รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont ในสภาพอาหารเหลวด้วยถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศเพื่อเป็นแหล่งเอนไซม์ย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

Submerged cultivation of *Lentinus squarrosulus* Mont by mash-air mixing fermenter as enzymatic source for degradation of husked baby corn

นายวราวุฒิ ครูส่ง

นางอพัชชา จินดาประเสริฐ

นางอัสนี วิจิตระกะ

นางสาวชริดา ปุกหุต

นางสาวจีรนันท์ ศรีสุธรรม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont ในสภาพอาหารเหลวด้วยถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศเพื่อเป็นแหล่งเอนไซม์ย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

Submerged cultivation of *Lentinus squarrosulus* Mont by mash-air mixing fermenter as enzymatic source for degradation of husked baby corn

นายวราวุฒิ ครูส่ง

นางอพัชชา จินดาประเสริฐ

นางอัสนี วิจิตระกะ

นางสาวชริดา ปุกหุต

นางสาวจีรนันท์ ศรีสุธรรม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
วว85ก
2556

ตรวจหมู่ 142908
เลขทะเบียน
รับ เดือน ปี - 6 มิ.ย. 2559

b 1278333X
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont ในสภาพอาหารเหลวด้วยถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศเพื่อเป็นแหล่งเอนไซม์ย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

แหล่งเงิน..งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 327,000.- บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ
นางอัสนี วิจิตระกะ
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นางสาวจีรนันท์ ศรีสุธรรม
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า เห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA สามารถเจริญบนอาหารแข็งที่มีเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งเป็นวัตถุดิบได้ดี เมื่อนำเลี้ยงในสภาพอาหารเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐาน (basal medium; (กรัมต่อลิตร) KH_2PO_4 0.05, $MgSO_4$ 0.05, $FeSO_4$ 0.01, KNO_3 1.55) โดยใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 2.5% (w/v) โดยเลี้ยงใน 3 สภาพ คือ สภาพวางนิ่ง สภาพเขย่าแบบ Reciprocal (30 60 และ 90 strokes/min) และสภาพเขย่าแบบ Rotary (75 100 และ 125 rpm) พบว่าการเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่ 100 rpm ให้การเจริญของเห็ดขอนขาวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยให้ปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 3,001.02±33.93 µg/g เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ในปริมาณ 5% (w/v) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง และมีการเติมน้ำตาลเด็กซโตรส 5% และ Diammonium hydrogen phosphate 0.1% สำหรับในกรณีของการขยายการระดับการเลี้ยงจากระดับฟลาสก์สู่ระดับถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน โดยมีปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาวสูงถึง 11,555.2±18.4 μg/g ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสเท่ากับ 6.08±0.22 และ4.17±0.02 U/ml ตามลำดับ อีกทั้งผลจากที่มีเอนไซม์ไซลาเนสสูงจึงทำให้ได้รับน้ำตาลไซโลสเท่ากับ 0.22±0.001 mg/ml

คำสำคัญ : เห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. การเลี้ยงในสภาพอาหารเหลว ถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ เปลือกข้าวโพดฝักอ่อน เอนไซม์ไซลิเนส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Submerged cultivation of *Lentinus squarrosulus* Mont by mash-air mixing fermenter as enzymatic source for degradation of husked baby corn

Researcher: Assoc.Prof.Dr.Warawut Krusong, Dr. Aphacha Jindaprasert, Ms.Asanee Vichitraka, Ms.Jiranan Srisuthum and Asst.Prof.Dr.Charida Pukahuta

Faculty: Agro-Industry **Division:** Fermentation Technology

ABSTRACT

Preliminary study of cultivation of *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA showed that the abundant mycelial growth of *L. squarrosulus* Mont LS-YA on solid medium fortified with 2.5% (w/v) dried form of husked baby corn (HBC). Afterwards the study of submerged cultivation of *L. squarrosulus* Mont LS-YA in flask on basal medium consisting of (gL^{-1}) KH_2PO_4 0.05, $MgSO_4$ 0.05, $FeSO_4$ 0.01, KNO_3 1.55 supplemented with dried form of 0.5 mesh sized HBC for 2.5% (w/v) were investigated at 30±2 °C for 7 days. Three cultivation methods consisted of (1) static, (2) reciprocal shaking (30, 60, and 90 strokes/min), and (3) rotary shaking (75, 100, and 125 rpm). Results showed that the highest growth of *L. squarrosulus* Mont LS-YA with 3,001.02±33.93 µg/g glucosamine was found in rotary shaking cultivation at 100 rpm ($p \leq 0.05$). In addition the cultivation medium was recommended to use 5% (w/v) pretreated HBC by soaking in 1% NaOH solution for 1.5 h as substrate and supplement with 5% dextrose and 0.1% diammonium hydrogen phosphate. Scaling up from flask cultivation to 10L mash-air mixing fermenter, the significant increment of cultivation efficiency of *L. squarrosulus* Mont LS-YA was observed at 30±2 °C for 7 days ($p \leq 0.05$). High glucosamine at 11,555.2±18.4 µg/g accompanying with 6.08±0.22 U/ml of xylanase activity and 4.17±0.02 U/ml of cellulose activity were obtained. In addition, xylose was also found at 0.22±0.001 mg/ml

Keywords : *Lentinus squarrosulus* Mont., submerged cultivation, mash-air mixing fermenter, husked baby corn, xylanase enzyme

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท แอกโกรนิก้า จำกัด ที่ได้มอบเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn husk) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการวิจัยนี้ รวมถึงขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต ผู้เชี่ยวชาญด้านเห็ดที่ได้อนุเคราะห์สายพันธุ์บริสุทธิ์ของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

นายวราวุฒิ ครูส่ง
นางอพัชชา จินดาประเสริฐ
นางอัสนี วิจิตระกะ
นางสาวชริดา ปุกหุต
นางสาวจีรนันท์ ศรีสุธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญภาพ ..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย 3
1.6 คำสำคัญของการวิจัย 4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 13
3.1 การปรับสภาพหัวเชื้อเห็ดขอนขาวให้เหมาะสมต่อเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน 13
3.2 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารแข็งผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบด 13
3.3 การเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก 13
3.4 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร 16
3.5 การวางแผนการทดลอง 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 18

4.1 ลักษณะของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA 18

4.2 การเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารแข็งผสมเปลือกข้าวโพด ฝักอ่อนแห้งบด 18

4.3 สภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก 20

4.4 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร 35

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 37

5.1 สรุปผลการวิจัย 37

5.2 ข้อเสนอแนะ 37

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก 44

ภาคผนวก ก 45

ภาคผนวก ข 51

ประวัตินักวิจัย 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่เหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน.....7

4.1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) ของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA.....19 ที่เจริญในอาหาร YM agar ที่เติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบดในระดับปริมาณต่างๆ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

4.2 แสดงปริมาณกลูโคซามีน (ไมโครกรัม/กรัม) ของการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* .....24 Mont. LS-YA ที่ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบด 2.5% ที่สภาพการเลี้ยงต่างๆ ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.3 แสดงปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือก.....25 ข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ บนสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.4 แสดงปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือก.....31 ข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.5 แสดงกิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA .....32 ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.6 แสดงผลของปริมาณน้ำตาลเด็กซโตรสต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและ.....33 เซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กโดยใช้การเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.7 แสดงผลของปริมาณ Diammonium hydrogen phosphate ต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรม.....34
เอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบน
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย
NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์ก
ที่เติมน้ำตาลเด็กซโตรส 5% ในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ
เป็นเวลา 7 วัน

4.8 แสดงผลของการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝัก.....36
อ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1%
เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส และ
น้ำตาลไซโลสในสภาพอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร ณ อุณหภูมิ
30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แสดงลักษณะของเส้นใยเห็ดขอนขาวที่เลี้ยงบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้ง.....14
บดเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ และถูกตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
0.5 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ: (ก) ช่วงการตัดเส้นใย; (ข) แผ่นเส้นใยเห็ดขอนขาวที่ใช้เป็น
หัวเชื้อ

3.2 แสดงลักษณะของถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร: (ก) ถังหมักต้นแบบ.....17
ก่อนการปรับปรุง; (ข) ถังหมักต้นแบบภายหลังการปรับปรุง

4.1 แสดงลักษณะของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็ง YM agar.....18

4.2 แสดงลักษณะของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน : (ก) ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา.....19
24 ชั่วโมง; (ข) ภายหลังจากบดให้มีขนาด 0.5 mesh เพื่อใช้ในการศึกษา

4.3 แสดงลักษณะของการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เจริญในอาหาร.....20
YM agar ที่เติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบดในระดับปริมาณต่างๆ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ
30±2 °ซ เป็นเวลา 4 วัน : (ก) 0%; (ข) 0.5%; (ค) 1.0%; (ง) 1.5%; (จ) 2.0% และ (ฉ) 2.5%

4.4 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยงเห็ด.....21
ขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาวะวางนิ่งที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ
เป็นเวลา 7 วัน

4.5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยง.....22
เห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal ณ
อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.6 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยงเห็ด.....23
ขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ Rotary ณ อุณหภูมิ
30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอน.....26
ขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่าน
การปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1% เป็นระยะเวลาต่างๆ ในสภาพ
การเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายอะซิติกความเข้มข้น 10% เป็นระยะเวลาต่างๆ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน 28

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน 29

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ระยะเวลาต่างๆ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สืบเนื่องจากที่หัวหน้าคณะผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อนำมาผลิตน้ำส้มสายชูหมักมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 โดยอาศัยการนำน้ำลวกข้าวโพดฝักอ่อน (ที่ได้จากกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในขวดแก้ว) มาพัฒนาจนสามารถผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักได้ และจากการศึกษาอย่างต่อเนื่องดังกล่าวนำมาซึ่งการพัฒนาถังหมักระบบหมุนเวียนอากาศที่สามารถให้อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถังหมักต้นแบบดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นจากองค์ความรู้ทั้งหมดในระหว่างปี พ.ศ.2548 เป็นต้นมา จนนำไปสู่การยื่นจดสิทธิบัตรในนาม "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" ในชื่อสิ่งประดิษฐ์เรื่อง "กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศภายในถังหมัก" เมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ.2551 โดยถังหมักที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถสร้างสภาพการหมักให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ (Dissolved oxygen; DO) ในระดับที่สูงจนสามารถทำให้แบคทีเรียอะซิติกใช้อากาศเพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นน้ำส้มสายชูได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ผลผลิตทัดเทียมกับเทคโนโลยีต่างชาติ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีเป้าหมายในการใช้ถังหมักระบบดังกล่าวมาใช้ในระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ชีวภาพอื่น ๆ ที่ต้องการอากาศ เช่น การนำมาใช้ในการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวซึ่งเป็นเชื้อราชั้นสูงที่ต้องการอากาศในสภาพอาหารเหลว

เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนจัดเป็นผลพลอยได้จากการผลิตและแปรรูปข้าวโพดฝักอ่อน โดยปกติแล้วเกษตรกรมักขายหรือนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น วัวนม เนื่องจากคุณค่าโดยเฉพาะโปรตีนที่เป็นประโยชน์ถึงร้อยละ 12.6-17.0 และมีเยื่อใยหยาบสูงถึงประมาณร้อยละ 21.0-21.5 (http://www.did.go.th/inform/article/artileg.html) ซึ่งคุณค่าทางอาหารดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับคุณค่าทางอาหารที่ได้จากหญ้าขนสด และยังช่วยให้ระบบย่อยอาหารของวัวทำงานดีขึ้น จากคุณค่าที่มีอยู่ของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการเลี้ยงเห็ดขอนขาว โดยมีเป้าหมายให้เห็ดขอนขาวผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายเยื่อใยของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีองค์ประกอบเป็นเฮมิเซลลูโลสได้ แนวทางนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนและก่อให้เกิดประโยชน์ในภาพรวมของวงจรการเกษตรของประเทศ รวมถึงภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นวัตถุดิบ พร้อมกันนี้ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า เช่น น้ำตาลไซโลส (ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นของการผลิตน้ำตาลไซลิทอล) หรือแอลกอฮอล์ซึ่งสามารถนำไปสู่การใช้เป็น Bioethanol หรือนำแอลกอฮอล์ที่ได้ไปใช้ในการหมักต่อด้วยแบคทีเรียอะซิติกเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูชนิดใหม่ต่อไปได้

เห็ดขอนขาวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lentinus squarrosulus* Mont เป็นเห็ดที่สามารถเจริญได้ดีตามขอนไม้ อีกทั้งจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น Pukahuta et al. (2004) และ Subramonian et al. (2010) รายงานถึงความสามารถในการผลิตเอนไซม์ได้หลากหลายชนิดของเห็ดขอนขาวที่ประกอบด้วยเอนไซม์แลคเคส (laccase) ไซลิเนส (xylinase) และ เซลลูเลส (cellulose) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของตัวเร่งชีวภาพ (biological catalyst) เพื่อเปลี่ยนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรโดยเฉพาะเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนโดยอาศัยเอนไซม์ธรรมชาติที่ผลิตจากเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont ในสภาพการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลว เนื่องจากสภาพอาหารเหลวจะเป็นสภาพที่เหมาะสมให้มีการปล่อยเอนไซม์ที่ผลิตออกมาได้ง่าย รวมถึงสามารถเก็บเกี่ยวเอนไซม์นั้นไปใช้ประโยชน์ได้สะดวกขึ้น อีกทั้งยังมีรายงานของ Royce et al. (1990) และ Omar et al. (2011) ซึ่งรายงานและยืนยันว่าการเลี้ยงเห็ดในสภาพอาหารเหลวจะช่วยทำให้เห็ดสามารถสร้างเส้นใยในปริมาณมากซึ่งเป็นแหล่งของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) ดังนั้น ในการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวดังกล่าวจะดำเนินการในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศที่หัวหน้าคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นซึ่งจะเป็นอีกผลงานหนึ่งที่เป็นเทคโนโลยีของคนไทยอย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสารอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวในสภาพอาหารเหลวที่เหมาะสมกับการย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศสำหรับการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวในสภาพอาหารเหลวที่เหมาะสมกับการย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการผลิตเอนไซม์จากเส้นใยเห็ดขอนขาวที่เหมาะสมกับการย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน
4. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้เบื้องต้นในการใช้ประโยชน์จากผลผลิตที่ได้จากเอนไซม์ที่ได้จากการย่อยสลายเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนด้วยเส้นใยเห็ดขอนขาวในสภาพอาหารเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

มุ่งเน้นการศึกษาวิจัยในการนำเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont ที่ผ่านการคัดเลือกและศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติด้านเอนไซม์แลคเคส ไซลิเนส และเซลลูเลส (cellulose) โดยได้รับจาก ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต ผู้เชี่ยวชาญด้านเห็ดจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวในอาหารเหลวเพื่อใช้เป็นแหล่งของการเอนไซม์เพื่อเป้าหมายหลักของการศึกษา คือ การใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่มีปริมาณมากและเป็นผลพลอยได้ที่มีคุณค่าด้านโปรตีนและเยื่อใย โดยนำเอาเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมาเป็นวัตถุดิบหลัก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวซึ่งตามปกตินิยมเลี้ยงในสภาพอาหารแห้ง (solid state fermentation) เช่นเดียวกับการเลี้ยงเห็ดโดยทั่วไปเพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นดอกเห็ด (fruiting body) แต่การศึกษาวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่ผลผลิตด้านเอนไซม์จากเห็ดขอนขาวจึงมุ่งเน้นการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลว (Submerged cultivation) โดยมุ่งเน้นในการศึกษาถึงสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้การเจริญของเส้นใยของเห็ดขอนขาวมากที่สุดซึ่งส่งผลถึงการสร้างเอนไซม์ในกลุ่มของไซลาเนสที่มีกิจกรรมสูงสุดเช่นกัน ทั้งนี้ยังทำการศึกษาถึงการผลิตได้ในระดับขยายขนาด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะผลิตในถังหมัก อย่างไรก็ตามเห็ดขอนขาวเป็นมวลชีวภาพที่ต้องการอากาศในการเจริญของเส้นใย ถังหมักที่ใช้จึงควรให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้สูง ดังนั้นในการศึกษาจึงได้เลือกใช้ถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศซึ่งเป็นระบบถังหมักที่พัฒนาขึ้นจากหัวหน้าคณะผู้วิจัย โดยกำหนดเบื้องต้นที่ถังหมักขนาด 10 ลิตร เพื่อเป็นต้นแบบ

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

เห็ดขอนขาวจัดเป็นเห็ดชนิดหนึ่งที่พบมากในประเทศไทยและประเทศแถบร้อนชื้นอื่นๆ จากคุณสมบัติที่เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีบนขอนไม้ ย่อมแสดงให้เห็นว่าเห็ดชนิดนี้มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายวัสดุที่ย่อยสลายยากได้ดี ประกอบกับการศึกษาของ ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต ผู้เชี่ยวชาญด้านเห็ดจากภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้รายงานว่าเห็ดขอนขาวสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลากหลายชนิด ประกอบด้วย เอนไซม์แลคเคส ไซลิเนส และ เซลลูเลส (Pukahuta et al., 2004) จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำเห็ดขอนขาวมาใช้ในการผลิตเอนไซม์ในกลุ่มดังกล่าว ดังนั้นในการศึกษานี้จะเลือกใช้เห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA ที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นจาก ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต มาใช้ในวัตถุประสงค์ของการศึกษาตามที่ระบุไว้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติแล้วการเลี้ยงเส้นใยของเห็ดมักจะนิยมจะใช้การเลี้ยงในสภาพแห้ง (solid state cultivation) เพื่อให้ได้ดอกเห็ด (fruiting body) เป็นผลผลิต แต่ในการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่การเลี้ยงในสภาพอาหารเหลว เพื่อให้เส้นใยของเห็ดขอนขาวสามารถที่จะผลิตเอนไซม์ออกมาสู่น้ำหมัก ซึ่งจะสะดวกในการเก็บเกี่ยวเอนไซม์และส่วนผสมอื่น ๆ ในน้ำหมักสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ดี อนึ่งในสภาพการเลี้ยงเชื้อรา รวมถึงเชื้อเห็ดนั้น การให้อากาศในระหว่างการเลี้ยงถือเป็นประเด็นที่สำคัญ เนื่องจากทั้งเชื้อราและเชื้อเห็ดเป็นกลุ่มที่ต้องการอากาศ ดังนั้นในการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในถังหมักจึงต้องสามารถให้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำหมักได้สู ง ในกรณีนี้จึงมุ่งเน้นที่ "ถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ที่หัวหน้าคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นและยื่นจดสิทธิบัตรในนาม "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" (ซึ่งใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่ผลิตกรดในปริมาณสูง ในปัจจุบันถังหมักดังกล่าวนี้ได้มีการใช้ในระดับอุตสาหกรรมอยู่ 3 โรงงาน) ทั้งนี้ถังหมักที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถสร้างสภาพการหมักให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ในระดับที่สูง ดังนั้นจึงมีความมั่นใจได้ว่าถังหมักระบบนี้สามารถที่จะเอื้อต่อสภาพการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่ต้องการอากาศได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์บางชนิดเพื่อให้สามารถทำการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวได้ในสภาพที่ปลอดเชื้อได้

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่ปลูกมากเกือบทุกภาคของประเทศ ระยะเวลาในการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 40-45 วัน ในพื้นที่ชลประทานสามารถปลูกได้ทั้งปี (4 ครั้งต่อปี) ดังนั้นเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เช่น เปลือกข้าวโพด จึงมีมากในเกือบทุกภาคของประเทศโดยเฉพาะในเขตชลประทาน ประกอบกับในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนยังมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยหยาบถึงร้อยละ 12.6-17.0 และ 21.0-21.5 ตามลำดับ (http:// www.did.go.th/inform/article/artileg.html) จึงจัดได้ว่าเป็นผลพลอยได้ที่เหมาะสมที่จะนำมาเพิ่มมูลค่าด้วยการนำมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่ผลิตจากเส้นใยเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ต่อไป

1.6 คำสำคัญของการวิจัย

(ภาษาไทย) เห็ดขอนขาว การเลี้ยงในสภาพอาหารเหลว ถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ เอนไซม์ และเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

(ภาษาอังกฤษ) *Lentinus squarrosulus* Mont, submerged cultivation, mash-air mixing fermenter, enzyme, husked baby corn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดหวังจะได้รับ คือ ความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจที่จะนำผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาวในสภาพอาหารเหลวไปใช้ในการย่อยเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน เพื่อให้ได้น้ำตาลโดยเฉพาะในกลุ่มน้ำตาลไซโลส (xylose) และความเป็นได้เบื้องต้นในการนำไปใช้ในการผลิต bio-ethanol และ / หรือ น้ำส้มสายชูหมักชนิดใหม่ต่อไป ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่นอกเหนือจากดอกเห็ดที่เป็นผลิตภัณฑ์ตามปกติเช่นเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) เป็นพืชที่ปลูกกันมากในเกือบทุกภาคของประเทศ ภาคเหนือจะปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในแถบจังหวัดหนองคาย นครราชสีมา และภาคกลางในพื้นที่จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี ระยะเวลาในการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 40-45 วัน ปลูกได้ดีในช่วงฤดูฝน แต่ถ้าเป็นพื้นที่ในเขตชลประทานจะสามารถปลูกได้ถึง 4 ครั้งต่อปี ดังนั้นเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน เช่น ต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และไหม จึงมีมากในเกือบทุกภาคของประเทศและเกือบตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในเขตชลประทาน

