15461

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

T097013

เรื่อง

ผลของแอลฟาอไมเลสและกลูโคอไมเลสที่ผลิตเป็นการค้า
ต่อการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งดิบ

Effect of α - Amylase and Glucoamylase Preparations
on Alcohol Fermentation of Raw Starch

โดย

ปพ.
ต512ผ
2541

นายจิรวัฒน์ ทองบุญ
นายดุลยเทพ มังกรสินธุ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....97013.....
วันที่ลงทะเบียน.....15 มิ.ย. 2541.....

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry
Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Indtitute of Technology
Chaokuntaharn Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1817

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของแอลฟ่าอไมเลสและกลูโคอไมเลสที่ผลิตเป็นการค้า
ต่อการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งดิบ
Effect of α - Amylase and Glucoamylase Preparations
on Alcohol Fermentation of Raw Starch

โดย

นายจิรวัฒน์ ทองบุญ
นายดุลยเทพ มังกรสินธุ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระสิพร หาเรือนกิจ)
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

-7 ก.ค. 2543 วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ฝพ.
ก 512 ค
2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดุลยเทพ มังกรสินธุ์ และจิรวัฒน์ ทองบุญ 2541 : ผลของแอลฟาอไมเลสและกลูโคอไมเลสที่ผลิตเป็นการค้าต่อการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งดิบ (Effect of α - Amylase and Glucoamylase Preparations on Alcohol Fermentation of Raw Starch) . สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง . 40 หน้า .

การหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบโดยใช้เอนไซม์อไมเลสชนิดต่างๆ ทางการค้าร่วมกับเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90 เพื่อที่จะให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด โดยใช้เอนไซม์ในหลายรูปแบบคือ ใช้แอลฟาอไมเลสเพียงตัวเดียว , แอลฟาอไมเลสกับกลูโคอไมเลสร่วมกัน และใช้แอลฟาอไมเลสร่วมกับการให้ความร้อน พบว่าการใช้กลูโคอไมเลสคือ optidex และ AMG ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดโดย optidex ได้ 9.1% และ AMG ได้ 8.9% หลังจากนั้นนำเอนไซม์ทั้งสองไปย่อยแป้ง 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียวดิบ , ข้าวเจ้าดิบ , แป้งมันสำปะหลัง , แป้งมันเทศ และแป้งมันฝรั่ง เพื่อหมักแอลกอฮอล์ พบว่าการใช้ optidex มีประสิทธิภาพดีกว่า AMG เล็กน้อย โดยการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบให้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด ข้าวเจ้าดิบ , แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันเทศได้ปริมาณแอลกอฮอล์รองลงมาตามลำดับ ส่วนแป้งมันฝรั่งจะได้แอลกอฮอล์น้อยที่สุดเพียง 2% และเมื่อขยายขนาดการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบเป็น 3 ลิตร ซึ่งขยายปริมาณเป็น 30 เท่าของการทดลองในขวดหมัก พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ใช้ระยะเวลาในการหมักนาน โดยได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ 84 ชั่วโมง เท่ากับ 9.8%

ลายเซ็นนักศึกษา ลายเซ็นอาจารย์ที่ปรึกษา วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากมีบุคคลหลายท่านให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่ทำให้มีโอกาสได้ทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำชี้แนะ ช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณพี่ณัฐพล ฟ้าภิญโญ ที่ให้ความช่วยเหลืองานทางด้านเอกสารด้วยดีเสมอ ขอบคุณคุณ อมรินทร์ ตั้งจิรโชติ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องพิมพ์ ขอบคุณพี่ๆ ห้องแล็บ และห้องธุรการทุกท่าน รวมทั้ง เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและคอยเป็นกำลังใจให้ด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่าน , ภาควิชา , คณะ และสถาบัน ที่สั่งสอน อบรม ทุกสิ่งทุกอย่างจนสำเร็จการศึกษา ***รวมเลือดเนื้อก็พันผูก ลูกเจ้าคุณ***

