเสทหลังการย่อยสลายตัวเองของยีสต์แต่ละภาวะ....54
4.4.4 องค์ประกอบทางเคมีภายในผนังเซลล์ยีสต์หลังออโตไลซิสแต่ละภาวะ....57
4.5 การสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำจากผนังเซลล์ยีสต์ด้วยน้ำร้อน....59
4.6 ภาวะที่เหมาะสมของการสกัดโปรตีนจากผนังเซลล์ยีสต์ด้วยเอนไซม์โปรติเอส....63
4.7 การสกัดไขมันจากส่วนผนังเซลล์ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ....70
4.8 การศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดเบต้ากลูแคน....73
4.8.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำและดูดซับน้ำมัน....73
4.8.2 ความสามารถทำให้อิมัลชันมีความคงตัว....73
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....76
รายการอ้างอิง....79
ภาคผนวก....88
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ยีสต์....89
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี....92
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์....97
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารสกัดเบต้ากลูแคน....98

หน้า

ภาคผนวก จ ผลของภาวะที่เหมาะสมในการย่อยสลายตัวเองของยีสต์และภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์.....105
ภาคผนวก ฉ ภาพแสดงลักษณะของเซลล์ยีสต์ในภาวะต่าง ๆ และสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ได้จากงานวิจัย.....109
ภาคผนวก ช รายละเอียดของเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดโปรตีน.....111
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....116

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของผนังเซลล์ยีสต์แต่ละสายพันธุ์....13

2.2 องค์ประกอบและลักษณะโครงสร้างผนังเซลล์ของยีสต์....14

2.3 ลักษณะโครงสร้างเบต้ากลูแคนของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ....16

2.4 ชนิดและปริมาณสารประกอบโปรตีนชนิดต่าง ๆ ในผนังเซลล์ยีสต์....20

2.5 แรงดันที่เหมาะสมกับเซลล์ตัวอย่างสำหรับการใช้เทคนิค French Press....24

2.6 สมบัติของเอนไซม์ Proteinase ภายในเซลล์ยีสต์....31

4.1 ปริมาณเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) ที่แยกได้จาก น้ำหมักแอลกอฮอล์จำนวน 60 ลิตร และล้างด้วยน้ำกลั่นจำนวน 3 รอบ....47

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) จากน้ำหมักแอลกอฮอล์....48

4.3 จำนวนเซลล์ที่รอดชีวิตของยีสต์จากน้ำหมักสา *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C เป็นเวลา 7 วัน....50

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ยีสต์ภายหลังการย่อยสลายตัวเอง ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ....58

4.5 ปริมาณเบต้ากลูแคนที่พบในผนังเซลล์ภายหลังการย่อยสลายตัวเอง ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ....59

4.6 องค์ประกอบทางเคมีภายในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง และหลังจากสกัดด้วยน้ำร้อนที่ระยะเวลาที่ต่างกัน....60

4.7 ปริมาณเบต้ากลูแคนภายในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง และหลังจากสกัดโปรตีนด้วยน้ำร้อนในระยะเวลาที่ต่างกัน....61

4.8 ปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสแต่ละชนิดที่เวลาต่าง ๆ....66

4.9 ปริมาณสารสกัดเบต้ากลูแคนในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ Savinase® ที่เวลาต่าง ๆ....67

ตารางที่ หน้า

4.10 ปริมาณสารสกัดเบต้ากลูแคนในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ Alcalase® ที่เวลาต่าง ๆ....68

4.11 ปริมาณไขมันและเถ้าที่เหลืออยู่ในผนังเซลล์ยีสต์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสแต่ละชนิด ที่เวลาต่าง ๆ....69

4.12 ปริมาณไขมันในผนังเซลล์ยีสต์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน ผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ Savinase® และ Alcalase® และหลังจากการสกัดไขมันด้วยตัวทำละลายอินทรีย์....71

4.13 องค์ประกอบทางเคมีในแต่ละขั้นตอนของการสกัดเบต้ากลูแคนจากยีสต์ (SC90)....72

4.14 ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และค่าความคงตัวของอิมัลชันของผนังเซลล์ที่ได้จากแต่ละขั้นตอนและสารสกัดเบต้ากลูแคนที่ได้จากงานวิจัยเทียบกับเบต้ากลูแคนจากยีสต์ที่จำหน่ายเชิงการค้า....74