ข้าวโพดฝักอ่อนจะถูกเก็บเกี่ยวในขณะที่ต้นยังมีสีเขียว ส่วนเปลือกและไหมที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในภาชนะปิดสนิทและข้าวโพดฝักอ่อนสดจะมีปริมาณมาก สภาพของเปลือกจะยังคงมีสีเขียว ลักษณะอ่อนนุ่ม รสหวาน มีคุณค่าทางอาหาร (โดยเฉพาะสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์) ที่ดี โปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 12.6-17.0 เยื่อใยหยาบร้อยละ 21.0-21.5 อย่างไรก็ตามบางข้อมูลระบุว่าปริมาณเยื่อใยมีสูงถึงร้อยละ 34.8 (กรมปศุสัตว์, มปป) สำหรับตารางที่ 2.1 แสดงถึงส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน จากข้อมูลที่แสดงสามารถสังเกตได้ว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนจัดเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ยังมีคุณค่าและเหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ ถ้าสามารถที่จะทำการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ที่มีปริมาณสูงได้ซึ่งค่าเฮมิเซลลูโลสนี้สามารถหาได้จากการนำค่า ADF (ร้อยละเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด) ไปหักออกจากค่า NDF (ร้อยละเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (กรมปศุสัตว์, มปป)

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าข้าวโพดฝักอ่อนจัดเป็นพืชที่มีคุณค่า ซึ่งหัวหน้าคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 โดยเริ่มต้นจากการนำน้ำต้มหรือน้ำลวกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุในภาชนะปิดสนิทเพื่อนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู (วราวุฒิ ครูส่ง, 2547; 2550ก; วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ, 2553) อย่างไรก็ตามจากกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนจะเหลือเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนในปริมาณสูงจึงนำมาถึงแนวคิดความจำเป็นในการบริหารจัดการของเสีย (waste) ให้เหลือน้อยที่สุด ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมาเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นกว่าการนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เพียงด้านเดียว นอกจากนี้จากข้อมูลของศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช. (มปป.) รายงานถึงการศึกษาของ ผกามาศ สัปตา และ สายสมร ลำยอง จากคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกข้าวโพดแห้งที่มีเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบให้เป็นน้ำตาลไซโลส โดยระบุว่าวิธีการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยเชื้อรา *Thermoascus aurantiacus* ให้ผลผลิตที่ดีกว่าการย่อยสลายด้วยกรด

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่เหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (น้ำหนักแห้ง)
วัตถุแห้ง (dry matter)	18.0
โปรตีน (crude protein)	12.6-13.5
เยื่อใยหยาบ (crude fiber)	21.0-21.5
ไขมัน (ether extract)	1.0-1.8
เถ้า (ash)	5.2-5.7
Nitrogen free extract	58.3-59.4
ADF (เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด)	27.3-28.7
NDF (เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง)	60.6-61.5
ลิกนิน	1.6-2.5
แคลเซียม	0.1
ฟอสฟอรัส	0.4

NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง; ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด
ที่มา : http://www.did.go.th/inform/article/artileg.html

เห็ดขอนขาว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lentinus squarrosulus* Mont เป็นเห็ดที่ชอบขึ้นบนขอนไม้ตระกูลเต็งรังและไม้มะม่วง เห็ดขอนขาวนี้พบมากในช่วงต้นฝนหรือในช่วงที่ฝนตกชุก ในภาคกลางเรียกเห็ดชนิดนี้ว่า "เห็ดมะม่วง" ดอกเห็ดจะมีสีขาวนวลหรือครีมกึ่งเหลืองอ่อน เมื่อนำเห็ดขอนขาวมาประกอบอาหารจะให้รสหวานเหนียวเล็กน้อยคล้ายเนื้อสัตว์เป็นที่นิยมมากในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน (ชริดา ปุกหุต และคณะ, 2542; อุทัย อ้นพิมพ์, 2546) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเส้นใยของเห็ดขอนขาวเจริญได้ดีบนเปลือกมันสำปะหลัง ฟางข้าว ขี้เลื่อยเปลือกไม้ (Tontyaporn, 1997, Ayodele et al., 2007) และกากเนื้อในปาล์มน้ำมันที่ผสมกับขี้เลื่อย (วสันณ์ เพชรรัตน์ และ อนุสรณ์ ทองวิเศษ, 2546) อีกทั้งเส้นใยของเห็ดขอนขาวยังพบว่ามีเยื่อใยหยาบ (crude fiber) อยู่ด้วย (Fasidi and Kadiri, 1999; http://www.did.go.th/inform/article/ artileg.html) ขณะที่เห็ดขอนขาวเป็นหนึ่งในเห็ดที่มีคุณค่าโปรตีนสูง (Pi et al., 2006; Jose and Kayode, 2009) ปริมาณโปรตีนมีเป็นสองเท่าของมันฝรั่งสดและหกเท่าของส้ม (Atikpo et al., 2008) โดยที่กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) มีมากกว่าที่พบในถั่วแดง (kidney bean) ในกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำสกัด (water extract) จากเห็ดขอนขาว พบว่า มีโปรตีนสูง (57 กรัม/100 กรัม) และอุดมด้วยแร่ธาตุและวิตามิน เช่น แมกนีเซียม โปตัสเซียม วิตามินบี 1 และ วิตามินบี2 (Royce et al., 1990; Omar et al., 2011) นอกจากนี้แล้วเห็ดขอนขาวยังมีคุณประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (Eimsa-ard et al., 2005; Abdullah et al., 2010) สารปฏิชีวนะ (Sudirman et al., 1994) เอนไซม์ (Banjo and Kuboye, 2000; Wuyep et al., 2003; Pukahuta et al.,2004; Subramonian et al., 2010) เป็นต้น ในกรณีของเอนไซม์นี้ Pukahuta et al. (2004) และ Subramonian et al. (2010) รายงานว่าเห็ดขอนขาวสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลากหลายชนิด เช่น เอนไซม์แลคเคส (laccase) ไซลิเนส (xylinase) และ เซลลูเลส (cellulose) ตามปกติแล้วเห็ดมักจะเลี้ยงในสภาพอาหารแห้ง แต่จากรายงานของ Royce et al. (1990) และ Omar et al. (2011) ยืนยันว่าการเลี้ยงเห็ดในสภาพอาหารเหลวจะช่วยทำให้เห็ดสามารถสร้างเส้นใยในปริมาณมากซึ่งเป็นแหล่งของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) ได้

การปรับสภาพ (Pretreatment) วัตถุดิบ ลิกโนเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอินทรีย์ที่พบมากในธรรมชาติและเป็นแหล่งสำคัญสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม ในแต่ละปีจึงมีของเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรมมากมาย เช่น เปลือกข้าว เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด และ ชานอ้อย เป็นต้น (Deejing and Ketkorn, 2009) การปรับสภาพเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงการย่อยชีวมวลลิกโนเซลลูโลส การปรับสภาพแต่ละวิธีให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในด้านของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งเป็นสามองค์ประกอบหลักของชีวมวลลิกโนเซลลูโลส อย่างไรก็ตามชีวมวลลิกโนเซลลูโลสจะต้องผ่านการไฮโดรไลซ์กับกรดหรือเอนไซม์ เพื่อที่จะลดขนาดสำหรับการนำชีวมวลลิกโนเซลลูโลสไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ในขั้นตอนการปรับสภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำลายโครงสร้างของลิกนินและละลายบางส่วนของโพลีแซคคาไรด์ (Mohan et al., 2012) การปรับสภาพที่นิยมใช้ประกอบด้วย (1) กระบวนการปรับสภาพเชิงกล ซึ่งเป็นการใช้กระบวนการทางกายภาพเพื่อทำความสะอาด ปรับขนาด และทำลายโครงสร้างของวัตถุดิบ โดยมีเป้าหมายให้ปฏิกิริยาทางเคมี หรือชีวภาพในขั้นต่อไปเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (2) การปรับสภาพทางเคมี ส่วนมากจะใช้กรดอ่อนพวกกรดเกลือ กระบวนการที่ได้รับความนิยมคือ การปรับสภาพด้วยด่าง (ฐิติมา คำไชยใหญ่ และคณะ, 2554) และ (3) การปรับสภาพทางชีวภาพซึ่งมีข้อได้เปรียบที่สำคัญในแนวคิดบางอย่างเช่น ใช้สารเคมีและพลังงานต่ำ แต่ก็ยังไม่พบระบบควบคุมและความรวดเร็วที่เพียงพอและเหมาะสม สำหรับการปรับสภาพด้วยสารเคมีมีข้อเสียในแง่ของอุปกรณ์ที่ต้องทนต่อการกัดกร่อน โดยเฉพาะและจะต้องมีการกำจัดของเสียที่เหมาะสมอีกด้วย ดังนั้นการปรับสภาพทางชีวภาพจึงเป็นวิธีการที่เรียกได้ว่าเป็นมิตรกับสภาพแวดล้อมและปลอดภัยในการกำจัดลิกนินออกจากลิกโนเซลลูโลส เอนไซม์ลิกโนไลติกประกอบด้วย LDPs เป็นส่วนใหญ่ (lignin ย่อยสลาย peroxidases) เช่น lignin peroxidases (LiPs) manganese peroxidases (MnPs) และversatile peroxidases และ lignin-degrading enzyme เช่น laccases (Mohan et al., 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยหลายเรื่องได้ใช้ในวิธีการปรับสภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยวัสดุลิกโนเซลลูโลส การปรับสภาพในหลายๆวิธี เช่น steam explosion การสกัดด้วยตัวทำละลาย และ ปรับสภาพด้วยความร้อน โดยใช้กรดหรือด่าง การปรับสภาพโดยการใช้กรดหรือด่างจะเป็นส่วนช่วยให้มีการย่อยลิกโนเซลลูโลซิกให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้ง่าย เพื่อเป็นการกำจัดลิกนินและเซลลูโลส

การปรับสภาพโดยใช้สารละลายด่างอ่อน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสบู่ (Saponification) ของพันธะเอสเทอร์ระหว่างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสกับสารอื่น เช่น ลิกนิน ทำให้ลิกนินซึ่งเป็นตัวขัดขวางหลุดออกจากโครงสร้างของชีวมวลดังนั้น ปริมาณเฮมิเซลลูโลสจึงเพิ่มขึ้น มีรายงานว่ารูพรุนของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นโดยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางจะทำให้วัตถุดิบเกิดการพองตัวส่งผลให้พื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น (ฐิติมา คำไชยใหญ่ และคณะ, 2554) ระดับขั้นของพอลิเมอร์ไรเซชัน และ ความเป็นผลึกลดลง เกิดการแยกตัวของโครงสร้างลิกนินและเฮมิเซลลูโลส การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางนี้สามารถลดเปอร์เซนต์ของลิกนินในไม้เนื้อแข็งลงได้ และ ส่งผลดีต่อสารจำพวกฟางที่มีปริมาณลิกนินต่ำ เมื่อทำการปรับสภาพด้วยไอน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรพบว่า ได้ปริมาณเซลลูโลสน้อย และได้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงสุด (ฐิติมา คำไชยใหญ่ และคณะ, 2554) นอกจากนี้มีงานวิจัยบ่งชี้ว่าการนำวัสดุชนิดต่างๆ ฟางข้าว รำข้าว ธูปฤาษี และ ผักตบชวา เทียบผลระหว่างวัสดุที่ไม่ปรับสภาพ วัสดุที่นำมาปรับสภาพโดยการต้ม และ ปรับสภาพโดยการนำมาแช่สารละลายด่าง 0.5, 1 และ 1.5 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 0.5,1 และ 1.5 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นและเวลาแช่ที่เหมาะสมที่สุดคือ 1 เปอร์เซนต์ และ 0.5 ชั่วโมง เนื่องจากสามารถผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้ค่ากิจกรรมที่สูงกว่าการแช่โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เวลา 1และ 1.5 ชั่วโมง (ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และคณะ, 2549)

การปรับสภาพโดยใช้กรดธรรมชาตินั้น ชีวมวลลิกโนเซลลูโลซิกต้องการการปรับสภาพเพื่อการเข้าถึงเซลลูโลสดีขึ้น โดยปกติจะต้องมีการใช้ความร้อนในการย่อยกับตัวเร่ง (กรด หรือ ด่าง) ตามปกติในการปรับสภาพมักจะมีการใช้กรดซัลฟิวริก (50-300 mM) ที่อุณหภูมิ 100-200 °ซ เพื่อกำจัดลิกนิน และทำให้กิจกรรมของเซลลูโลไลติกเอนไซม์ดำเนินไปได้ง่ายขึ้น ในระหว่างการปรับสภาพโดยใช้กรดและความร้อนโพลีแซคคาไรด์บางส่วนจะถูกย่อยโดยมากจะเป็นเฮมิเซลลูโลส ได้น้ำตาลอิสระสามารถย่อยสลายไปกับเฟอฟูรอล (จากน้ำตาลเพนโตส) และ 5-hydroxymethylfurfural (จากน้ำตาลเฮกโซส) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะยับยั้งการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้กรดธรรมชาติ เช่น กรดมาเลอิก กรดฟูมาริก และกรดอะซิติกแทนการใช้กรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถันซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดเฟอฟูรอล และ 5-hydroxy methylfurfural นอกจากนี้อีกเหตุผลหนึ่งที่ควรใช้กรดธรรมชาติแทนกรดซัลฟิวริก คือ การก่อให้เกิดยิปซั่มซึ่งจะขัดขวางกระบวนการทำงานในการเจริญของเชื้อให้ช้าลง นอกจากนี้การใช้กรดธรรมชาติในการปรับสภาพจะช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยของเอนไซม์ให้ดีขึ้น ในระหว่างการปรับสภาพโดยใช้กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติจะเกิดฟิวเฟอรอลจากน้ำตาลไซโลสน้อยลงกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก และในส่วนนี้จะทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่มากขึ้นเนื่องจากไม่มีตัวยับยั้ง (Maarten et al., 2009)

การปรับสภาพโดยใช้ไอน้ำร้อน เป็นการปรับสภาพโดยไม่ใช้สารเคมีแต่ใช้ความร้อนเป็นตัวช่วยขจัดลิกนินแทน หลายปีที่ผ่านมามีการใช้หลากหลายวิธีแตกต่างกันไป เช่น การระเบิดด้วยไอน้ำร้อน (steam explosion) แช่ในน้ำร้อน ใช้ด่างเจือจาง แช่ในสารละลายกรด ใช้มะนาว และใช้แอมโมเนีย วิธีต่างๆได้ถูกพัฒนาสำหรับการปรับสภาพชีวมวลลิกโนเซลลูโลซิก จุดมุ่งหมายโดยทั่วไปตามแนวคิดนี้คือการกำจัดเฮมิเซลลูโลส หรือลิกนิน ลดความเป็นผลึกของเซลลูโลสและเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบ นอกจากนี้การปรับสภาพส่วนมากต้องการอุณหภูมิสูงหรือความดันสูง และ ปริมาณการใช้สารเคมีซึ่งอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเอนไซม์ หรือเชื้อจุลินทรีย์ การขจัดสารพิษจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงและมีความยุ่งยาก ดังนั้นการใช้การระเบิดโครงสร้างด้วยไอน้ำร้อนหรือการใช้ความร้อนเป็นวิธีการที่ใช้กันมาก โดยทั่วไปในการปรับสภาพชีวมวลลิกโนเซลลูโลซิก ปัจจัยสำคัญในการใช้วิธีนี้คือ อุณหภูมิ และ ระยะเวลาที่เหมาะสม วิธีการระเบิดด้วยไอน้ำร้อนถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธีอื่นในการปรับสภาพ เช่น การใช้รังสีไมโครเวฟ กรดซัลฟิวริกเจือจาง และ การใช้แอมโมเนีย เช่นเดียวกับการใช้ราในกลุ่ม white rot fungi ที่ผลิตเอนไซม์เพอร์ออกซิเดซ โดยทำให้พันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินอ่อนตัวหรือแยกกันได้ นอกจากนี้ การใช้ความร้อนในการปรับสภาพยังสามารถประยุกต์ใช้กับพืชได้หลายชนิดด้วย (Zabihi et al., 2010) เมื่อนำตัวอย่างไปปรับสภาพโดยการใช้ความร้อนระดับ 121 °ซ 15psi เป็นเวลา 15 30 และ 45 นาที พบว่า ปริมาณเซลลูโลสที่เวลา 30 นาที มากที่สุด รองลงมา คือ ที่เวลา 15 นาที และ น้อยที่สุด คือ เวลา 45 นาที แต่ขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสเท่ากันเป็น 18.0%น้ำหนักฐานแห้ง และปริมาณลิกนินที่น้อยที่สุดเมื่อใช้เวลา 45 นาที นอกจากนั้นในงานวิจัยฉบับนี้มีการใช้ร่วมกับสารละลายด่างร่วมด้วยซึ่งได้ผลดีที่สุดเมื่อใช้สารละลายด่าง Na_2CO_3 1.5M ร่วมกับอุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที (Zia-ur-Rehman and Shah, 2000)

การปรับสภาพโดยรังสีไมโครเวฟ รังสีไมโครเวฟแตกต่างจากการใช้ความร้อนโดยทั่วไป มีการนำมาประยุกต์ใช้ได้อีกหลายวิธี เพราะผลจากทั้งการไม่ใช้ความร้อนและการใช้ความร้อน จากความร้อนที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ในเตาไมโครเวฟมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า แมกนีตรอน (magnetron) ใช้สำหรับผลิตคลื่นไมโครเวฟ 3×10^8cycles/s ถึง 300 GHz (3×10^{11}cycles/s) คลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในอุตสาหกรรม และบ้านจะมีช่วงความถี่ 900 และ 2.45 GHz (Pang et al., 2012) ซึ่งจะปล่อยออกมาที่ช่องว่างภายในเตาที่มีผนังเป็นโลหะ คลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนไปมาอยู่ภายในเตาและถูกดูดกลืนโดยอาหารที่อยู่ด้านใน การดูดกลืนที่ไม่สม่ำเสมอจะทำให้บางตำแหน่งเกิดจุดร้อน (hot spots) ขึ้น ทั้งนี้มีรายงานการย่อยชีวมวลด้วยรังสีไมโครเวฟ จึงได้มีการนำมาค้นคว้าต่อเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการปรับสภาพประสิทธิภาพของรังสีไมโครเวฟที่ทำกับโครงสร้างของวัตถุดิบสามารถกำจัดซิลิคอน และ ปรับลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่มีการใส่สารเคมี เช่น สารละลายด่าง กรด หรือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในกระบวนการปรับสภาพจึงใช้เพียงรังสีไมโครเวฟเท่านั้น (Ma et al., 2009) รังสีไมโครเวฟจะทำปฏิกิริยากับขั้วโมเลกุล และไอออน ในวัตถุดิบซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับการปรับสภาพทางเคมีและปฏิกิริยาชีวภาพได้ นอกจากนี้มีการกล่าวถึงการใช้รังสีไมโครเวฟกับกระบวนการที่ใช้ชีวมวลที่มีเซลลูโลส และ มีการพิสูจน์แล้วว่าช่วยในการลดขนาดเซลลูโลสได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่ารังสีสามารถเปลี่ยนโครงสร้างระดับอัลตร้าของเซลลูโลสได้โดยสามารถลดขนาดของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส และยังช่วยเพิ่มความสามารถของชีวมวลในการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ได้ (Pang et al., 2012)ไม่ว่าจะเป็นการปรับสภาพด้วยวิธีใดก็ตาม ต่างก็มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดเซลลูโลสและลิกนิน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวภายใน ช่วยให้การเกิดปฏิกิริยาในขั้นตอนต่อไปง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ถังหมัก (fermenter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ ถังหมักจะได้รับการออกแบบตามชนิดของการหมัก สำหรับการเลี้ยงเส้นใยของเชื้อราหรือเชื้อเห็ดซึ่งเป็นมวลชีวภาพที่ต้องการออกซิเจนหรืออากาศ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึง "การกระจายอากาศเข้าสู่น้ำหมักอย่างมีประสิทธิภาพ" ดังนั้นในการออกแบบระบบจึงจำเป็นต้องคำนึงถึง ค่าปริมาณออกซิจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) เป็นสำคัญ ทั้งนี้ วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ (2553) ได้รายงานถึงการพัฒนาองค์ความรู้ที่ได้รับจากการดูงานที่ Heinrich Frings GmbH&Co KG รวมถึงความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติงานในโครงการวิจัยต่าง ๆ ที่ร่วมกับภาคเอกชนในการพัฒนาถังหมักจึงทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบถังหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของระบบการให้อากาศซึ่งต่อมาได้ร่วมกับคุณประภาส ปิ่นวิเศษ และคุณพนิต เพ็ชรน่วม จากบริษัท แอกโกรนิก้า จำกัด ประดิษฐ์กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูขึ้นมาใหม่และได้โอนสิทธิแห่งการประดิษฐ์ให้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อยื่นจดสิทธิบัตร "กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ" ตามเลขที่คำขอ 0801005225 วันยื่นคำขอ 13 ตุลาคม 2551 (วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ, 2550ข; วราวุฒิ ครูส่ง, 2551ก; 2551ข; 2552;กรุงเทพธุรกิจ, 2553) ถังหมักในระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศนี้จะพัฒนาเพื่อใช้ในการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont ในสภาพอาหารเหลวในการศึกษาครั้งนี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. (Singer) นิยมเลี้ยงในเปลือกมันสำปะหลัง ฟางข้าว รวมถึงเปลือกไม้ที่มีเยื่อใยหยาบ (crude fiber) สูง (Fasidi and Kadiri, 1999) ซึ่งต่อมา Adesina et al. (2011) รายงานถึงการใช้ของเสียจากการเกษตร (agricultural waste) เช่น ฟางข้าว ขี้ม้า ขี้วัว แป้งมันสำปะหลังสด เสริมลงไปในเปลือกไม้หรือใบไม้ซึ่งผลช่วยให้การเจริญของเห็ดขอนขาวดีขึ้น ขณะที่ Ayodele et al. (2007) รายงานถึงการใช้ขี้เลื่อยจากไม้หลากหลายชนิด พบว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. (Singer) ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของการผลิตเอนไซม์ของเห็ดขอนขาวนั้น Pukahuta et al. (2004) ได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ของเห็ดขอนขาวที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยสบายลิกโนเซลลูโลสได้ดี พบว่า *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-YA สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้สูงสุด และผลิตเอนไซม์ไซลาเนสได้รองลงมา แต่ไม่ผลิตเอนไซม์แลคเคส ขณะที่ Subramonian et al. (2010) รายงานว่า เห็ดขอนขาวสามารถผลิตเอนไซม์ได้หลากหลายชนิด เช่น เอนไซม์แลคเคส (laccase) ไซลิเนส (xylinase) และ เซลลูเลส (cellulose) ในสภาพการเลี้ยงบนอาหารแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การปรับสภาพหัวเชื้อเห็ดขอนขาวให้เหมาะสมต่อเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน

3.1.1 หัวเชื้อเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA

หัวเชื้อเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ได้รับจาก ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต ผู้เชี่ยวชาญด้านเห็ด จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยหัวเชื้อเห็ดขอนขาวสายพันธุ์ดังกล่าวจะถูกเก็บรักษาไว้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract Malt extract (YM) Agar ที่ประกอบด้วย (กรัมต่อลิตร) Malt extract 0.5, Yeast extract 0.1 และ Agar 1.5 และผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที นำเห็ดขอนขาวที่เลี้ยงบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 1% บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ และทำการถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MY agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดใหม่ทุก ๆ 7 วัน เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

3.2 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารแข็งผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบด

นำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดขนาด 0.5 mesh (หรือ 7.4 มิลลิเมตร) เติมลงในอาหาร YM agar ในปริมาณ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5% ก่อนนำไปผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปเทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว) จากนั้นจึงทำการถ่ายเส้นใยของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เลี้ยงบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบด (ข้อ 3.1.1) ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยใช้ cork borer (ฆ่าเชื้อด้วยการจุ่มแอลกอฮอล์ 70% แล้วลนไฟ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดเส้นใยเห็ดขอนขาวแล้ววางตรงบริเวณกึ่งกลางของจานอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนที่นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ ทำการติดตามการเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาวที่ 0 1 2 3 และ 4 วัน ด้วยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

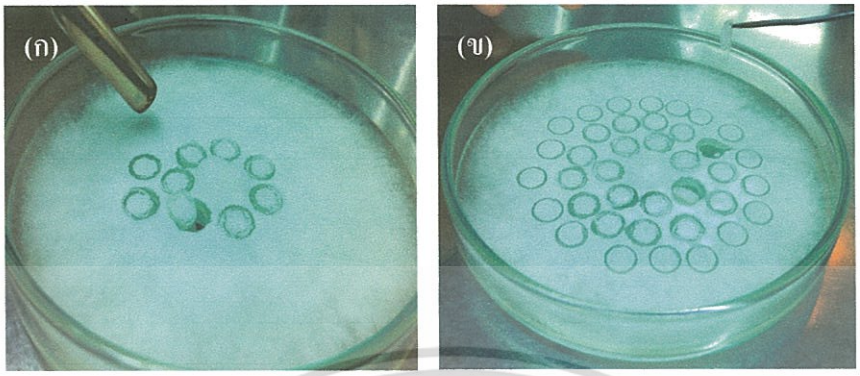
3.3 การเลี้ยงเส้นใยเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

3.3.1 การตรียมเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ (Starter)

ทำการถ่ายเส้นใยของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เลี้ยงบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบด ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยใช้ cork borer (ฆ่าเชื้อด้วยการจุ่มแอลกอฮอล์ 70% แล้วลนไฟ) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดตัดเส้นใยเห็ดขอนขาวโดยวางตรงบริเวณกึ่งกลางของจานอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนที่นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 96 ชั่วโมง (เช่นเดียวกับข้อ 3.1.1) จากนั้นจึงใช้ cork borer (ฆ่าเชื้อด้วยการจุ่มแอลกอฮอล์ 70% แล้วลนไฟ) ขนาดเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ดังกล่าวตัดเส้นใยเห็ดขอนขาวเพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการศึกษาต่อไป ทั้งนี้ภาพที่ 3.1 แสดงให้เห็นลักษณะของเส้นใยเห็ดขอนขาวที่ผ่านการตัดด้วย cork borer เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ



ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะของเส้นใยเห็ดขอนขาวที่เลี้ยงบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ และถูกตัดด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ: (ก) ช่วงการตัดเส้นใย; (ข) แผ่นเส้นใยเห็ดขอนขาวที่ใช้เป็นหัวเชื้อ

3.3.2 สภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวอาศัย Basal medium ตามการศึกษาของ Gbolagade et al. (2006) ประกอบด้วย (กรัมต่อลิตร) KH_2PO_4 0.05, $MgSO_4$ 0.05, $FeSO_4$ 0.01, KNO_3 1.55 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นจึงเติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดขนาด 0.5 mesh ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญในการเลี้ยงในสภาพอาหารแข็ง (ข้อ 3.2) นำไปผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที ก่อนที่จะถ่ายหัวเชื้อเห็ดขอนขาวที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.1 จำนวน 20 ชิ้น ต่อฟลาส์ก นำไปเลี้ยงใน 3 สภาพ ประกอบด้วย สภาพวางนิ่ง (Static cultivation) สภาพการเลี้ยงด้วยการเขย่าแบบ Reciprocal (Reciprocal shaking cultivation) ที่ 30 60 และ 90 รอบของการเขย่า (stroke) ต่อนาที และสภาพการเลี้ยงด้วยการเขย่าแบบ Rotary (Rotary shaking cultivation) ที่ 75 100 และ 125 รอบต่อนาที ทำการทดลองสามซ้ำและติดตามปริมาณกลูโคซามีน (Glucosamine) ตามวิธีของ Sakurai et al. (1977) เมื่อทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ ทั้งนี้เพื่อสรุปหาสภาพการเลี้ยงที่เห็ดขอนขาวที่เหมาะสมในสภาพฟลาสก์

3.3.3 อัตราส่วนของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในฟลาสก์เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 โดยทำการเติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งสามระดับ คือ 2.5 5 และ 7.5% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) จากนั้นทำการถ่ายหัวเชื้อเห็ดขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.1 จำนวน 20 ชิ้น ต่อฟลาส์ก ทำการเลี้ยงในสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2 ทำการติดตามปริมาณกลูโคซามีน (Glucosamine) ตามวิธีของ Sakurai et al. (1977) เมื่อทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

3.3.4 การปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YAในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

ทำการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งใน 4 สภาพ ประกอบด้วย

3.3.4.1 การปรับสภาพด้วยด่างเจือจาง

โดยนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 % อัตราส่วน 10% w/v วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง (ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และคณะ, 2549) 1 และ 1.5ชั่วโมง (ปิยะมาส สิริแสงสว่าง, 2543) จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นจนได้ pH เท่ากับ 7 แล้วจึงนาไปอบแห้งที่ 80 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งดีแล้วจึงนำไปไว้ในโถดูดความชื้นต่ออีก 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำออกมาเก็บในขวดป้องกันความชื้นเพื่อใช้ในการศึกษา

3.3.4.2 การปรับสภาพด้วยกรดอะซิติก

โดยนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh แช่ในกรดอะซิติก 10 % (จากน้ำส้มสายชูหมักธรรมชาติ) อัตราส่วน 10% w/v ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 0.5 และ 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นจนได้ pH เท่ากับ 7 แล้วจึงนาไปอบแห้งที่ 80 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งดีแล้วให้จึงนำไปไว้ในโถดูดความชื้นต่ออีก 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาเก็บในขวดป้องกันความชื้นเพื่อใช้ในการศึกษา

3.3.4.3 การปรับสภาพด้วยความร้อน

โดยนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 5 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผ่านการให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 °ซ ณเป็นเวลา 30 45 นาที (Zia-ur-Rehman et al., 2000) และ 60นาที หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยผ้ากรอง แล้วจึงนาไปอบแห้งที่ 80 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งดีแล้วให้จึงนำไปไว้ในโถดูดความชื้นต่ออีก 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาเก็บในขวดป้องกันความชื้นเพื่อใช้ในการศึกษา

3.3.4.4 การปรับสภาพโดยไมโครเวฟ

โดยนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 7.5 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร มาผ่านการให้ความร้อนจากไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 25 35 และ 45 นาที (Ma et

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

al., 2009) หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยผ้ากรอง แล้วจึงนาไปอบแห้งที่ 80 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งดีแล้วให้จึงนำไปไว้ในโถดูดความชื้นต่ออีก 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาเก็บในขวดป้องกันความชื้นเพื่อใช้ในการศึกษา

จากนั้นนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่ผ่านการปรับสภาพจากข้อ 3.3.4.1 – 3.3.4.4 มาใช้ในการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในฟลาสก์เช่นเดียวกับข้อ 3.3.2 โดยใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.3 ทำการถ่ายหัวเชื้อเห็ดขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.1 จำนวน 20 ชิ้น ต่อฟลาส์ก ทำการเลี้ยงในสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2 ติดตามการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA โดยการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคซามีน (Glucosamine) ตามวิธีของ Sakurai et al. (1977) ภายหลังการเลี้ยงเป็นเวลา 7 วัน และทำการติดตามกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสตาม และเซลลูเลสที่ระบุไว้ใน Pukahuta et al. (2004)

3.3.5 สารอาหารที่เหมาะสมต่อการสร้างเอนไซม์ไซลิเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

3.3.5.1 ปริมาณน้ำตาลเด็กซโตสที่เหมาะสม

ทำการศึกษาปริมาณเด็กซโตสที่ความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5% (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมตามข้อ 3.3.2 โดยใช้ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนบดแห้งที่ผ่านการปรับสภาพที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.4 ปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.3 จากนั้นทำการถ่ายหัวเชื้อเห็ดขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เตรียมได้จากข้อ 3.3.1 จำนวน 20 ชิ้น ต่อฟลาส์ก ทำการเลี้ยงในสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2 ติดตามปริมาณกลูโคซามีน (Glucosamine) ตามวิธีของ Sakurai et al. (1977) และกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสที่ระบุไว้ใน Pukahuta et al. (2004) เมื่อทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

3.3.5.2 ปริมาณ Diammonium hydrogen phosphate (DAP) ที่เหมาะสม

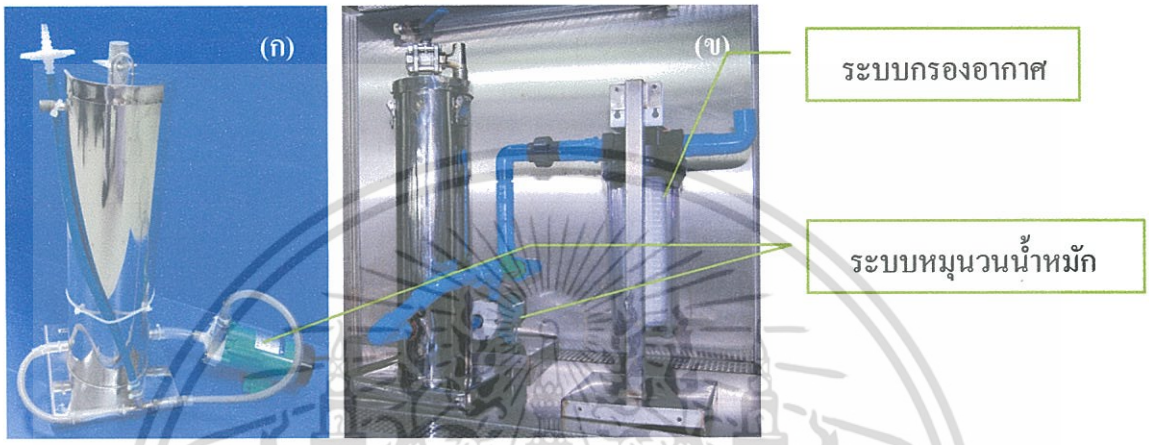
ทำการศึกษาปริมาณ DAP ที่ปริมาณ 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 % (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้ปริมาณเด็กซโตสที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.5.1 และสภาพการเลี้ยงต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่ระบุไว้ในข้อ 3.3.5.2 จากนั้นติดตามปริมาณกลูโคซามีน (Glucosamine) ตามวิธีของ Sakurai et al. (1977) และกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสตามที่ระบุไว้ใน Pukahuta et al. (2004) เมื่อทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

3.4 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร

3.4.1 การปรับปรุงถังหมักระบบผสมอากาศเข้ากับน้ำหมักขนาด 10 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศได้รับการออกแบบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ, 2553) โดยถังต้นแบบก่อนการปรับปรุงแสดงในภาพที่ 3.2 (ก) ซึ่งมีระบบกรองอากาศที่ใช้แผ่นกรอง ในขณะที่ถังหมักที่ปรับปรุงดังแสดงในภาพที่ 3.2 (ข) ได้เปลี่ยนระบบกรองอากาศและระบบท่อ PVC เชื่อมโยงกับระบบการให้อากาศ อย่างไรก็ตามระบบนี้ไม่สามารถเปลี่ยนระบบปั๊มได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องขนาดของถังไม่เหมาะสมกับระบบปั๊มของถังหมักระดับใหญ่จึงทำให้สามารถทำการศึกษาที่ระดับการให้อากาศที่ระดับเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร: (ก) ถังหมักต้นแบบก่อนการปรับปรุง; (ข) ถังหมักต้นแบบภายหลังการปรับปรุง

3.4.2 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร

ทำการศึกษาการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร โดยใช้สภาพการเลี้ยงต่างๆ เช่นเดียวกับที่ระบุในข้อ 3.3.5.2

3.5 การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองในแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองจะนำมาวิเคราะห์หา ANOVA และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Turky's Test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

142908

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ลักษณะของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont LS-YA

ที่ได้รับจาก ผศ.ดร.ชริดา ปุกหุต ที่ปรึกษาโครงการวิจัย มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 4.1 (ก) ซึ่งเลี้ยงบนอาหาร YM agar โดยมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว เจริญแน่นบนผิวหน้าอาหาร แต่ไม่เจริญฟู อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เห็ดขอนขาวปรับสภาพเข้ากับเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ดังนั้นจึงทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาวบนอาหาร YM agar ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 1% และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ และทำการถ่ายเชื้อทุกสัปดาห์

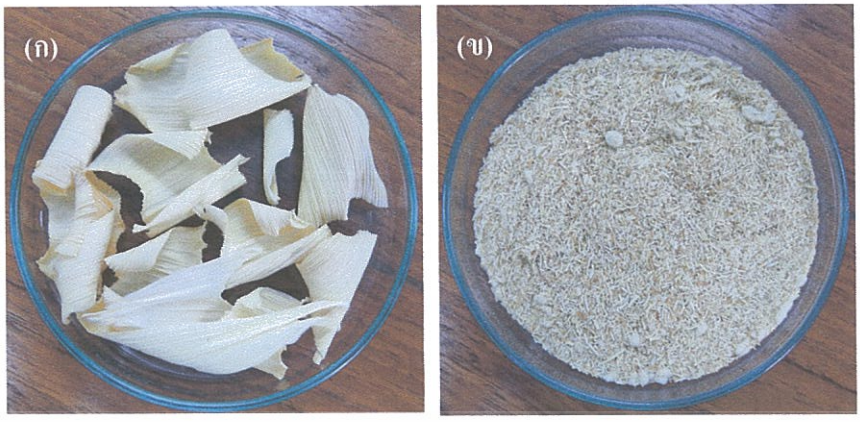
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็ง YM agar

4.2 การเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารแข็งผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบด

เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้ในการศึกษาได้รับมาจากบริษัท แอกโกรนิก้า จำกัด จังหวัดสุพรรณบุรี โดยนำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนสดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปบดให้มีขนาด 0.5 mesh ดังแสดงในภาพที่ 4.2 (ก) และ 4.2 (ข) ที่ใช้ในการศึกษาต่อไป

เมื่อนำเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA มาเลี้ยงบนอาหารแข็ง YM agar ที่ผสมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนแห้งบดในปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 2.5% โดยเพิ่มขึ้นทุก 0.5% ได้ผลของการเจริญของเห็ดขอนขาวดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(มิลลิเมตร) ของเชื้อ *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เจริญในอาหาร ซึ่งมีส่วนผสมของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งความเข้มข้นต่างๆ เพิ่มขึ้นตามระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ลักษณะของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน : (ก) ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 55 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง; (ข) ภายหลังจากบดให้มีขนาด 0.5 mesh เพื่อใช้ในการศึกษา

เวลาในการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ นอกจากนี้แล้วยังพบว่าเมื่อระดับปริมาณของเปลือกข้าวโพดักอ่อนแห้งบดเพิ่มขึ้น การเจริญของเส้นใยเห็ดขอนขาวก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามที่ระดับปริมาณที่ 1.5% - 2.5% มีการเจริญที่สูงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) สำหรับภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นลักษณะการ

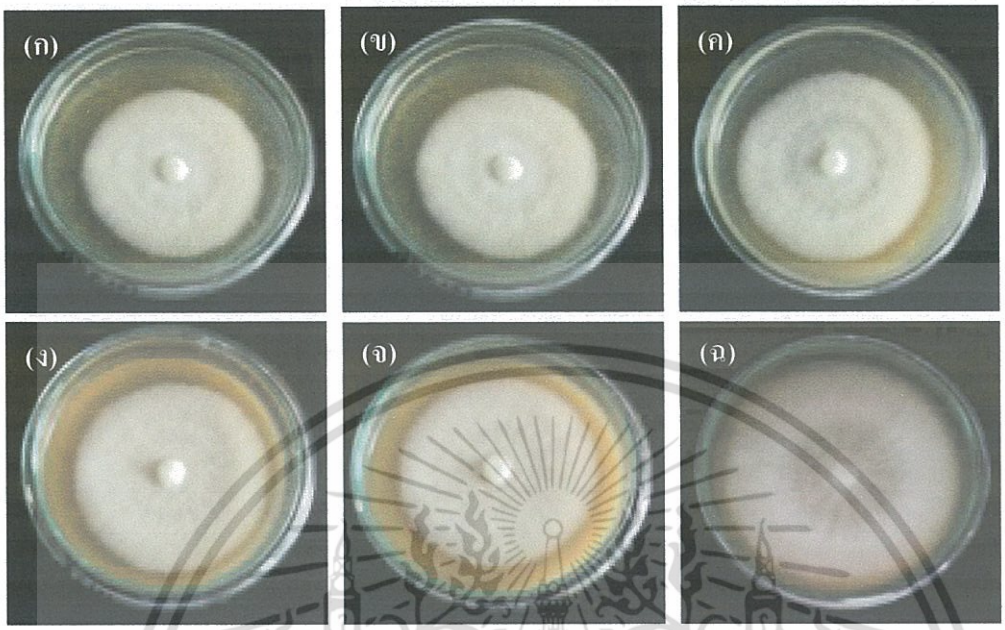
ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) ของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เจริญในอาหาร YM agar ที่เติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบดในระดับปริมาณต่างๆ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