ดุลยเทพ มังกรสินธุ์

จิรวัฒน์ ทองบุญ

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	12
บทที่ 4 ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง	17
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงองค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ	3
2.2	ตารางแสดงขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์ผ่านทาง Embden-Meyerhof-parnas pathway	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างทางเคมีของอไมโลส	2
2.2	แสดงโครงสร้างทางเคมีของอไมโลเพคติน	3
2.3	แสดงแผนภาพ Embden-Meyerhof-parnas pathway	7
4.1	กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวดิบโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	17
4.2	แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวดิบในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	18
4.3	กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวสุกโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	19
4.4	แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวสุกในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	20
4.5	กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ optidex ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	21
4.6	แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ optidex ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	22
4.7	กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	23
4.8	แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90	24
4.9	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในการหมักแป้งข้าวเหนียวระดับที่ขยายปริมาณ (Scale up)	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรม และสามารถผลิตสินค้าเกษตรเป็นจำนวนมากมานานแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศตลอดมา ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวโพด มันสำปะหลัง ซึ่งในปัจจุบันวัตถุดิบทางการเกษตรเหล่านี้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นมากแต่ราคาในตลาดโลกกลับมีราคาที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีการกีดกันทางการค้าและการแข่งขันเพิ่มสูงขึ้น จึงมีความคิดที่จะนำวัตถุดิบเหล่านี้มาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นเพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นิยมผลิตมีอยู่หลายชนิดด้วยกันแต่ที่นิยมผลิตอย่างแพร่หลายและมีมูลค่าสูงมากคือแอลกอฮอล์เพราะแอลกอฮอล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย อาทิเช่น เชื้อเพลิง เครื่องดื่ม ยา เป็นต้น การหมักแอลกอฮอล์ในปัจจุบัน ข้าวเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากข้าวภายในประเทศมีปริมาณมากและหาได้ง่าย เดิมการผลิตแอลกอฮอล์จากแป้งจะต้องใช้พลังงานความร้อนทำให้แป้งสุกเสียก่อนแล้วใช้กรดหรือเอนไซม์ย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายในปริมาณที่สูง การใช้เอนไซม์ย่อยแป้งดิบให้กลายเป็นน้ำตาลแล้วหมักแอลกอฮอล์ร่วมกับยีสต์จะช่วยประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในส่วนดังกล่าวได้ เอนไซม์แต่ละชนิดจะมีอัตราการย่อยที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดเอนไซม์และชนิดของแป้งเป็นสำคัญ เพราะฉะนั้นในการหมักแอลกอฮอล์ถ้าได้แป้งที่มีความเหมาะสมและมีเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อย แอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ก็จะมีคุณภาพและปริมาณสูงขึ้น จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่จะต้องมีการคัดเลือกเอนไซม์และแป้งที่เหมาะสมในการหมัก นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเอนไซม์อะไมเลสที่เหมาะสมในการย่อยแป้งดิบเพื่อหมัดแอลกอฮอล์
2. เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์อะไมเลสที่ได้ทำการคัดเลือกแล้ว ในการย่อยแป้งชนิดต่างๆเพื่อหมักแอลกอฮอล์

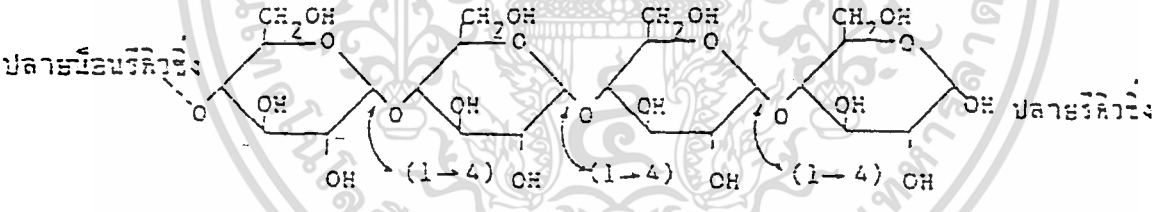
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ในการผลิตแอลกอฮอล์นั้นแป้งเป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากแป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากธรรมชาติโดยการสังเคราะห์แสงของพืช มีสูตรโมเลกุล ($C_6H_{10}O_5$)n เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบไปด้วยกลูโคสต่อกันเป็นสายโซ่ยาวโดยปฏิกิริยาคอนเดนเซชั่น ปฏิกิริยาการรวมตัวของกลูโคส 2 โมเลกุลจะสูญเสียน้ำ 1 โมเลกุล ในโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยโครงสร้างที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส (amylose)