ก1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์แบบวุ้นเอียงผสมกากน้ำตาล....90

ก2 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์แบบเหลวผสมกากน้ำตาล....90

จ1 จำนวนเซลล์ที่เกิดการย่อยสลายตัวเอง เมื่อใช้อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ....105

จ2 ปริมาณโปรตีนในออโตไลเสทหลังการย่อยสลายผนังเซลล์แต่ละภาวะ....106

จ3 ปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ Savinase®....107

จ4 ปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์ที่ได้จากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และผ่านการสกัดโปรตีนด้วยเอนไซม์ Alcalase®....108

ช1 Summarizes some of the biochemical properties of the proteinase in Alcalase®....114

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	Embden-Meyerhof Pathway	6
2.2	ลักษณะรูปร่างของเซลล์ยีสต์	12
2.3	องค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ยีสต์	12
2.4	ลักษณะโครงสร้างของผนังเซลล์ยีสต์	15
2.5	ลักษณะของเบต้ากลูแคนที่พบในส่วนของผนังเซลล์	17
2.6	โครงสร้างของเบต้ากลูแคนและไคตินในเซลล์ยีสต์	19
2.7	แผนภาพแสดงการทำให้เซลล์แตกด้วยวิธีการต่าง ๆ	22
2.8	การพลาสโมไลซิสเซลล์ยีสต์	26
2.9	ลักษณะของเซลล์ยีสต์เมื่อเกิดการออโตไลซิสในช่วงต่าง ๆ	29
2.10	ลักษณะของการย่อยสลายผนังเซลล์ยีสต์	30
2.11	ตำแหน่งของเบสจะทำลายพันธะระหว่างไกลโคโปรตีนกับ ß-1,3-glucan	33
3.1	สรุปขั้นตอนการสกัดเบต้ากลูแคนจากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90)	45
4.1	ลักษณะของเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) ที่เกิดการย่อยสลายผนังเซลล์	52
4.2	จำนวนเซลล์ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	53
4.3	ปริมาณโปรตีนในออโตไลเสทหลังการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	54
4.4	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในออโตไลเสทหลังการย่อยสลายตัวเองของยีสต์ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	55
4.5	Transmission electron micrograph of obtained materials during induced autolysis and hot water treatment with magnification of 7000x	63
4.6	ปริมาณโปรตีนในผนังเซลล์ยีสต์หลังจากการย่อยสลายตัวเอง ผ่านการสกัดโปรตีนส่วนที่ละลายน้ำด้วยน้ำร้อน และหลังจากสกัดโปรตีนส่วนที่เหลือด้วยเอนไซม์ Savinase® และ Alcalase® ที่เวลาต่าง ๆ	65
5.1	ภาวะที่เหมาะสมของการสกัดเบต้ากลูแคนจากยีสต์หมักแอลกอฮอล์ *Saccharomyces cerevisiae* (SC90) และสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัด	77

รูปที่ หน้า

ก1 อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์แบบวุ้นเอียง....89
ก2 สรุปขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ยีสต์....91
ง1 สูตรแสดงการคำนวณปริมาณเบต้ากลูแคนในยีสต์และเห็ด....101
ฉ1 เซลล์ยีสต์ที่เกิดการย่อยสลายผนังเซลล์ เมื่อย้อมสีด้วย Methylene blue และใช้ Phase contrast microscope กำลังขยาย 400 เท่า....109
ฉ2 ลักษณะการติดสีของเซลล์ยีสต์เมื่อย้อมด้วย Methylene blue 109
ฉ3 สารสกัดเบต้ากลูแคนที่ได้จาก *Saccharomyces cerevisiae* (SC90)....110
ช1 Activity of Savinase® at different temperature....112
ช2 Activity of Savinase® at different pH values.... 112
ช3 Residual activity of Savinase® after 10 min. at different temperature....113
ช4 Residual activity of Savinase® after 24 hours at different pH values.... ..113