ระยะเวลาในการบ่ม (วัน)	0 % BCH	0.5% BCH	1.0 % BCH	1.5 % BCH	2.0 % BCH	2.5 % BCH
0	5.39^{ns}±0.30	5.23^{ns} ±0.38	5.37^{ns} ±0.16	5.4^{ns} 1±0.31	5.29^{ns} ±0.25	5.28^{ns}±0.13
1	6.99^{c}±0.64	$7.30b^{c}$±0.84	8.16^{ab}±1.63	8.9^{a}±0.52	8.86^{a}±0.85	8.78^{a}±1.06
2	21.73^{d}±2.57	23.89^{bc}±1.27	22.90^{cd}±3.69	25.18^{ab}±1.30	25.30^{ab}±1.60	26.78^{a}±1.19
3	40.98^{b}±3.33	40.94^{b}±1.44	41.08^{b}±3.39	45.95^{a}±1.82	45.86^{a}±2.56	48.16^{a}±2.09
4	59.94^{b}±2.05	61.97^{b}±3.18	61.84^{b}±3.94	69.72^{a}±1.39	69.44^{a}±1.23	70.51^{a}±1.65

*ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test ($p \leq 0.05$); BCH = Baby corn husk, เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญของเห็ดขอนขาวภายหลังจากการบ่มเป็นเวลา 4 วัน อนึ่งจากผลการเจริญของเห็ดขอนขาวบนอาหารแข็งนี้ยืนยันได้ถึงความสามารถในการใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนในการศึกษาเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ที่เจริญในอาหาร YM agar ที่เติมเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบดในปริมาณเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 4 วัน : (ก) 0%; (ข) 0.5%; (ค) 1.0%; (ง) 1.5%; (จ) 2% และ (ฉ) 2.5%

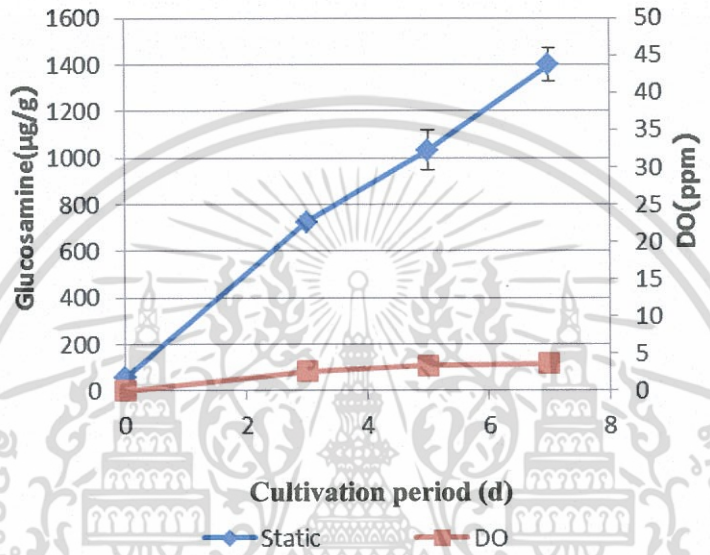
4.3 สภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

ในการศึกษาการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์กนั้นจำเป็นต้องทราบถึงสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสม ตามปกติแล้วสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวในระดับฟลาสก์มีตั้งแต่การเลี้ยงในสภาพวางนิ่ง (Static cultivation) การเลี้ยงในสภาพเขย่าทั้งด้วยเครื่องเขย่าแบบ Reciprocal และ Rotary ซึ่งเรียกว่า Reciprocal and Rotary cultivations ในการศึกษาได้เลือกทำการศึกษาเปรียบเทียบสภาพการเลี้ยงทั้งสามสภาพโดยใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบดเท่ากับ 2.5% ซึ่งเป็นผลที่ให้การเจริญที่ดีจากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3 ทั้งนี้เมื่อทำการติดตามประสิทธิภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลวทั้งสามสภาพที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน โดยอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณกลูโคซามีน รวมทั้งติดตามค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen; DO) ในระหว่างการเลี้ยงด้วยเครื่อง HI9146 Microprocessor Dissolved Oxygen Meter (HANNA Instruments Inc., Romania)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพนิ่ง

เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพวางนิ่งที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน ผลของการเลี้ยงแสดงในภาพที่ 4.4 พบว่า เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีที่สุดในวันที่ 7 ซึ่งได้ปริมาณกลูโคซามีน 1398.96 µg/g ในระหว่างการเลี้ยงในสภาพนิ่งนี้มีปริมาณ DO ในระหว่างช่วงการเลี้ยงไม่สูงนัก (3.64 ppm ในวันที่ 7 ของการเลี้ยง)



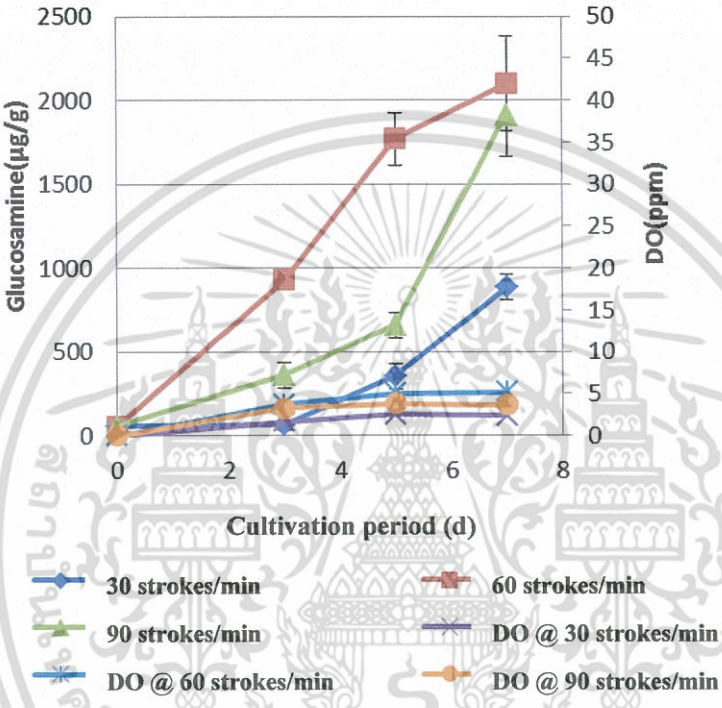
ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลว ในสภาวะวางนิ่งที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.3.2 ผลการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal

การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ reciprocal ที่ความเร็วในการเขย่าที่ 30 60 และ 90 strokes/min เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ ดังผลการเลี้ยงที่แสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งพบว่า เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีที่สุดที่ความเร็วเขย่าเท่ากับ 60 strokes/min โดยในวันที่ 7 ได้ปริมาณกลูโคซามีน 2098.45 µg/g ซึ่งถือได้ว่ามีการเจริญมากกว่าการเลี้ยงที่ความเร็วเขย่า 30 และ 90 strokes/min รวมถึงสภาวะวางนิ่งด้วย การใช้ความเร็วในการเขย่าที่ 30 stroke/min นั้นทำให้เห็ดขอนขาวสร้างเส้นใยขึ้นบนผิวหน้า ไม่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อมากนัก ทำให้มีปริมาณกลูโคซามีนไม่สูงนักเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับการเลี้ยงเห็ดขอนขาวที่ความเร็วในการเขย่าที่สูงขึ้น ส่วนการใช้ความเร็วในการเขย่าที่ 90 strokes/min นั้นทำให้เห็ดขอนขาวถูกแรงกระแทกวนกลับภายในภาชนะจนทำให้เกิดการจับตัวรวมกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ไม่มีการสร้างเส้นใยออกมาจึงทำให้มีปริมาณกลูโคซามีนน้อยกว่าการใช้ความเร็วในการเขย่า 60 strokes/min ซึ่งมีการเจริญเป็นก้อนขนาดเล็กกว่าและมีการสร้างเส้นใยขึ้นมาด้านบนเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่า ค่า DO ในสภาพการเขย่าที่ความเร็ว 60 strokes/min มีค่าสูงกว่าที่ 30 และ 60 strokes/min ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง



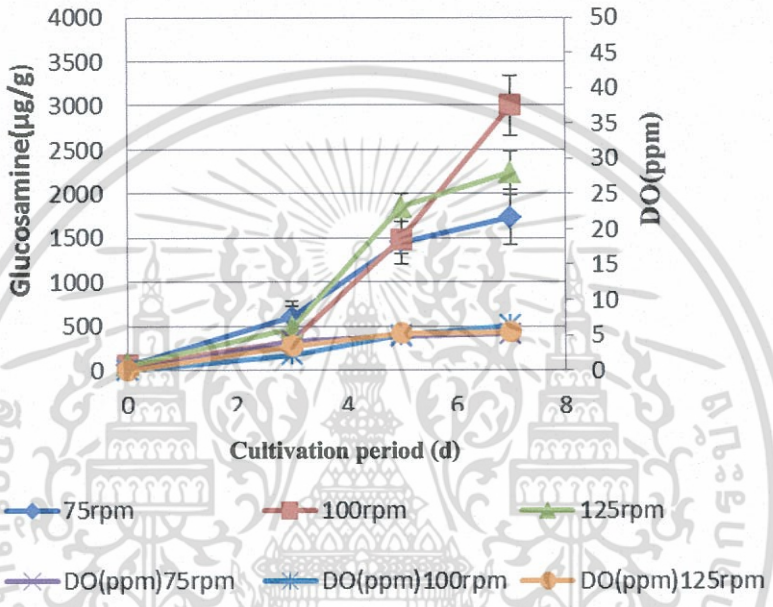
ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.3.3 ผลการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพเขย่าแบบ Rotary

เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ rotary ที่ความเร็วรอบ 75 100 และ 125 rpm เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ ได้ผลการเจริญดังแสดงในภาพที่ 4.6 พบว่า เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีที่สุดในสภาพความเร็วในการเขย่าที่ 100 rpm โดยในวันที่ 7 ได้ปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดถึง 3001.02 µg/g มากกว่าการเลี้ยงเห็ดขอนขาวที่ความเร็วในการเขย่า 75 และ 100 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงการเลี้ยงในสภาพวางนิ่งและสภาพเขย่าแบบ reciprocal ด้วย ทั้งนี้การใช้ความเร็วรอบในการเขย่าที่ 100 rpm นั้นมีปริมาณกลูโคซามีนน้อยกว่าความเร็วอื่นในช่วงแรก (ระยะ 3 วัน แรกของการเลี้ยง) แต่ในระยะยาว (วันที่ 7 ของการเลี้ยง) กลับมีการเจริญของเห็ดขอนขาวสูงกว่าที่ความเร็วรอบในการเขย่าอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามในกรณีของการติดตามค่า DO ในระหว่างการเลี้ยงพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 5.1-6.3 ppm ซึ่งสูงกว่าในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal (มีค่า DO สูงสุดที่ 5.1 ppm; ภาพที่ 4.5) และสภาพวางนิ่ง (ค่า DO 3.64 ppm; ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเมื่อสภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในสภาพเขย่าแบบ Rotary ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.3.4 การเปรียบเทียบผลการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวระดับฟลาส์ก

ในการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวระดับฟลาส์กโดยใช้สภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน พบว่า การเลี้ยงในสภาพการเขย่าแบบ rotary ที่ 100 rpm ในวันที่ 7 ให้ผลปริมาณกลูโคซามีนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าการเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal ที่อัตราเขย่าตั้งแต่ 60 และ 90 strokes/min รวมถึงสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 และ 125 rpm ให้ปริมาณเส้นใยของเห็ดขอนขาว (ค่าปริมาณกลูโคซามีน) ที่สูงกว่าในสภาพการหมักแบบสภาพนิ่งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพทั้งสองมีค่า DO ที่สูงกว่าในสภาพนิ่ง

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณกลูโคซามีน (ไมโครกรัม/กรัม) ของการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งบด 2.5% ที่สภาพการเลี้ยงต่างๆ ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

สภาพการเลี้ยง	ปริมาณกลูโคซามีน (µg/g)
สภาพนิ่ง	1,398.96^{c}±20.71
สภาพเขย่าแบบ Reciprocal (stroke/min)	
30	885.12^{d}±17.43
60	2,098.45^{b}±22.00
90	1,910.76^{bc}±24.22
สภาพเขย่าแบบ Rotary (rpm)	
75	1,736.40^{bc}±38.74
100	3,001.02^{a}±33.93
125	2,238.97^{b}±25.60

*ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของกลูโคซามีนที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

4.3.5 อัตราส่วนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

อัตราส่วนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์กในสภาพการเลี้ยงที่เหมาะสม คือ สภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ พบว่า ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่เหมาะสมและให้ปริมาณกลูโคซามีนที่บ่งชี้ถึงการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA เท่ากับ 5 % (w/v) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 การปรับสภาพของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

เพื่อให้การเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA บนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งในการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลวมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น จึงได้ทำการศึกษาการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว โดยการปรับสภาพที่ใช้ประกอบด้วย การใช้ด่างอ่อน การใช้กรดอ่อน (กรดอะซิติก) การใช้ไอน้ำร้อน และการใช้ไมโครเวฟ เป็นต้น ทั้งนี้ภายหลังจากที่เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งผ่านการปรับสภาพแล้วจะนำไปเลี้ยงเห็ดขอนขาวในอาหารเหลวระดับฟลาส์กที่ใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง 5% (w/v) และทำการเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ บนสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

ปริมาณเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (% w/v)	ปริมาณกลูโคซามีน* (µg/g)
2.5	1,736.40^{b}±14.23
5.0	3,001.02^{a}±33.93
7.5	2,238.97^{b}±16.72

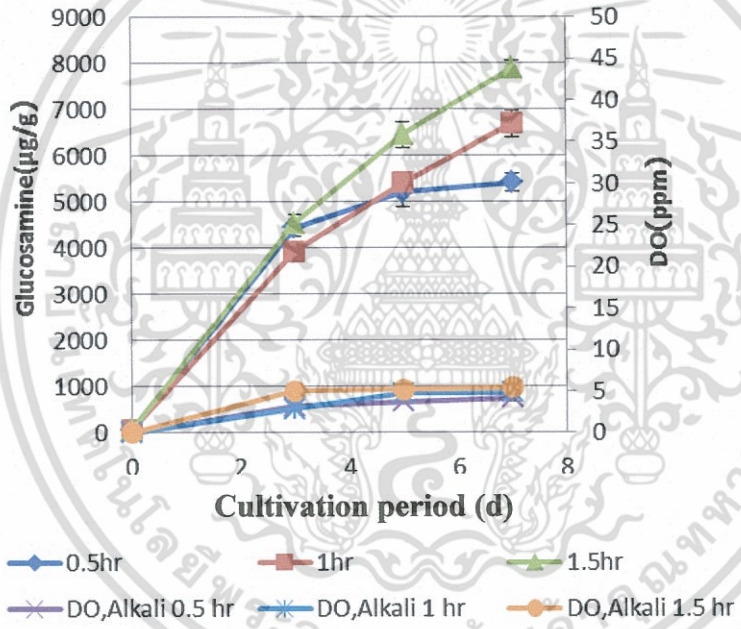
*ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของกลูโคซามีนที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

4.3.6.1 ผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยสารละลายด่าง

ในการปรับสภาพการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยสารละลายด่างนี้ ได้เลือกใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เจือจาง ซึ่งโดยปกติแล้วสารละลาย NaOH จะทำให้วัตถุดิบเกิดการพองตัว ส่งผลให้พื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น ระดับขั้นของพอลิเมอร์ไรเซชันและความเป็นผลึกของวัตถุดิบจะลดลงและเกิดการแยกตัวของโครงสร้างลิกนินและเฮมิเซลลูโลสได้ การใช้สารละลาย NaOH ส่งผลดีต่อวัตถุดิบที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฟางที่มีปริมาณลิกนินต่ำ ทั้งนี้จากการศึกษาของ ฐิติมา คำไชยใหญ่ และคณะ (2554) ที่ใช้การปรับสภาพข้าวโพดด้วยไอน้ำและสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% (w/v) พบว่า ได้ปริมาณเซลลูโลสน้อย แต่ได้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษานี้ พบว่า การปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยการแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% (w/v) ในอัตราส่วน 10% (w/v) เป็นเวลา 0.5 1 และ 1.5 ชั่วโมง พบว่า ในวันที่ 3 ปริมาณการเจริญของเห็ดขอนขาวที่ 0.5 และ 1.5 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.5$) โดยมีการเจริญมากกว่าที่ 1 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ทั้งนี้ต่อมาในวันที่ 5 และ 7 สังเกตได้ว่าการเจริญของเห็ดขอนขาวที่ 1.5 ชั่วโมงสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ 1 และ 0.5 ชั่วโมง ในขณะที่ 1 และ 0.5 ชั่วโมงมีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.5$) ดังแสดงในภาพที่ 4.7 จากผลการศึกษาที่ได้นี้ จะเห็นว่า เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีที่สุดในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ถูกปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ความข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ซึ่งแตกต่างจาก ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และคณะ (2549) ที่รายงานว่า การแช่วัตถุดิบที่ย่อยสลายยากในสารละลาย NaOH เพียง 0.5 ชั่วโมงก็เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษาเป็นสำคัญซึ่งมีผลต่อปริมาณองค์ประกอบจำพวกเซลลูโลสและลิกนิน รวมถึงสายพันธุ์ของเชื้อด้วย



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1% เป็นระยะเวลาต่างๆ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6.2 ผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยสารละลายกรดอะซิติก

โดยปกติแล้วกรดที่ใช้ในการปรับสภาพมักนิยมใช้เป็นกรดอนินทรีย์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้กรดอะซิติกซึ่งปกติแล้วเป็นกรดที่อยู่ในน้ำส้มสายชู จากรายงานของ Maarten et al.(2009) พบว่าในระหว่างการปรับสภาพโดยใช้กรดธรรมชาติจะเกิดสารประกอบเฟอฟูรอลจากน้ำตาลไซโลสน้อยกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก (หรือกรดกำมะถัน) และยังมีผลทำให้ได้ผลผลิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่มีสารยับยั้ง นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยของ Gong et al (2010) ในการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆในการปรับสภาพฟางข้าวเพื่อขจัดลิกนินโดยใช้กรดอะซิติกเข้มข้น 6 18 และ 25% เวลาเพียง 3 นาที ควบคู่กับการใช้รังสีไมโครเวฟ 540 Watt เมื่อใช้กรดอะซิติกเข้มข้น 6% พบว่าพื้นที่รอบนอกส่วนใหญ่ของวัตถุดิบถูกทำลายลงในระดับที่สามารถทำให้มีการย่อยเกิดขึ้นได้ง่าย แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 18% อัตราการกำจัดลิกนินเพิ่มสูงขึ้นและแทบจะไม่เพิ่มอีกเมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นเป็น 25% หมายความว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกเพียง 6% ก็เพียงพอในการทำลายโครงสร้างฟางข้าว นอกจากนี้จากรายงานของ Qin et al. (2012) การใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 0.3% ในการปรับสภาพใบและซังข้าวโพด (corn stover) ใช้เวลาเพียง 30 นาที (0.5 ชั่วโมง) ก็สามารถกำจัดลิกนินลงไปได้ถึง 21%

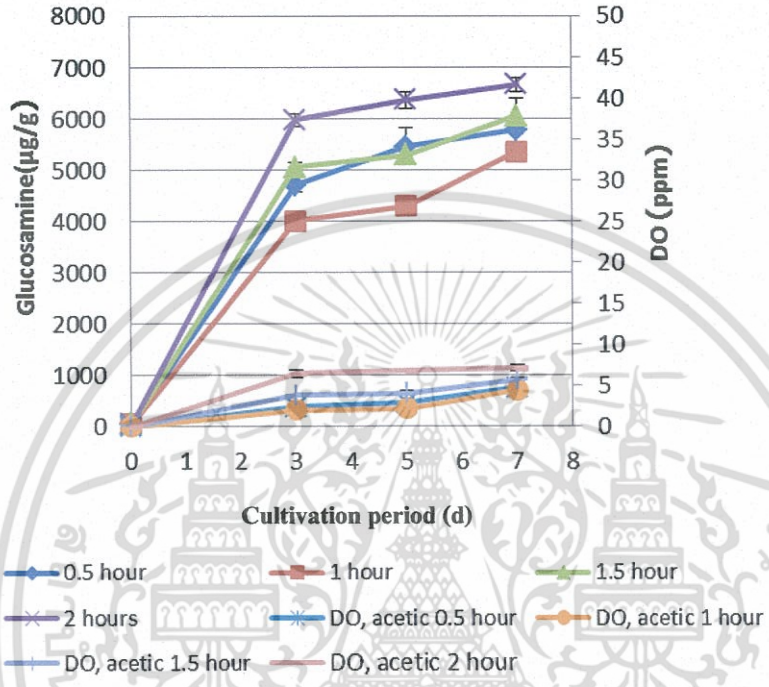
สำหรับผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพโดยใช้กรดอะซิติกเข้มข้น 10% ที่เวลา 0.5 1 1.5 และ 2 ดังแสดงผลในภาพที่ 4.5 พบว่า เปลือกข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพเป็นเวลา 2 ชั่วโมงมีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเมื่อเทียบผลในแต่ละวันทั้งวันที่ 3 5 และวันที่ 7 อีกทั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับช่วงเวลาอื่นๆ ($p \leq 0.5$) ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ส่วนที่เวลา 0.5 และ 1.5 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเทียบผลในแต่ละวัน ($p \geq 0.5$) ทั้งวันที่ 3 5 และ วันที่ 7 และพบว่าการปรับสภาพที่เวลา 1 ชั่วโมง ได้ปริมาณกลูโคซามีนน้อยที่สุด แสดงว่า เชื้อเห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดีที่สุด ในเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายกรดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4.3.6.3 ผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยความร้อน

จากการศึกษาของ Zia-ur-Rehman (2000) พบว่าในการปรับสภาพวัตถุดิบที่ย่อยสลายยากประเภทฟางข้าวโดยใช้ความร้อน เมื่อนำฟางข้าวไปผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ (15 psi) เป็นเวลา 30 และ 45 นาที พบว่า ปริมาณเซลลูโลสที่เวลา 30 นาทีมากกว่าที่เวลา 45 นาที แต่ขณะที่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสเท่ากันเป็น 18% (dry weight basis) และปริมาณลิกนินที่น้อยที่สุดซึ่งได้รับจากการปรับสภาพด้วยความร้อนที่ 45 นาที ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้การใช้ความร้อนลักษระไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ ที่เวลา 30 (0.5ชั่วโมง) 45 (0.75 ชั่วโมง) และ 60 นาที (1 ชั่วโมง) เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อเห็ดขอนขาว ทั้งนี้ผลการศึกษาแสดงในภาพที่ 4.9 ซึ่งพบว่า เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ปรับสภาพด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมงมีการเจริญของเห็ดขอนขาวมากกว่าที่ 0.75 ชั่วโมง อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ในวันที่ 3 และ 5 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.5$) ในวันที่ 7 ของการเลี้ยง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้แตกต่างจากรายงานของ Zia-ur-Rehman (2000) ที่ระบุว่าเวลาที่เหมาะสมในการปรับสภาพด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ คือ เวลา 0.5 ชั่วโมง และรองลงมา คือ ที่เวลา 0.75 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายอะซิติกความเข้มข้น 10% เป็นระยะเวลาต่างๆ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

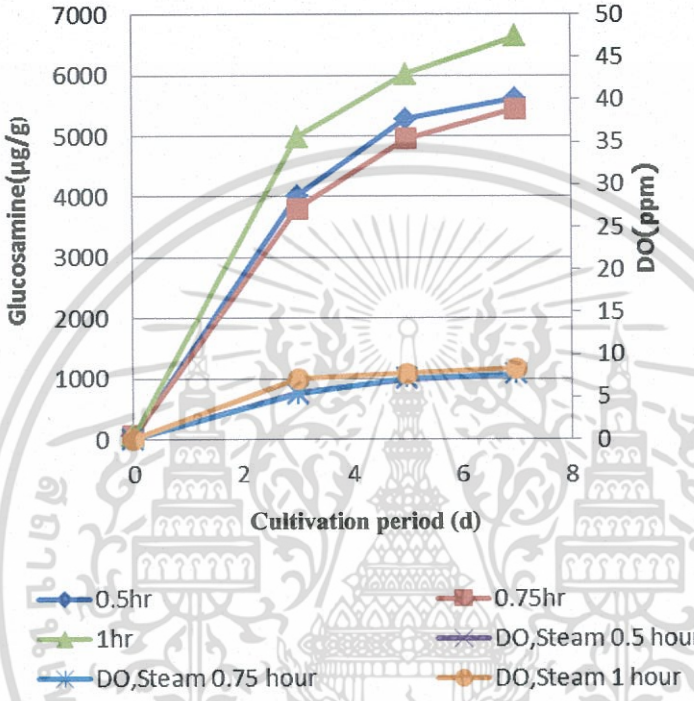
4.3.6.4 ผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

การย่อยสลายวัตถุดิบที่ย่อยสลายยากด้วยรังสีไมโครเวฟนั้น อาศัยหลักการที่รังสีไมโครเวฟจะทำปฏิกิริยากับขั้วโมเลกุลและไอออนในวัตถุดิบซึ่งนิยมใช้ร่วมกับวิธีการปรับสภาพอื่นๆ เช่น การปรับสภาพทางเคมีและปฏิกิริยาชีวภาพได้ นอกจากนี้ยังมีการกล่าวถึงการใช้รังสีไมโครเวฟกับกระบวนการที่ใช้ชีวมวลที่มีเซลลูโลสและมีการพิสูจน์แล้วว่าช่วยในการลดขนาดเซลลูโลสได้ จากงานวิจัยของ Pang et al (2012) แสดงให้เห็นว่ารังสีไมโครเวฟสามารถเปลี่ยนโครงสร้างระดับอัลตร้าของเซลลูโลสได้ โดยสามารถลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส และยังช่วยเพิ่มความสามารถของชีวมวลในการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ได้

ในการศึกษานี้ได้ใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ โดยใช้ปริมาณเปลือกข้าวโพด 75 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร โดยนำไปเข้าไมโครเวฟเป็นเวลา 25 35 และ 45นาที เพื่อศึกษาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดขอนขาว ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 4.10 พบว่าการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟที่เวลา 25 นาที ได้ปริมาณกลูโคซามีนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ทั้งในวันที่ 3

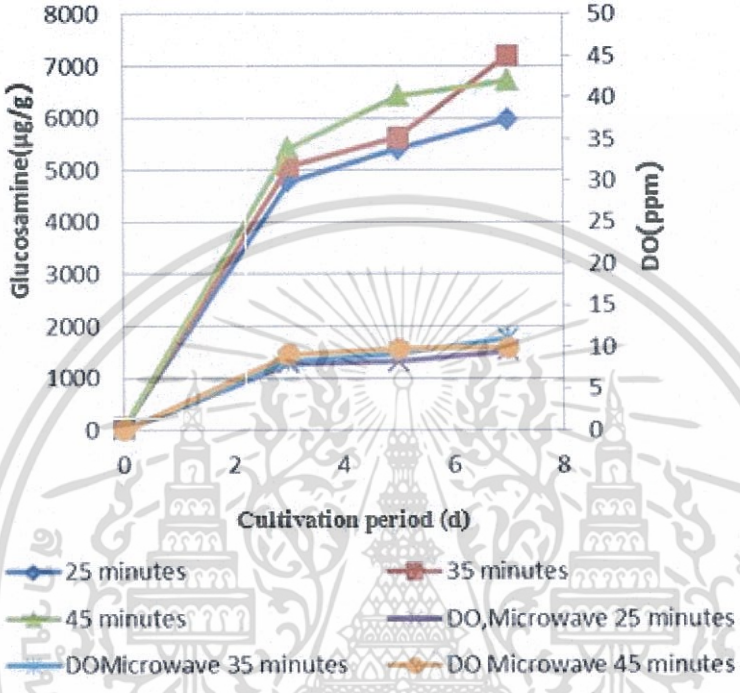


ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

5 และ 7 ส่วนการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟที่เวลา 35 นาทีนั้น ในวันที่ 3 และ 5 พบว่ามีปริมาณกลูโคซามีนน้อยกว่าที่เวลา 45 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) แต่ในวันที่ 7 ปริมาณกลูโคซามีนที่เวลา 35 นาที จะเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยมากกว่าที่เวลา 45 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.5$) ดังนั้นการเจริญของเชื้อเห็ดขอนขาวในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 35 นาที สูงที่สุดโดยเฉพาะในวันที่ 7 ของการเลี้ยงซึ่งต่างออกไปจากงานวิจัยของ Ma et al. (2008) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาและกำลังไมโครเวฟที่ใช้ต่างกัน เมื่อใช้เวลาในการปรับสภาพนานขึ้นอาจมีแนวโน้มที่เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่การเจริญของเห็ดขอนขาวในวันที่ 7 ในการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 45 นาที ให้ปริมาณกลูโคซามีนน้อยกว่าเวลา 35 นาที อาจเนื่องมาจากการปรับสภาพเป็นเวลา 45 นาที อาจทำให้ชีวมวลในเปลือกข้าวโพดถูกย่อยสลายมากกว่าที่เวลา 35 นาที จนทำให้เห็ดขอนขาวเจริญได้ดีกว่าในช่วงแรก แต่ในช่วงวันที่ 6-7 วัตถุดิบที่เชื้อใช้ในการเจริญอาจหมดลง หรือ เกิดการยับยั้งจากเอนไซม์ที่เชื้อปล่อยออกมาเพื่อย่อยวัตถุดิบเอง ทำให้เห็ดขอนขาวไม่สามารถเจริญต่อได้



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคซามีนและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เมื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งปริมาณ 5% ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไมโครเวฟกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ระยะเวลาต่างๆ ในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

4.3.6.5 การเปรียบเทียบผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ ต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในสภาพการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

ในการเปรียบเทียบผลของการปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งด้วยวิธีการปรับสภาพด้วย (1) การแช่สารละลาย NaOH ค Cultivation period (d) ละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10% (3) การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ และ (4) การผ่านไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ โดยอาศัยการติดตามการเจริญของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับสภาพปริมาณ 5% ในสภาพการเลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์กในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน ผลของการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.4 ขณะเดียวกันได้ติดตามกิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนส (xylanase) และเซลลูเลส (cellulase) ที่สร้างจากเห็ดขอนขาวดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

การปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง	ปริมาณกลูโคซามีน* (µg/g)
การแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1%	
- 0.5 ชั่วโมง	5,415.9^{cd}±39.7
- 1.0 ชั่วโมง	6,695.4^{b}±29.5
- 1.5 ชั่วโมง	7,890.3^{a}±29.5
การแช่สารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10%	
- 0.5 ชั่วโมง	5,782.4^{c}±08.1
- 1.0 ชั่วโมง	5,356.9^{d}±21.9
- 1.5 ชั่วโมง	6,054.4^{c}±34.3
- 2.0 ชั่วโมง	6,669.7^{b}±38.7
การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ	
- 0.5 ชั่วโมง	5,618.5^{c}±33.4
- 0.75 ชั่วโมง	5,449.2^{c}±13.3
- 1.0 ชั่วโมง	6,636.4^{b}±22.1
การผ่านไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์	
- 25 นาที	5,977.4^{c}±32.2
- 35 นาที	7,203.1^{b}±41.4
- 45 นาที	6,718.5^{b}±35.7

* ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของกลูโคซามีนที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงกิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กในสภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

การปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง	กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส* (U/ml)	กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส* (U/ml)
การแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1%		
- 0.5 ชั่วโมง	0.29^{d}±0.02	0.47^{g}±0.1
- 1.0 ชั่วโมง	0.39^{abc}±0.08	0.65^{c}±0.09
- 1.5 ชั่วโมง	0.47^{a}±0.07	0.76^{a}±0.12
การแช่สารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10%		
- 0.5 ชั่วโมง	0.33^{cd}±0.03	0.58^{e}±0.08
- 1.0 ชั่วโมง	0.29^{d}±0.07	0.46^{g}±0.05
- 1.5 ชั่วโมง	0.36^{cd}±0.08	0.61^{d}±0.11
- 2.0 ชั่วโมง	0.39^{abc}±0.09	0.64^{c}±0.15
การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ		
- 0.5 ชั่วโมง	0.30^{cd}±0.04	0.56^{ef}±0.09
- 0.75 ชั่วโมง	0.37^{bcd}±0.06	0.54^{f}±0.05
- 1.0 ชั่วโมง	0.39^{abc}±0.04	0.64^{c}±0.13
การผ่านไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์		
- 25 นาที	0.33^{cd}±0.03	0.58^{e}±0.15
- 35 นาที	0.46^{ab}±0.05	0.74^{a}±0.18
- 45 นาที	0.45^{ab}±0.09	0.68^{b}±0.12

* ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของกิจกรรมเอนไซม์ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า การปรับสภาพเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์กใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพการเขย่าแบบ Rotary ที่อัตราการเขย่า 100 rpm คือ **การแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$)**

4.3.7 สารอาหารที่เหมาะสมต่อการสร้างเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์ก

4.3.7.1 ปริมาณน้ำตาลเด็กซโตรสที่เหมาะสม

นำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งมาผ่านการแปรสภาพโดยการแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ปริมาณ 5% เพื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์กโดยใช้การเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ ทั้งนี้ทำการศึกษาถึงปริมาณน้ำตาลเด็กซโตรสในปริมาณ 0 1 2 3 4 และ 5% โดยติดตามปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว ทั้งนี้ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของปริมาณน้ำตาลเด็กซโตรสต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กโดยใช้การเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

น้ำตาลเด็กซโตรส (%)	ปริมาณกลูโคซามีน* (µg/g)	กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส* (U/ml)	กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส* (U/ml)
0	4,895.3^{e}±36.4	0.72^{e}±0.04	0.57^{b}±0.21
1	7,016.0^{d}±48.7	1.62^{d}±0.51	1.25^{b}±0.54
2	7,317.3^{d}±31.3	3.60^{c}±0.20	2.69^{a}±0.43
3	8,080.7^{c}±24.6	4.49^{b}±0.08	2.74^{a}±0.32
4	8,583.0^{b}±37.0	5.25^{ba}±0.31	2.76^{a}±0.43
5	8,956.0^{a}±29.9	5.36^{a}±0.42	3.42^{a}±0.27

*ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.6 สังเกตได้ว่าน้ำตาลเด็กซโตรสมีความสำคัญต่อการเจริญและการสร้างเอนไซม์ของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายด่าง โดยที่ความเข้มข้นน้ำตาลเด็กซโตรสที่เหมาะสม คือ 5%

4.3.7.2 ปริมาณ Diammonium hydrogen phosphate (DAP) ที่เหมาะสม

นำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งมาผ่านการแปรสภาพโดยการแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ปริมาณ 5% เพื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เลี้ยงในสภาพอาหารเหลวในระดับฟลาส์กโดยใช้การเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ ทั้งนี้เติมปริมาณน้ำตาลเด็กซโตรสในปริมาณ 5% พร้อมทั้งศึกษาถึงปริมาณของ DAP ในระดับ 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5% โดยติดตามปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว ทั้งนี้ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของปริมาณ Diammonium hydrogen phosphate ต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ในสภาพการเลี้ยงในอาหารเหลวระดับฟลาส์กที่เติมน้ำตาลเด็กซโตรส 5% ในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่อัตรา 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

Diammonium hydrogen phosphate (%)	ปริมาณกลูโคซามีน* (µg/g)	กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส* (U/ml)	กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส* (U/ml)
0	3,962.1^{c}±21.0	0.46^{c}±0.03	0.69^{d} ±0.10
0.1	6,444.1^{a}±12.1	0.95^{a}±0.12	1.18^{a} ±0.21
0.2	6,341.5^{a}±16.7	0.90^{ab}±0.09	1.10^{ab} ±0.32
0.3	5,531.3^{ab}±25.8	0.80^{b}±0.3	0.96^{abc} ±0.05
0.4	5,192.8^{abc}±30.0	0.61^{c}±0.52	0.90^{bcd} ±0.07
0.5	4,792.8^{bc}±14.4	0.59^{c}±0.24	0.79^{cd} ±0.04

*ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.7 พบว่า ความเข้มข้นของ DAP ในระดับ 0.1% ให้ปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสของเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น**ความเข้มข้นของ DAP ที่เหมาะสมคือ 0.1% (w/v)**

4.4 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร

นำเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งซึ่งผ่านการแปรสภาพโดยการแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ปริมาณ 5% เติมลงในอาหารเหลว Basal medium (Gbolagade et al., 2006) ประกอบด้วย (กรัมต่อลิตร) KH_2PO_4 0.05, $MgSO_4$ 0.05, $FeSO_4$ 0.01, KNO_3 1.55 ปริมาตร 5 ลิตร จากนั้นจึงเติมน้ำตาลเด็กซโตรส 250 กรัม และ DAP 5 กรัม เพื่อเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เลี้ยงในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร (ดังแสดงในภาพที่ 3.2ข) ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ โดยติดตามปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส และน้ำตาลไซโลส ทั้งนี้ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.8

อย่างไรก็ตามก่อนที่จะนำถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร มาใช้ในการศึกษาการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ได้ทดสอบประสิทธิภาพการให้อากาศโดยอาศัยการวัดค่า Volumetric mass transfer coefficient (k_La) ด้วยวิธีการ Sodium sulfite oxidation method (ASCE, 2007) พบว่า ค่า k_La ของถังหมักที่ใช้ (ใช้น้ำหมักปริมาตร 5 ลิตร) เท่ากับ 0.21±0.02 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 92% อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดของขนาดปั๊มที่ใช้การถังหมักต้นแบบจึงทำให้ปริมาณอากาศที่เข้าในระบบมีความจำกัดได้เพียงเท่านี้ ระบบการหมักไม่สามารถเพิ่มค่าระดับความดันได้

จากผลการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ได้ในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน พบว่า เห็ดขอนขาวสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว โดยพิจารณาได้จากปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส (ตารางที่ 4.8) ซึ่งมีปริมาณสูงตั้งแต่การเลี้ยงใน 3 วันแรก และสูงขึ้นเรื่อยๆอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาในการเลี้ยงนานขึ้น โดยที่ระยะเวลา 7 วัน มีปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาวสูงถึง 11,555.2±18.4 µg/g ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสเท่ากับ 6.08±0.22 และ4.17±0.02 U/ml ตามลำดับ ผลจากที่มีเอนไซม์ไซลาเนสสูงจึงทำให้ได้รับน้ำตาลไซโลสเท่ากับ 0.22±0.001 mg/ml

ผลการศึกษาที่ได้นี้บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ในระบบอาหารเหลวได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont. LS-YA ที่เจริญบนเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง (ปริมาณ 5%) ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่สารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง ต่อปริมาณกลูโคซามีน กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลส และน้ำตาลไซโลสในสภาพอาหารเหลวในถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร* ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

ระยะเวลาการเลี้ยง (วัน)	ปริมาณกลูโคซามีน* (μg/g)	กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส** (U/ml)	กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส** (U/ml)	น้ำตาลไซโลส** (mg/ml)
0	15.2^{e} ±3.1	0^{e}	0^{e}	0^{e}
1	$1,689.3^{d}$±20.5	1.89^{d}±0.18	0.92^{d}±0.21	0.01^{d}±0.0007
3	$5,467.6^{c}$ ±32.6	5.17^{c} ±0.28	3.74^{c}±0.03	0.08^{c}±0.0004
5	$8,765.8^{b}$ ±20.1	5.77^{b}±0.32	3.96^{b}±0.03	0.16^{b}±0.0006
7	$11,555.2^{a}$±18.4	6.08^{a}±0.22	4.17^{a}±0.02	0.22^{a}±0.001

*ค่า $k_L a$ ของถังหมักที่ใช้ (ใช้น้ำหมักปริมาตร 5 ลิตร) เท่ากับ 0.21±0.02 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 92% อย่างไร

**ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย Tukey's test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 เห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA สามารถเจริญบนอาหารที่มีเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งเป็นวัตถุดิบได้ดี

5.1.2 การเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพอาหารเหลว อาศัยสารอาหารพื้นฐาน (basal medium) ที่ประกอบด้วย (กรัมต่อลิตร) KH_2PO_4 0.05, $MgSO_4$ 0.05, $FeSO_4$ 0.01, KNO_3 1.55 (Gbolagade et al., 2006) โดยใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ปริมาณ 2.5% (w/v) โดยเลี้ยงใน 3 สภาพ คือ สภาพวางนิ่ง สภาพเขย่าแบบ Reciprocal (30 60 และ 90 strokes/min) และสภาพเขย่าแบบ Rotary (75 100 และ 125 rpm) พบว่า การเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่ 100 rpm ให้การเจริญของเห็ดขอนขาวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณกลูโคซามีนสูงสุดเท่ากับ 3,001.02±33.93 µg/g เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ

5.1.3 สภาพที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ในสภาพเขย่าแบบ Rotary ที่ 100 rpm ณ อุณหภูมิ 30±2 °ซ ประกอบด้วย เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งขนาด 0.5 mesh ที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง รวมถึง Basal medium ที่เติมน้ำตาลเด็กซโตรส 5% และ Diammonium hydrogen phosphate 0.1%

5.1.4 การขยายการระดับการเลี้ยงจากระดับฟลาสก์สู่ระดับถังหมักระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศขนาด 10 ลิตร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA ได้มีนัยสำคัญ นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน โดยมีปริมาณกลูโคซามีนของเห็ดขอนขาวสูงถึง 11,555.2±18.4 µg/g ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนสและเซลลูเลสเท่ากับ 6.08±0.22 และ4.17±0.02 U/ml ตามลำดับ ผลจากที่มีเอนไซม์ไซลาเนสสูงจึงทำให้ได้รับน้ำตาลไซโลสเท่ากับ 0.22±0.001 mg/ml

5.2 ข้อเสนอแนะ

การประโยชน์จากผลผลิตที่เหลือใช้จากการเกษตรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องพิจารณา กระบวนการเลี้ยงเห็ดขอนขาว *L. squarrosulus* Mont LS-YA เพื่อเป็นแหล่งผลิตเอนไซม์ทั้งไซลาเนสและเซลลูเลสมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ของเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้ง อนึ่งการเลี้ยงในระดับใหญ่เช่น ระดับ 100 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น่าจะเป็นกำลังผลิตที่เหมาะสมที่จะสามารถคำนวณผลผลิตที่ได้ว่าเหมาะสมเชิงการค้าหรือไม่ อีกทั้งยังสามารถศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการให้อากาศที่ผันแปรโดยตรงกับ gauge pressure ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. มปป. ตารางคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์. เอกสารแนะนำจัดทำโดยกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN 974-682-167-9.

กรุงเทพธุรกิจ. 2553. เทคโนโลยีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเชิงการค้า ฝีมือคนไทย ต่อยอดงานวิจัยจากศูนย์จสำเร็จ เป็นที่ยอมรับของเอกชน. สืบค้นที่ http://www.newswit.com/gen/2010-09-03/af79f452f78dcb7b8f693a8938910dc7/. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2553.

ชริดา ปุกหุต โสภณ บุญลือ และ ประเสริฐ วุฒิคัมภีร์. 2542. การศึกษาสายพันธุ์เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.). คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ฐิติมา คำไชยใหญ่ สมบูรณ์ อนันตลาโภชัย และศุภรินทร์ ไชยกลางเมือง. 2554. การปรับสภาพต้นข้าวโพดด้วยไอน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเพื่อผลิตเอทานอล. เอกสารการประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์ อรไท สุขเจริญ และวิบูลย์ศรี เรืองทวีสิน. 2549. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์ไซลาเนสจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* TISTR 3175 ในอาหารแข็ง. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง 15(1) : 23-31.

วสันณ์ เพชรรัตน์ และ อนุสรณ์ ทองวิเศษ. 2546. ผลของกากเนื้อในปาล์มน้ำมันต่อผลผลิตเห็ดหูหนู (*Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc.) และเห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*). วารสารสงขลานครินทร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(5): 589-594.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มข้าวโพดฝักอ่อน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัย บริษัท แอกโกร - ออน (ประเทศไทย) จำกัด ปี พ.ศ. 2546. 30 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2550ก. การติดตามความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวโพด. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัย บริษัท ไวน์วิเศษ จำกัด ปี พ.ศ. 2549 – 50. 25 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา และอัสนี วิจิตระกะ. 2550ข. การพัฒนาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักเพื่อรองรับเทคโนโลยีผลิตน้ำส้มสายชูจากต่างชาติ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ.2548 – 50. 53 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วราวุฒิ ครูส่ง. 2551ก. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมัก High Speed Agitation ขนาด 600 ลิตร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2548 – 50. 23 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2551ข. การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเกษตรอินทรีย์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2550 – 51. 26 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2552. การเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกรดในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมัขนาด 600 ลิตร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี นักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ปี พ.ศ. 2548 – 50. 16 หน้า.

วราวุฒิ ครูส่ง พนิต เพ็ชรน่วม และ ประภาส ปิ่นวิเศษ. 2553. การผลิตน้ำส้มสายชูหมัก: การพัฒนาเคโนโลยีเพื่อทดแทนการนำเข้า...สู่การยอมรับของภาคเอกชนไทย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย. 1(1): 14-21.

ศูนย์สื่อสารวิทยาศาสตร์ไทย สวทช. มปป. น้ำตาลไซโลสจากเปลือกข้าวโพดแห้ง. สืบค้นจาก http://www.thaigoodview.com/node/20981. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2554.

อุทัย อ้นพิมพ์. 2546. การศึกษาสูตรอาหารและวิธีการให้น้ำในโรงเรือนเปิดดอกที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดขอนขาวในจังหวัดอุบลราชธานี. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 33 หน้า.

Abdullah, N., S.M. Ismail, N.A.M. Omar, S. Vikineswary, U.R. Kuppusamy and M.A. Abdulla. 2010. Antioxidant extract from *Lentinus squarrosulus* (Mont.) as potential nutraceutical ingredient and food stabilizer. (On line) Available on http://www.biotek.gov.my/nbs2010/program/oral/ac/abstract/day2/Noorli dah%20Abdullah%20UM.pdf. Accessed Date on 5 July 2011.

Adesina, F.C., I.O. Fasidi and O.C. Adenipekun. 2011. Cultivation and fruit body production of *Lentinus squarrosulus* Mont. (Singer) on bark and leaves of fruit trees supplemented with agricultural waste. African Journal of Biotechnology 10(22): 4608-4611.

AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Association of Analysis Chemists. Virginia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atikpo, M., O. Onokpise, M. Abazinge, C. Louime, M. Dzomeku, L. Boateng and B. Awmbilla. 2008. Sustainable mushroom production in Africa: A case study in Ghana. African Journal of Biotechnology 7(3): 249-253.

Ayodele, S.M., E.O. Akpaja and F. Anyiador. 2007. Evaluation of the yield of *Lentinus squarrosulus* Mont. (Singer) on selected economic tree species. Pakistan Journal of Biological Sciences 10(23): 4283-4286.

ASCE. 2007. Measurement of oxygen transfer in clean water. In: Stenstrom M, editor. Standards ASCE/EWRI 2-06, 42p.

Banjo, N.O. and A.O. Kuboye. 2000. Comparison of the effectiveness of some common Agro-industrial wastes in growing three tropical edible mushrooms. Proceedings of the Internal Conference on Biotechnology: Commercialization and Food Safety, Nigeria, pp. 161-168.

Deschatelets, L. and E.K.C. Yu. 1986. A simple pentose assay for biomass conversion studies. Applied Microbiology and Biotechnology 24: 379-385.

Deejing, S. and W. Ketkorn, 2009. Comparison of hydrolysis conditions to recover reducing sugar from various lignocellulosic Materials. Chiang Mai Journal of Science. 36(3): 384-394

Eimsa-ard, A., P. Pittayakajonwuthi and S. aug-kanon. 2005. The anti-oxidative property from Thai edible fungi. The 31st Congress on Science and Technology of Thailand. Suranaree University of Technology. 18-20 October 2005.

Fasidi, I.O. and M. Kadiri. 1999. Changes in nutrient contents of Termitomyces robustus (Geeli) Heim and Lentinus subnudus Berk during sporophore development. Acta Botanica Hungarica 36: 167-172.

Gbolagade, J., A. Sobowale and D. Adejoye. 2006. Optimization of submerged culture condition for biomass production in *Pleurotus florida* (Mont.) Singer, a Nigerian edible fungus. African Journal of Biotechnology 5(6): 1464-1469.

Gong, L., D. Liu and Y. Huang. 2010. Microwave-assisted organic acid pretreatment for enzymatic hydrolysis of rice straw. Biosystems Engineering. 107: 67-73.

http://www.agric-prod.mju.ac.th/web-veg/mushroom/chapter9a7.pdf. เห็ดขอนขาว. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2554.

http://www.did.go.th/inform/article/artileg.html. การใช้เศษวัสดุเหลือใช้ของข้าวโพดฝักอ่อนและข้าวโพดหวานเป็นอาหารสัตว์. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jose, R.A. and J. Kayode. 2009. Determination of protein content of some different types of species of mushroom in Owo local government area of Ondo state, Nigeria. Ethnobotanical Leaflets 13: 917-920.

Ma, H., W.W. Liu., X. Chen., Y.J. Wu and Z.L. Yu. 2009. Enhanced enzymatic saccharification of rice straw by microwave pretreatment. Biosource Technology. 100: 1279-1284.

Maarten, A., J. Kootstra, H.H. Beeftink, E.L. Scott, P.M. Sanders. 2009. Comparison of dilute mineral and organic acid pretreatment for enzymatic hydrolysis of wheat straw. Biochemical Engineering Journal. 46: 126-131.

Mohan, P.R., B. Ramesh and O.V.S. Reddy, 2012. Biological pretreatment of rice straw by *Phenarocheate chrysosporium* for the production of cellulases and xylanases using *Asperigillus niger*isolate. Journal of Microbiology. 7: 1-12.

Omar, N.A.M., N. Abdulah, U.R. Kuppusamy, M.A. Abdulla and V. Sabaratnam. 2011. Nutritional composition, antioxidant activities and antiulcer potential of *Lentinus squarrosulus* (Mont) mycelia extract. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. Vol 2011 Article ID 53356, 8 pages. (On line) Available on http://www.hindawi.com/journals/ecam/2011/539356/. Accessed Date on 5 July 2011.

Pang, F., S. Xue, S. Yu, C. Zhang, B. Li and Y. Kang. 2012. Effect of microwave power and microwave irradiation time on pretreatment efficiency and characteristics of corn stover using combination of steam explosion and microwave irradiation (SE-MI) pretreatment. Bioresource Technology 118: 111-119.

Pi, N., W. Jatto, S. Oranusi and S.J. Josiah. 2006. Proximate analysis of *Lentinus squarrosulus* (Mont.) Singer and *Psathyrella atroumbonata* Pegler. African Journal of Biotechnology 5: 366-368.

Pukahuta, C., P. Suwanarit, E. Shianagawa, H. Hoshida and Y. Nishizawa. 2004. Combination of laccase, xylanase and cellulose in lignocellulose degradation by white rot fungi, *Lentinus polychrous* Lev. And *L. squarrosulus* Mont. Kasetsart Journal (Natural Science) 38: 65-73.

Qin, L., Z.H. Liu, B.Z. Li, B.E. Dale and Y.J. Yuan. 2012. Mass balance and transformation of corn stover by pretreatment with different dilute organic acids. Bioresource Technology. 112: 319-326.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Royce, D.J., B.D. Bahler and C.C. Bahler. 1990. Enhanced yield of shiitake by saccharide amendment of the synthetic substrate. Applied and Environmental Microbiology 56(2): 479–482.

Sakurai, Y., T.H. Lee and H. Shiota. 1977. On the convenient method for glucosamine estimation in koji Agricultural Biology and Chemistry. 41(4): 619-624.

Subramonian, K., S.L. Subha and A.S. Ganthi. 2010. Effect of different media on the mycelial growth of *Lentinus squarrosulus* Mont. International Journal of Plant Sciences 5(1): 78-80.

Sudirman, L.I., G. Lefebvre, E. Kiffer and B. Botton. 1994. Purification of antibiotics produced by *Lentinus squarrosulus* and preliminary characterization of a compound active against Rigidoporus lignosus. Current Microbiology. 29: 1-6.

Tontyaporn, S. 1997. Bioconversion of agricultural waste. Mushroom cultivation in Thailand. In Food Processing Technology for Africa (Emerging Technological Series). Hamid, A.D. (ed.), UNIDO, Vienna, pp.196.

Wuyep, P.A., A.U. Khan and A.J. Nok. 2003. Production and regulation of lignin enzymes from *Lentinus squarrosulus* (Mont) Singer and Psathyrella atroumbonata Pegler. African Journal of Biotechnology 2: 444-447.

Zabihi, S., R. Alinia, F. Esmaeilzadeh and J.F. Kalajahi. 2010. Pretreatment of wheat straw using steam, steam/acetic acid and steam/ethanol and its enzymatic hydrolysis for sugar production. Biosystem engineering. 105: 288-297.

Zia-ur-Rehman, A.H. and W.H. Shah. 2000. Increasing the palatability and digestibility of rice straw by treating with alkalies and pressurized steam. Pakistan Journal of Pakistan Journal of Agricultural Research. 16(2): 92-95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

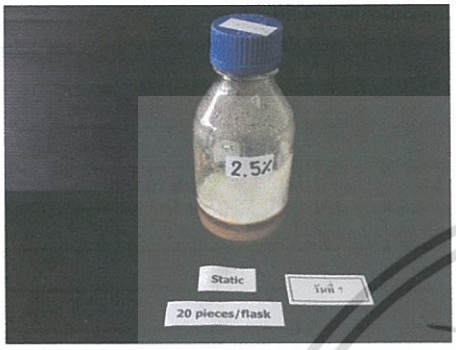
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

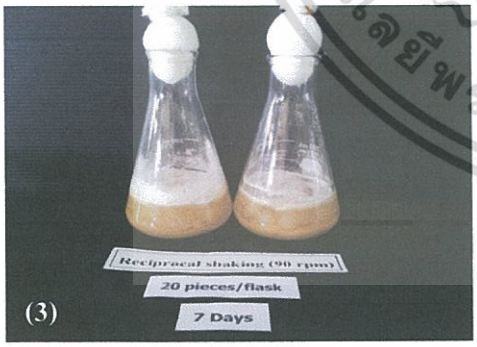
ลักษณะการเจริญของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์กที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน

เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ยังไม่ผ่านการปรับสภาพ

(ก) การเลี้ยงในสภาพวางนิ่ง

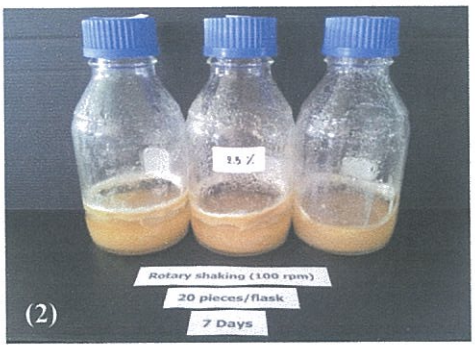


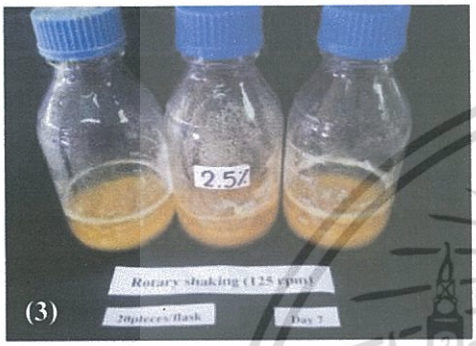
(ข) การเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Reciprocal : (1) 30 strokes/min; (2) 60 strokes/min และ (3) 90 strokes/min



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

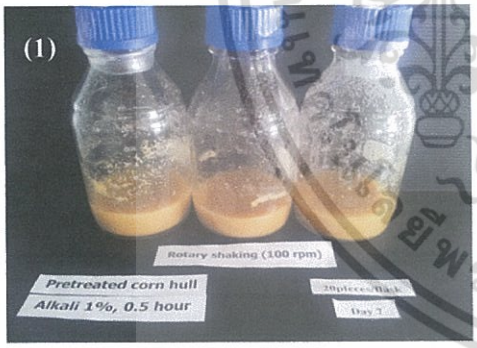
(ค) การเลี้ยงในสภาพเขย่าแบบ Rotary : (1) 75 rpm; (2) 100 rpm และ (3) 125 rpm

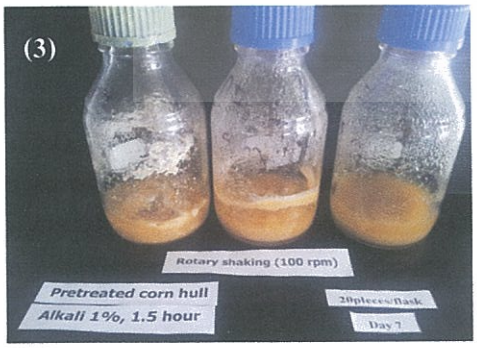




<u>เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนอบแห้งที่ผ่านการปรับสภาพ</u>

(ก) การปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1% สภาพเขย่าแบบ Rotary อัตรา 100 rpm เป็นเวลา: (1) 0.5 ชั่วโมง; (2) 1.0 ชั่วโมง และ (3) 1.5 ชั่วโมง





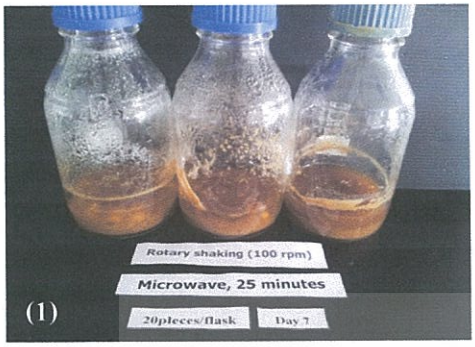
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

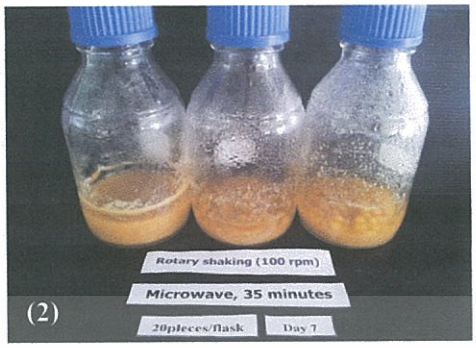
(ข) การปรับสภาพด้วยการแช่ในสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 10% สภาพเขย่าแบบ Rotary อัตรา 100 rpm เป็นเวลา: (1) 0.5 ชั่วโมง; (2) 1.0 ชั่วโมง; (3) 1.5 ชั่วโมง และ (4) 2.0 ชั่วโมง

(ค) การปรับสภาพด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา: (1) 0.5 ชั่วโมง; (2) 0.75 ชั่วโมง และ (3) 1.0 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

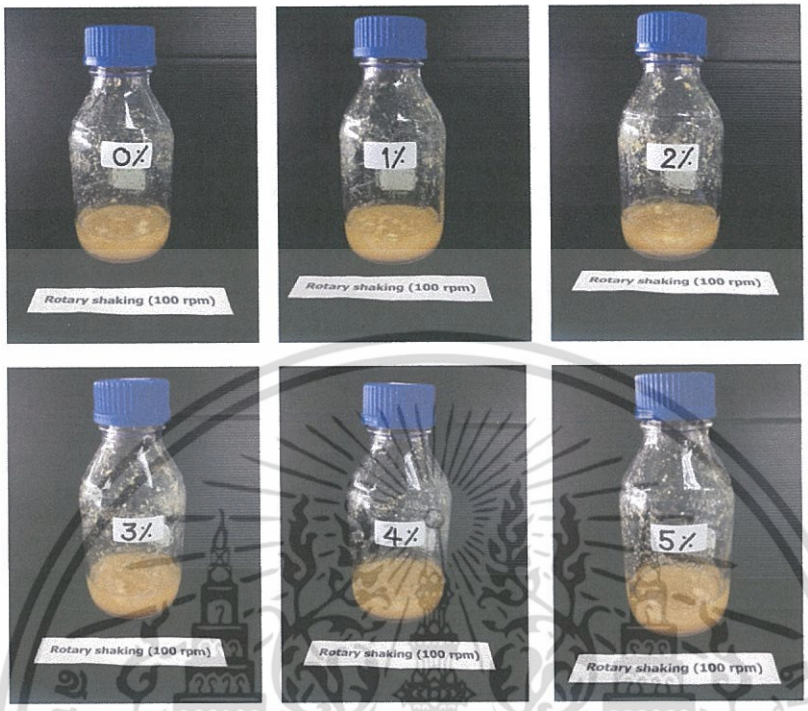
(ง) การปรับสภาพด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา: (1) 25 นาที; (2) 35 นาที และ (3) 45 นาที





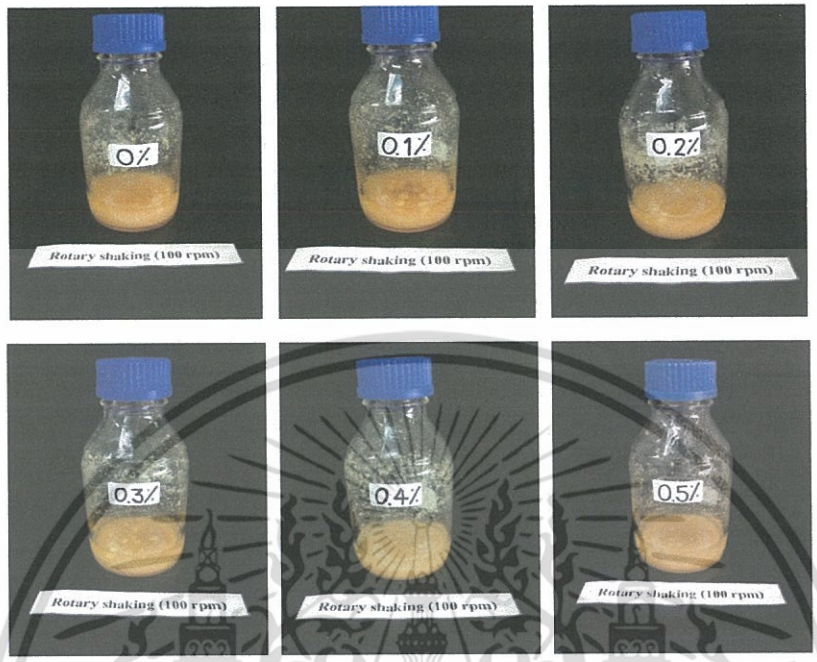
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของน้ำตาลเด็กซโตรสต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์กที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของ DAP ต่อการเจริญของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. LS-YA ในอาหารเหลวในระดับฟลาส์กที่อุณหภูมิ 30±2 °ซ เป็นเวลา 7 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ไซลาเนส (Xylanase) (Pukahuta et al. 2004)

สารเคมี ประกอบด้วย

1. Mcllvaine buffer (pH 5.0)
2. สารละลายไซแลนเข้มข้น 2%
3. สารละลาย Sodium dodecyl sulfate เข้มข้น 0.3%

วิธีการ

1. สารละลายเอนไซม์ไซลาเนสกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 โดยนำสารละลายส่วนที่ได้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบ
2. ใส่สารละลายไซแลนเข้มข้น 2% ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร Mcllvaine buffer (pH 5.0) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในหลอดทดสอบ
3. นำหลอดทดสอบไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
4. หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยเติมสารละลาย Sodium dodecyl sulfate เข้มข้น 0.3% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที
5. หลอดควบคุม (control) ให้นำสารละลายเอนไซม์ไซลาเนสปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร Mcllvaine buffer (pH 5.0) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบ จากนั้นนำไปหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ทันที โดยไม่ต้องบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
6. นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่แรง 800 g เป็นเวลานาน 5 นาที หลังจากนั้นจึงนำส่วนใส่ไปวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi and Nelson method.,(1952)

2. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase) (Pukahuta et al. 2004)

สารเคมี

1. Mcllvaine buffer (pH 5.0)
2. สารละลาย Carboxymethyl cellulose (CMC) เข้มข้น 2%
3. สารละลาย Sodium dodecyl sulfate เข้มข้น 0.3%

วิธีการ

1. สารละลายเอนไซม์เซลลูเลสกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำสารละลายส่วนที่ได้ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใส่สารละลาย Carboxymethyl cellulose (CMC) เข้มข้น 2% ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร Mcllvaine buffer (pH 5.0) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในหลอดทดสอบ
3. นำหลอดทดสอบไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
4. หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยเติมสารละลาย Sodium dodecyl sulfate เข้มข้น 0.3% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที
5. หลอดควบคุม (control) ให้นำสารละลายเอนไซม์เซลลูเลสปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร Mcllvaine buffer (pH 5.0) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดสอบ จากนั้นนำไปหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ทันที โดยไม่ต้องบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
6. นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่แรง 800 g เป็นเวลานาน 5 นาที หลังจากนั้นจึงนำส่วนใส่ไปวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi and Nelson method (AOAC, 1995)

3. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธีของ Somogyi and Nelson method (AOAC, 1995)

สารเคมี

1. Copper Reagent

1.1 สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate solution)

ละลาย Copper sulfate ($CuSo_4.5H_2O$) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.2 สารละลายฟอสเฟต-ทาร์เทรต (phosphate-tartrate solution)

ละลาย Disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) 28 กรัม ในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร เติม Sodium potassium tartrate ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$) 40 กรัม ทำให้ละลายแล้วเติมสารละลาย Sodium hydroxide ความเข้มข้น 1N ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และ Sodium sulfate (Na_2SO_4) 120 กรัม เมื่อละลายดีแล้ว ปรับปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 900 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 2 วัน ถ้ามีตะกอนให้กรองออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นจึงผสมสารละลายข้อ 1.1 และ 1.2 เข้าด้วยกัน

2. Nelson Reagent

2.1 ละลาย Ammonium molybdate $(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O$ 25 กรัม ในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 21 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2.2 ละลาย Disodium arsenate ($Na_2NAsO_4.7H_20$) 3 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร

2.3 ผสมสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 แล้วจึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปเก็บในขวดสีชา

วิธีการ

1. ใช้สารละลายน้ำตาลไซโลสมาตรฐาน หรือตัวอย่างสารละลาย ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองขนาดกลาง

2. เติม Copper Reagent 1มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที จากนั้นจึงทำให้เย็นทันที
3. เติม Nelson Reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาทีที่อุณหภูมิห้อง
4. เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยเทียบค่าน้ำตาลไซโลสจากกราฟมาตรฐาน หรือคำนวณได้จาก

กิจกรรมของเอนไซม์ไซลาเนส หรือเอนไซม์เซลลูเลส (หน่วย/มิลลิลิตร)

$$= \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 nm} \times \text{ปริมาณเอนไซม์ในปฏิกิริยา} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน} \times \text{เวลาในการเกิดปฏิกิริยา}}$$

4. การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลไซโลส (Deschatelets and Yu. 1986)

วิเคราะห์หาปริมาณไซโลสในส่วนใส โดยอาศัยการเกิดเฟอฟูรอล (furfural) จากเพนโทส ในสารละลายกรดอะซิติกที่มี Thiourea อยู่แล้วเติม p-bromoaniline acetate เพื่อทำปฏิกิริยากับเฟอฟูรอลได้สารละลายสีชมพู

สารเคมี

1. p-bromoaniline reagent เตรียมโดยละลาย Thiourea 4 กรัม ในกรดอะซิติกเข้มข้นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วแยกส่วนใสออกมา (กรดอะซิติกอิ่มตัวด้วย Thiourea) จากนั้นละลาย p-bromoaniline 2 กรัม ลงในส่วนใสนั้น

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง หรือสารละลาย ไซโลสมาตรฐานปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
2. เติม p-bromoaniline reagent ลงไป 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
4. ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วบ่มต่อในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 70 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร
6. นำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของไซโลสในสารละลายตัวอย่าง โดยเทียบค่าน้ำตาลไซโลสจากกราฟมาตรฐาน หรือคำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความเข้มข้นไซโลส (กรัมต่อลิตร)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร} \times \text{อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณกลูโคซามีน (Sakurai et al.1977)

สารเคมี

1. Acetyl acetone

เตรียมโดยเติม 4 เปอร์เซ็นต์ของ Acetyl acetone ลงใน 1.25M Na_2CO_3

2. Ehrlich reagent

para-dimethylaminobenzaldehyde	1.6	กรัม
HCL เข้มข้น	30	มิลลิลิตร
เอธานอล 95%	30	มิลลิลิตร

วิธีการ

1. นำตัวอย่างที่อบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส บดละเอียด ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 60% 2 มิลลิลิตร ตั้งที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง
2. นำมาเจืองจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 นอร์มอล
3. นำเข้าหม้อนึ่งออโต้เครป (Autoclave) ที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
4. นำสารละลายที่ได้มาทำให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH 1N ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น กรองส่วนใส่ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4
5. นำสารละลายส่วนใสที่ได้ 1 มิลลิลิตร ผสมกับ Acetyl acetone 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่น้ำเดือด นาน 20 นาที
6. ทำให้เย็น จากนั้นจึงใส่เอธานอล 95% 6 มิลลิลิตร และ Ehrlich reagent 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
7. บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทำให้เย็น และนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 530 นาโนเมตร โดยเทียบค่ากลูโคซามีนจากกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร.วราวุฒิ ครูส่ง.....

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D	Food Science	University of the Philippines at Los Banos	2533
วท.ม	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2528
วท.บ	ชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2525

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....

(1) การพัฒนากระบวนการหมักน้ำส้มสายชู

(2) จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร

(3) การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2555	รางวัลบุคคลที่ทำคุณประโยชน์และชื่อเสียงให้แก่สถาบัน	สภาคณาจารย์และพนักงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2555	รางวัลอาจารย์ดีเด่นประจำปี 2555	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2555	รางวัลเทคโนโลยีเครื่องจักรกลยอดเยี่ยม รางวัลที่ 1 สาขาเครื่องจักรกลการผลิต ในการประกวดรางวัลเทคโนโลยีเครื่องจักรกลยอดเยี่ยม ประจำปี 2554	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2551	Professional Award ชนะเลิศอันดับสาม โครงการ IRPUS ประจำปี 2551	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2550	Best iTAP Partnership Award	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		อุตสาหกรรมไทย (iTAP) ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี (TMC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

ทุนวิจัยที่กำลังได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2556-59	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวไร่แลการใช้ประโยชน์	กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2556-57	การเพิ่มประสิทธิภาพการทนความร้อนของหัวเชื้อน้ำส้มสายชู *Acetobacter aceti* WK ด้วยประจุแคลเซียม	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2556	การพัฒนาและการให้คำปรึกษากระบวนการผลิตวุ้นเซลลูโลสจากน้ำสับปะรดที่เป็นผลพลอยได้	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2555-56	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากมะม่วง	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2555	การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำผักกาดเขียปลีที่เหลือใช้	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2554-55	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจาสับปะรดนางแล-ภูแลในระบบกึ่งต่อเนื่อง	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2554-55	การปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชู *Acetobacter aceti* สป๕ เพื่อผลิตกรดได้ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2553-54	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำตแห้วที่เป็นผลพลอยได้	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2553-54	การปรับสภาพหัวเชื้อน้ำส้มสายชู *Acetobacter aceti* WK ให้ทนความเข้มข้นกรดสูงด้วยเทคนิค Repeated Fed Batch	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2553-54	การคงเสถียรภาพของหัวเชื้อ *Acetobacter aceti* สป5 เพื่อผลิตกรดและทนกรด 10-12% และการใช้น้ำแครอทเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักน้ำส้มสายชู	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2552-53	การเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกรดอะซิติกของ *Acetobacter aceti* WK ที่ตรึงเซลล์ด้วยใยบวบในถังหมักแบบยกอากาศ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2552-53	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเศเหลือใช้จากกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น	บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด
2552-53	การพัฒนาหัวเชื้อ *Acetobacter aceti* สป5 ให้มีประสิทธิภาพการสร้างกรด 10-12% ในถังหมักน้ำส้มสายชู High Speed Agitation ขนาด 600 ลิตร	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2551-52	การเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยข้าวด้วยโคจิข้าวของเชื้อรา *Amylomyces* spp. DK	โครงงาน IRPUS สกว.
2551-52	การผลิตวุ้นเซลลูโลสสีแดงโดยอาศัยการหมักด้วยเชื้อรา *Monascus purpureus* ในน้ำลวกข้าวโพดฝักอ่อน	โครงงาน IRPUS สกว.
2551-52	น้ำส้มสายชูหมักจากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตน้ำผักและผลไม้: กากแครอท	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2551-52	การเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกรดในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมักขนาด 600 ลิตร	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2551-52	การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botrytis cinerea* บนผิว	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ของสตรอเบอร์รี่สดด้วยน้ำส้มสายชูหมัก	เกษตร สจล.
2551	การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อรา *Rhizopus oligosporus* เพื่อใช้ในการผลิตเทมเป้จากถั่วเหลืองอินทรีย์สำหรับเป็นวัตถุดิบอาหารสุขภาพ	โครงการ IRPUS สกว.
2551	ผลของออกซิเจนต่อการเพิ่มอัตราการสร้างกรดอะซิติกจากแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* WK ในระบบหมุนวนน้ำหมัก	โครงการ IRPUS สกว.
2550-51	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากข้าเกษตรอินทรีย์	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2550-51	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในถังหมัก High Speed Agitation ขนาด 600 ลิตร	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2550-51	การสร้างฟิล์มชีวภาพของแบคทีเรียอะซิติกบนซังข้าวโพดในระดับห้องปฏิบัติการ	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2550	การหมักไซเลทจากเศษข้าวโพดฝักอ่อน เศษข้าวโพดหวานผสมกับยีสต์ที่เหลือจากการผลิตไวน์	โครงงาน IRPUS สกว.
2550	การใช้ประโยชน์จากยีสต์ที่เหลือจากการหมักไวน์เพื่อทดแทนยีสต์สกัดในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการหมักไวน์และน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มข้าวโพดฝักอ่อน	โครงงาน IRPUS สกว.
2549-50	การลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติก	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2549-50	น้ำส้มสายชูจากเปลือกและเนื้อมะม่วงเพื่อเอกลักษณ์ไทย	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2550	การปรับปรุงหัวเชื้อสำหรับหมักน้ำส้มสายชูจากไวน์ข้าว	งบประมาณเงินรายได้ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2548-50	การพัฒนาหัวเชื้อน้ำส้มสายชูหมักเพื่อรองรับเทคโนโลยีผลิตน้ำส้มสายชูจากต่างชาติ	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2548-49	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อยีสต์และแบคทีเรียอะซิติกใน	งบประมาณเงินรายได้ โครงการคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ระหว่างการหมักน้ำส้มสายชูระบบ Single Stage	อุตสาหกรรมเกษตร สจล.
2547-48	การปรับสภาพเชื้อ *Acetobacter sp.* สป5 ให้ปราศจากเจลสำหรับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มข้าวโพดฝักอ่อน	บริษัท แอกโกร – ออน (ประเทศไทย) จำกัด
2547-48	การออกแบบและสร้างเตาอบปลาด้วยอินฟราเรดแบบสายการผลิตต่อเนื่อง (ผู้ร่วมวิจัย)	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2547-48	การออกแบบและสร้างสายการผลิตแบบต่อเนื่องในภาคอุตสาหกรรม (ผู้ร่วมวิจัย)	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2547-48	การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมไทย	โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2547	การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกจากกากถั่วเหลืองที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองและสภาวะที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ในการหมักกากถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์	โครงงาน IRPUS สกว.
2547	โยเกิร์ตน้ำนมถั่วเหลืองจากเมล็ดถั่วเหลืองสกัดไขมัน	โครงงาน IRPUS สกว.
2546	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้น้ำส้มสายชูในการยืดอายุการเก็บรักษา	โครงงาน IRPUS สกว.
2546	การผลิตจุลินทรีย์โปรตีนจากน้ำต้มข้าวโพดฝักอ่อนโด *Saccharomyces cerevisiae* M30	โครงงาน IRPUS สกว.
2546	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต ข้าวโพดฝักอ่อน	บริษัท แอกโกร – ออน (ประเทศไทย) จำกัด
2546	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทสุราแช่ชนิดสุราผลไม้	บริษัท ไทยสพิริทอินดัสตรี จำกัด
2544-45	การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำอ้อย	สกว.
2543-45	การพัฒนากระบวนการผลิตเซลลูโลสจากแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum*	สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ โครงการความร่วมมือกับต่างประเทศ (ไทย-ญี่ปุ่น)
2539-42	Experimental and Threoretical Investigation of	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Packed Bed Solid-State Fermentation (ผู้ร่วมวิจัย)	แห่งชาติ
2539-42	High Vitamin B12 Vegetarian Diets by Mixed Fermentation (ผู้ร่วมวิจัย)	CDR USAID – ISRAEL Project
2541	การผลิตนมเปรี้ยวเสริมสุขภาพจากถั่วเหลืองในระดับกึ่งโรงงาน	สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประเภทพัฒนาสังคม
2540	การศึกษาสมบัติทางกายภาพของวุ้นเซลลูโลสของแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum*	งบประมาณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
2539-40	การผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากวุ้นเซลลูโลสที่ได้จาก *Acetobacter xylinum*	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2538	การผลิตเซลลูโลสเสริมสุขภาพจากน้ำกากส่า	งบประมาณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
2537	Lactic Drink from High Vitamin B12 – Tempeh	UNU (United Nation University)
2536	เซลลูโลสเสริมสุขภาพจากน้ำหางนม	งบประมาณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
2535	การผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าว	งบประมาณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
2530	ผลของการสารสกัดไม้เคี่ยมต่อการหมักแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล	งบประมาณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
2529	Fermented Mungbean Residues by Laru, Traditional Inoculum	UNU (United Nation University)
2543	Research Activity at International Center for Biotechnology (ICBiotech), Osaka University, Osaka, Japan.	Japan under the JSPS-NRCT/DOST/LIPI/VCC Large Scale Cooperative Program in the Field of Biotechnology. Subgroup 4 : Process Development for the Production of Organic Acids and Biopolymers.
2542	Research Visit.	International Center for Biotechnology, Osaka University, Japan, under the RIKEN Project, Japan.
2541	Research Visit at Cornell University, United State.	USAID-Israel CDR Project.
2540	Research Activity at International Center for Biotechnology(ICBiotech), Osaka University, Osaka, Japan.	Japan under the JSPS-NRCT/DOST/ LIPI/VCC Large Scale Cooperative Program in the Field of Biotechnology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		Subgroup 3 : Development of Manufacturing Bioprocess Technology in Tropics.
2538	Research Activity at International Center for Cooperative Research in Biotechnology(ICBiotech), Osaka University, Osaka, Japan.	JSPS-NRCT Core University Cooperative Program.
2538	Training in Soy Yogurt (Yogurt from soybean) at Department of Food Science and Technology, University of Reading, Reading, UK.	ทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ
2536	Training on Advances in Microbial Process for the Utilization of Tropical Raw Materials in the Production of Food Products at the University of the Philippines at Los Banos, Philippines.	UNESCO
2536	Research Activity at Kyoto University, Kyoto, Japan	JSPS-NRCT Core University Cooperative Program.
2531	SEARCA Scholarship (ปริญญาเอก)	SEAMEO Regional Centre for Graduate Study and Research in Agriculture
2531	Training on Bioenergy at Asian Institute of Technology at Asian Institute of Technology	UNESCO
2529	Training on Food Fermentation : Tempe at Nutrition Research and Development Center, Bogor, Indonesia.	United Nation University, Tokyo

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

การขอใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Licensing Agreement) สิ่งประดิษฐ์ เรื่อง "กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System)"

เลขที่ LA 53/01 ลงวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ บริษัท ไฮคิวผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

การขอใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Licensing Agreement) สิ่งประดิษฐ์ เรื่อง "กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System)"
เลขที่ LA 54/01 ลงวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2554
ระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ บริษัท วีนีก้าไทย จำกัด

การขอใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Licensing Agreement) สิ่งประดิษฐ์ เรื่อง "กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System)"
เลขที่ LA 55/01 ลงวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2555
ระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ บริษัท ปรึ๊นเซส ฟู้ดส์ จำกัด

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ (ย้อนหลัง 3 ปี)

Krusong, W., P. Dansai and A. Itharat. 2012. Combination impact of turmeric extract and fermented vinegar on reduction of inoculated *Salmonella* Typhimurium on fresh lettuce. KMITL Sci. Tech. J. 12(1): 77-84.

Krusong, W., P. Petch-nom and P. Pinviset. 2010. Semi-continuous production process of corn vinegar in stirred tank reactor using fixation of *Acetobacter aceti* WK on surface of loofa sponge. Kasetsart J.: Natural Sci. 44(3): 454-461.

Krusong, W., P. Pech-noum and P. Pinvises. 2010. Research route of fermented vinegar production process: Technology development replacing imported technology to the acceptance from private sector. Journal of Research and Innovation for Thai Industries. 1(1): 13-20. (in Thai).

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ (ย้อนหลัง 3 ปี)

Krusong, W., S. Kerdpiboon and S. Tantratian. 2013. Prediction of influence of stepwise increment of initial acetic acid concentration in charging medium on acetification rate of semi-continuous process by artificial neural network. LWT – Food Sci. Technol. (In Press).

Krusong, W. and A. Vichitraka. 2010. An investigation of simultaneous pineapple Vinegar fermentation interaction between acetic acid bacteria and yeast. Asian Journal of Food and Agro-Industry. 3(01): 192-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

203.

ผลงานวิชาการนำเสนอในที่ประชุมระดับชาติ (ย้อนหลัง 3 ปี)

Sompuen, T. and **W. Krusong.** 2011. The efficiency of sodium hypochlorite and peracetic acid on reducing of *Vibrio parahaemolyticus* on shrimp during washing step. Proceedings of the 23rd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology "Systems Biotechnology: Quality & Success". Imperial Queen's Park Hotel , Bangkok, 1-2 February 2012. pp.153-154.

ผลงานวิชาการนำเสนอในที่ประชุมระดับนานาชาติ (ย้อนหลัง 3 ปี)

Atipong, T. and **W. Krusong**. 2012. Impact of lactic acid bacteria contamination during pineapple wine fermentation for ready to drink alcoholic beverages. Proceedings of the International Conference on Food Science and Nutrition 2012. The Pacific Sutera Hotel, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2-4 April 2012. pp.844-852.

Janjumnean, N. and **W. Krusong**. 2012. Efficacy of electrolyzed oxidizing water on reducing *Escherichia coli* inoculated on surface of stainless steel used in poultry processing plant. Proceedings of the International Conference on Food Science and Nutrition 2012. The Pacific Sutera Hotel, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2-4 April 2012. pp.811-818.

Chayawatcharakul, T. and **W. Krusong**. 2011. *In vitro* impact of fermented vinegar and its vapour on *Klebsiella pneumoniae*. Proceedings of the 1st International Symposium on Technology for stainability. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 26-27 January 2012. pp.415-418.

Krusong, W. and A. Vichitraka. 2011. An air-lift acetifier with mash recycling system for corn vinegar production by adsorbed cells of *Acetobacter aceti* WK on surface of loofa sponge. 2011 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2011). 1-3 April 2011. Bali Island. Indonesia. pp.86-90.

Dansai, P. and **W. Krusong.** 2011. Effect of turmeric extract, fermented vinegar and their mixture on *Salmonella* Typhimurium reduction *in vitro*. 2011 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2011). 1-3 April 2011. Bali Island. Indonesia. pp.81-85.

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก (Fermented Vinegar Production Process) ด้วยระบบผสมน้ำหมักเข้ากับอากาศ (Internal Venturi Ejector System)

คำขอรับสิทธิบัตรเลขที่ 0801005225 ยื่นเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการทำให้วุ้นเซลลูโลสใส

คำขอรับสิทธิบัตรเลขที่ 0901005777 ยื่นเมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2552

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ.....

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ด.	เภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2551
วท.ม.	เทคโนโลยีทางชีวภาพ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2537
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2534

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

(1) เทคโนโลยีชีวภาพผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

(2) จุลชีววิทยาและความปลอดภัยทางอาหาร

(3) การประยุกต์ใช้เทคนิคพีซีอาร์ในการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร

งานวิจัย

เริ่มปีพ.ศ.	เสร็จปีพ.ศ.	ชื่อผลงาน/โครงการ (สถานภาพในการทำการวิจัย)	แหล่งทุน
2555	ปัจจุบัน	การคัดเลือกแบคทีเรียจากถั่วเน่าที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการย่อยแป้ง (หัวหน้าโครงการวิจัย) งานวิจัยลุล่วงแล้ว ร้อยละ 50	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2555	ปัจจุบัน	การตรวจและการจำแนกเชื้อ *Salmonella* Enteritidis, *S.* Anatum, *S.* Derby และ *S.* Ratchaburi ในระดับซีโรวาร์ที่พบในอาหาร โดยใช้วิธีพีซีอาร์ (หัวหน้าโครงการวิจัย) งานวิจัยลุล่วงแล้ว ร้อยละ 85	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2554	ปัจจุบัน	ผลของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อซัลโมเนลลา ในระหว่างการหมักหม้ำ (หัวหน้าโครงการวิจัย) งานวิจัยลุล่วงแล้ว ร้อยละ 70	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2554	2555	ประสิทธิภาพของน้ำส้มสายชูกลั่นในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* Ratchaburi ในโหระพา (หัวหน้าโครงการ) อยู่ในระหว่างการเขียนรายงานวิจัย	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2554	2555	การสำรวจคุณภาพและความปลอดภัยของหม่ำในจังหวัดชัยภูมิ (ผู้ร่วมวิจัย)	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
2553	2554	การผลิตสบู่เหลวและสบู่ก้อนผสมสารสกัดจากแห้วจีน (หัวหน้าโครงการ)	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2552	2553	การวิเคราะห์แบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักและเก็บรักษาไส้กรอกอีสานโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (หัวหน้าโครงการ)	งบประมาณเงินรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร
2552	2553	การพัฒนาระบบการจัดการและควบคุมสุขลักษณะที่ดีในโรงอาหารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ผู้ร่วมวิจัย)	งบประมาณ สจล.

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

Jindaprasert, A., Tomanit, S., Swetwiwathana, A. and Chuen-Im Ahmed, S. 2011. Effect of probiotic and temperature on survival of *Escherichia coli* 0157:H7 during storage of probiotic set yoghurt. King Mongkuts Agricultural Journal. 29 (3-1): 67-75. (in Thai)

Jindaprasert, A., Samappito, S., Springob, K., Schmidt, J., Gulder, T., De-Eknamkul, W., Bringman, G. and Kutchan, T.M. 2010. *In vitro* plants, callus and root cultures of *Plumbago indica* and their biosynthetic potential for plumbagin. King Mongkut's Agro-Industry Journal. 2 (1): 53-65.

Rinthong, P., **Jindaprasert, A.** and De-Eknamkul, W. 2009. Simple densitometric TLC analysis of plaunotol for Screening of High-Plaunotol-Containing Plants of *Croton stellatopilosus* Ohba. Journal of Planar Chromatography 22 (1): 55-58.

ผลงานที่ได้รับการนำเสนอผลงานในที่ประชุม

Jindaprasert, A., Jirajaroenrat, K. and Swetwiwathana, A. 2012. Microbial community during Thai traditional fermented sausage (Isan sausage) fermentation. The 24th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, November 29-30th, 2012, Sunee Grand Hotel and Convention Center, Ubon Ratchatani, Thailand. pp. 549-551.

Morklang, M. and **Jindaprasert, A.** 2012. Effects of distilled vinegar, potassium permanganate and sodium bicarbonate on reduction of *Salmonella* Typhimurium *in vitro*. Proceedings of 1st KMITL Agro-Industry Conference, September 7th, 2012. The Emerald Hotel, Bangkok, Thailand. pp. 89-93 (in Thai).

Inwimol, T., **Jindaprasert, A.** and Swetwiwathana, A. 2012. The study of growth, lactic acid and bacteriocin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

production of *Pediococcus pentosaceus* M13 in MRS broth. Proceedings of 1st KMITL Agro-Industry Conference, September 7th, 2012. The Emerald Hotel, Bangkok, Thailand. pp. 467-473 (in Thai).

Limsombun, T., Nakrin, C., Banjong, K., **Jindaprasert, A.** and Swetwiwathana. A. 2012. Hygienic situation of mum processing plants in Chaiyaphum province under Thai GMP. Proceedings of 50th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry. January 31st -February 2nd, 2012, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp 287-294 (in Thai).

Jindaprasert, A., Jirajaroenrat, K. and Swetwiwathana, A. 2011. Characterization of lactic acid bacteria in Thai traditional fermented sausage during fermentation and storage. The 4th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 29th -31st, 2011, Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand. Fer1 P9, 7 pages.

Booppata, M., **Jindaprasert, A.**, Jirajaroenrat, K. and Srikijkasemwat, K. 2011. Selection of cellulose and xylanase producing bacteria from buffalo rumen. The 4th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 29th -31st, 2011, Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand. Fer4 P34, 7 pages.

Thaenkudrun, P., **Jindaprasert, A.** and Jirajaroenrat, K. 2011. Cloning of a cellulase gene from *Bacillus* sp. and expression in *Escherichia coli*. The 4th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 29th -31st, 2011, Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand. Fer4 P15, 6 pages.

Siraprapapat, P., **Jindaprasert, A.** and Jirajaroenrat, K. 2011. Expression and secretion of heterologous alpha-amylase in yeast *Kluyveromyces lactis*. The 4th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products, August 29th -31st, 2011, Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand. Fer4 P33, 6 pages.

Srichareon, D., **Jindaprasert, A.**, Swetwiwathana, A. and Banjong, K. 2011. Study on mold contamination in a pasteurized milk filling process. Burapha University National Conference 2011, July 6-7th, 2011. Burapha University, Chonburi, Thailand. 10 pages (in Thai).

Chantanayingyong, K., **Jindaprasert, A.**, Banjong, K., Swetwiwathana, A. and **Krusong, W.** 2011. Effects of distilled vinegar on *Salmonella* Bangkok, *Salmonella* Ratchaburi and *Salmonella*Lamphun reduction *in vitro*. STDC 2011, June 30th – July 1st, 2011, Faculty of Science and Technology, Thammasart University (Rangsit Campus). pp 248-255 (in Thai).

Veerawatanayotin, S., **Jindaprasert, A.**, Pilasombut, K., Sethakul, J. and Swetwiwathana, A. 2010. Effect of pediocin PA-1, pH and nitrite on *Salmonella* Anatum and S. Ratchaburi in simulated Nham (traditional Thai fermented meat sausage) model broth. Proceedings 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST 2010), August 15-20th, 2010, Jeju, Korea. 4 pages.

Pawkratok, N., **Jindaprasert, A.**, Pilasombut, K., Sethakul, J. and Swetwiwathana, A. 2010. Effect of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bacteriocin-producing *Weissella cibaria* SI21 and *Lactobacillus plantarum* RS49 on *Staphylococcus aureus* in Isan sausage (traditional Thai fermented mea-rice sausage) model broth.Proceeding 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST 2010), August 15-20th, 2010, Jeju, Korea. 4 pages.

Saisawart, P., **Jindaprasert, A.**, Krusong, W. and Swetwiwathana, A. 2010. Effect of chitosan on associated bacterial pathogen in Nham (traditional Thai fermented meat sausage) model broth. Proceedings 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST 2010), August 15-20th, 2010, Jeju, Korea. 3 pages.

Tomanit, S., **Jindaprasert, A.**, Swetwiwathana, A., Chuen-Im Ahmed, S. 2010. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in the production and storage of probiotic set yoghurt. STDC 2010, March, 19th, 2010, Faculty of Science and Technology, Thammasart University (Rangsit Campus). 6 pages (in Thai).

Namwong, C., **Jindaprasert, A.**, Swetwiwathana, A. and Chuen-Im Ahmed, S. Factors affecting microbial contamination in the production of set-type yoghurt. The 11th Graduate Research Conference Khon Kaen University. February 12th, 2010, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. pp 898-906 (in Thai).

Intree, S., **Jindaprasert, A.**, Nitisinprasert, S. and Swetwiwathana, A. 2010. Identification of wild yeast contaminants in lager brewing process. Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry. February 3rd -5th, 2010, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp 287-294 (in Thai).

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางอัสนี วิจิตระกะ

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ม.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548
ส.บ.	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	2548
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยศิลปากร	2540

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา).....

(1) เทคนิคด้านจุลชีววิทยาทางอาหารและเทคโนโลยีชีวภาพทางอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์

งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

Krusong W., Vichitraka A. and Pornpakdeewattana S. Luffa Sponge as Supporting Material of *Acetobacter aceti* wk for Corn Vinegar Production in Semi-Continuous Process.2007. KMITL Science Journal. 2: 63-67.

อัสนี วิจิตระกะ และนวลพรรณ ณ ระนอง. 2550. การผลิตไดอะซิติลและอะซิโทอินจากน้ำมะพร้าวโดยเชื้อ *Lactobacillus pentosus* SR 4-2. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 เล่ม 6 สาขาวิทยาศาสตร์ (30 มกราคม -2 กุมภาพันธ์2550) กรุงเทพฯ: 322-329.

อัสนี วิจิตระกะ และนวลพรรณ ณ ระนอง. 2551. การหาสูตรอาหารน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมในการผลิตไดอะซิติลและอะซิโทอิน โดยเชื้อ *Lactobacillus pentosus* SR 4-2 ด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 เล่ม 7 สาขาอุตสาหกรรม (29 มกราคม -1 กุมภาพันธ์2551) กรุงเทพฯ: 630-637.

สิริวรรณ พละจิตต์ วริพัสย์ อารีกุล และ อัสนี วิจิตระกะ. 2551. การประเมินความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชป่าบางชนิด. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 เล่ม 7 สาขาอุตสาหกรรม (29 มกราคม -1 กุมภาพันธ์2551) กรุงเทพฯ: 638-645.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล **ดร.ชริดา ปุกหุต**

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.ด.	วิทยาศาสตร์ชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2539
วท.ม.	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2529
วท.บ.	ชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2525

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ

Mycology, Mushroom Biology and Cultivation

งานวิจัย

1	ชริดา ปุกหุต. 2529. การคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดฟาง *Volvariella volvacea* โดยวิธีเพาะเลี้ยงสปอร์เดี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	Charida Pukahuta, Deeprom Chaiwongkeit and Poonpilai Suwanarit. 1993. Strain of Straw Mushroom (*Volvariella volvacea*) by Monospore Culture. 1st International conference on mushroom biology and mushroom product, 23-26 August, 1993. The Chinese University of Hong Kong. สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้วิจัย
3	Charida Pukahuta, Savitree Limtong, Poonpilai Suwanarit, Siengtong Nutalaya and Tsutomu Morinaga. 1995. Genetic Improvement of *Lentinula edodes* for *Trichoderma* Resistance. 1st International Conference on Biotechnology Research and Applications for Sustainable Development. 7-10 August, 1995. Bangkok. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
4	Charida Pukahuta. 1996. Antagonistic Effect between *Trichoderma* and *Lentinula edodes* and Genetic Improvement of *Lentinula edodes* for *Trichoderma* resistance. Ph.D. thesis. Kasetsart University. สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้วิจัย
5	ชริดา ปุกหุต, โสภณ บุญลือ และประเสริฐ วุฒิคัมภีร์. 2545. การศึกษาสายพันธุ์ของเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
6	ชริดา ปุกหุต. 2547. สายพันธุ์เห็ดลม *Lentinus polychrous* Lev. ที่เหมาะสมกับการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
7	Charida Pukahuta, Chamraj Kaewramruen, Warinee Palasarn and Aranya Pimmongkol. 2005. Degradation of rice husk and rice straw by white rot mushroom, *Lentinus* spp. 31st Congress on Science and Technology in Thailand. Suranaree University of Technology, Nakorn Rachasima. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
8	Charida Pukahuta, Juthamas Jitcharoen and Aranya Pimmongkol. 2006. Biological degradation of rice husks by cellulolytic fungi. 32nd Congress on Science and Technology in Thailand. Queen Sirikit National Convention Center. Bangkok. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
9	Charida Pukahuta, Sophon Boonlue, Poonpilai Suwanarit, Emiko Shinagawa and Rinji Akada. 2006. Lignocellulolytic activity of *Lentinus squarrosulus* Mont. in sawdust substrate. 5th JSPS-NRCT Joint Seminar on Utilization of Thermotolerant Microbial Resources. Aisawan Resort, Pattaya, Chonburi. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
10	Janjira Salubchua, Charida Pukahuta and Nareerat Moonjai. 2007. Simultaneous saccharification and fermentation of fungal bio-pretreated rice husk and rice polish to ethanol. 2nd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products. May 23rd-25th, 2007. Kosa Hotel, Khon Kaen, Thailand. สถานภาพในการทำวิจัย : ผู้ร่วมโครงการ
11.	Charida Pukahuta, Juthamas Jitcharoen and Aranya Pimmongkol. 2007. Degradation Activity of Cellulolytic Fungi on Rice Husk. 2nd Workshop on the Utilization of Rice Husk and Rice Husk Silica. NASTDA. Bangkok. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
12.	Charida Pukahuta, Poonpilai Suwanarit, Emiko Shinagawa, Hisashi Hoshida, Yoshinori Nishizawa and Rinji Akada. 2007. Screening of thermotolerant white rot fungi, *Lentinus* spp. for enzyme production and application for pulp bleaching. JSPS-NRCT Concluding Joint Seminar, Development of Thermotolerant Microbial Resources and Their Applications, 18 – 20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
13.	Charida Pukhuta, Uthai Unphim, Prasert Wuthikampee and Ahchara Payapanon. 2008. Biology and Cultivation of *Lentinus squarrosulus* Mont. in Thailand. 17th ISMS Congress, International Society for Mushroom Sciences, 21-24 May 2008 Capetown International Conference Center, Cape Town. South Africa. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
14.	Charida Pukahuta, Wipamat Chaipakdee and Nongnit Luemlum. 2008. Inventory Survey on Biodiversity of Wild Mushroom in Phu Jong Na Yoy National Park. Proceeding of the 34th Congress on Science and Technology of Thailand. STT 34. Oct 31- Nov 2, 2008. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
15.	Charida Pukahuta, Sanom Nonklang, Poonpilai Suwanarit, Hisashi Hoshida and Rinji Akada. 2009. Method for

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	screening of thermotolerant yeast. 1st International Seminar Asian Core Program. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตการหมักมหาวิทยาลัยขอนแก่น ร่วมกับ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 20-21 มีนาคม 2552. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ
16.	Charida Pukahuta, Sanom Nonklang, Poonpilai Suwanarit, Hisashi Hoshida and Rinji Akada. 2009. Screening of thermotolerant yeast for ethanol production at 45 °C. 3rd International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products and 2nd International Asian Core Program. 26-28 สิงหาคม 2552. สถานภาพในการทำวิจัย : หัวหน้าโครงการ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

ลำดับ	ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ	แหล่งทุน
1.	Charida Pukahuta, Savitree Limtong, Poonpilai Suwanarit and Siengtong Nutalaya. 2000. Species Diversity of *Trichoderma* Contaminating Shiitake Production Houses in Thailand. Kasetsart J. (Nat.Sci.) 34 : 478–485.	SEAMEO-SEARCA
2.	Savitree Limtong, Charida Pukahuta, Poonpilai Suwanarit and Siengtong Nutalaya. 2002. Antagonistic Interactions between *Trichoderma harzianum* and *Lentinula edodes*. Mycoscience 10(2):94-102.	KURDI
3.	Charida Pukahuta, Poonpilai Suwanarit, Emiko Shinagawa, Hisashi Hoshida and Yoshinori Nishizawa. 2004. Combination of laccase, xylanase and cellulase in lignocellulose degradation by white rot fungi, *Lentinus polychrous* Lev. and *L. squarrosulus* Mont. Kasetsart J. (Nat.Sci.) 38 : 65 –73.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี JSPS-NRCT
4.	นองนิจ เหลื่อมล้ำ และ ชริดา ปุกหุต. 2547. ความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดป่าในอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย : 1. น.41-65. เห็ดไทย 2546. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
5.	วิภามาศ ไชยภักดี และ ชริดา ปุกหุต. 2548. ความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดป่าในอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย : 2. น. 6-31. เห็ดไทย 2547. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
6.	Charida Pukahuta, Warinee Palasarn and Aranya Pimmongkol. 2005. Spore Micrograph of Some Edible Wild Mushrooms. J. Microscopy Society of Thailand 19:198-204.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
7.	ชริดา ปุกหุต, อุทัย อันพิมพ์, โสภณ บุญลือ, ประเสริฐ วุฒิคัมภีร์ และอัจฉรา พยัพพานนท์. 2549. สายพันธุ์เห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. ที่อุบลราชธานี เห็ดไทย ๒๕๔๘ หน้า 1-12 . สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย กรุงเทพ.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
8.	ชริดา ปุกหุต, โสภณ บุญลือ, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์, Emiko Shinagawa and Rinji Akada. 2550. การย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสในขี้เลื่อยด้วยเห็ดขอนขาว *Lentinus squarrosulus* Mont. น. 11-19. เห็ดไทย 2549. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.	Charida Pukahuta, Warinee Palasarn and Aranya Pimmongkol. 2007. Spore Micrograph of Some Small Wild Mushrooms. J. Microscopy Society of Thailand 21:94-97.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
10.	ชริดา ปุกหุต, อุทัย อันพิมพ์, ประเสริฐ วุฒิคัมภีร์ และอัจฉรา พยัพพานนท์. 2551. การทดสอบผลผลิตเห็ดขอนขาวที่อุบลราชธานี วารสารเห็ดไทย ๒๕๕๐ สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย กรุงเทพ หน้า 93- 98.	งบประมาณแผ่นดิน วช.
11.	Charida Pukahuta, Warinee Palasarn and Aranya Pimmongkol. 2009. Taxonomic study of wild edible pore fungi in Ubon Ratchathani. J. Microscopy Society of Thailand 2009, 23(1):30-33.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
12.	ชริดา ปุกหุต. 2552. ชนิดของเห็ดป่าที่พบในจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารเห็ดไทย ๒๕๕๑. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย กรุงเทพ หน้า 47-57.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
ลำดับ	**บทความทางวิชาการ**	**แหล่งทุน**
1	ชริดา ปุกหุต. 2541. สิทธิของผู้บริโภคเห็ดและผลิตภัณฑ์ของเห็ด. ข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด (สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย) 2: 6-11.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
2	ชริดา ปุกหุต. 2544. การประเมินเชื้อเห็ด. น.27-33. เห็ดไทย 2544. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.	
3	ชริดา ปุกหุต. 2546. สุขลักษณะที่ดีของการเพาะเห็ด. น.114-126. เห็ดไทย 2546. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.	
4	ชริดา ปุกหุต. 2548. มาตรฐานการผลิตเห็ดแบบอินทรีย์. ข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. 9(3) :8-15.	
5	ชริดา ปุกหุต. 2549. ภูมิปัญญาพื้นบ้านอีสาน : เห็ดสมุนไพรและการแก้พิษของเห็ด. ข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด (สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย) 11: 8-16.	โครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
6	ชริดา ปุกหุต. 2552. การจัดทำรายการทะเบียนชนิดพันธุ์เห็ดในประเทศไทย. ข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด (สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย) 14:3-8.	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

ชื่อข้อเสนอการวิจัย	แหล่งทุน	สถานภาพในการทำวิจัย
การผลิตเอทานอลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสด้วยวิธีการย่อยสลายเซลลูโลสโดยเชื้อราควบคู่กับการหมักโดยยีสต์สายพันธุ์ทนร้อน	วช. 51	ได้วิจัยลุล่วงแล้วร้อยละ 100

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล **นางสาวจีรนันท์ ศรีสุธรรม**

ตำแหน่งปัจจุบัน นักศึกษาปริญญาโท

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เทคโนโลยีการหมัก	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้