อะไมโลสประกอบด้วย ดีกลูโคสประมาณ 100 - 1000 หน่วยยึดติดกันด้วยพันธะ α(1-4) glycosidic linkage เป็นสายโซ่ยาว ไม่มีกิ่งก้านสาขาอะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินเข้ม (intense blue) ดังภาพที่1

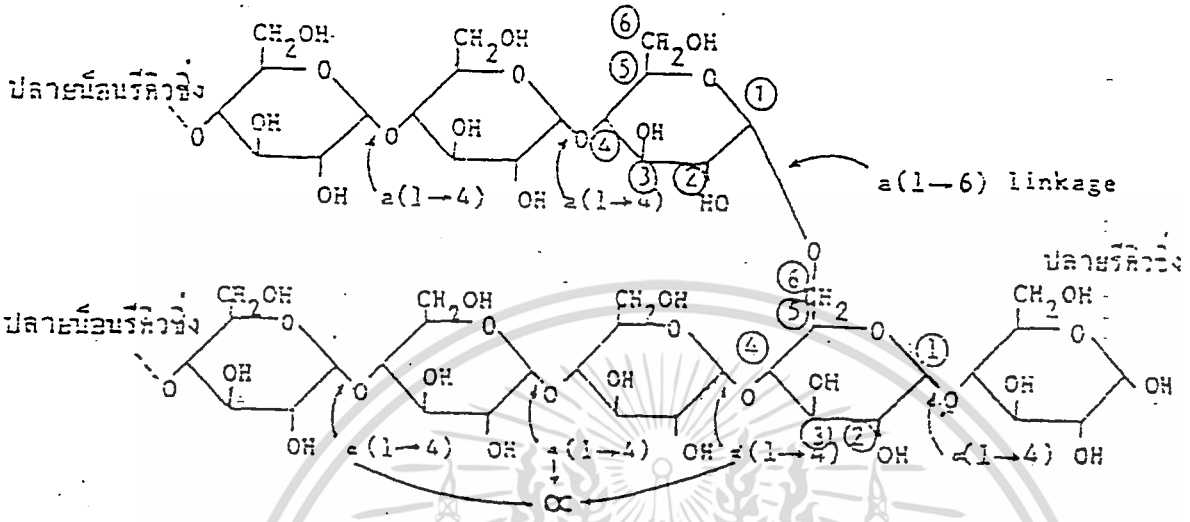


ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ amylose

อะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลเพคตินประกอบด้วย ดีกลูโคสต่อกันเป็นสายโซ่ยาวด้วยพันธะα(1-4) glycosidic linkage และ ดีกลูโคสแขนงแยกออกทุกๆ 20-30 หน่วยตรงจุดแยกกลูโคสจะต่อกันด้วยพันธะ α(1-6) glycosidic linkage อะไมโลเพคตินเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ และเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนจะให้สีม่วงแดง ดังภาพที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ amylopectin

องค์ประกอบของแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแป้ง	ความชื้น (%)	สตาร์ช (%)	เส้นใย (%)	อุณหภูมิเจลาติไนท์	อะไมโลส (%)	อะไมโลเพคติน(%)
ข้าวเหนียว	8.8	82.4	0.3	65-70-73	0.45	99.55
แป้งมัน	9.1	86.0	2.2	59-64-69	17	83

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงองค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ

การพองตัวของเม็ดแป้ง

ในเม็ดแป้งจะมีการ polymerize ของลูกโซ่อะไมโลสและอะไมโลเพคตินอย่างใดอย่างหนึ่งด้วยไฮโดรเจนบอนด์ ทำให้แป้งไม่ละลายน้ำดังนั้นเม็ดแป้งจึงมีความต้านทานต่อการไฮโดรไลซ์ที่อุณหภูมิห้องได้เมื่อนำเม็ดแป้งมาละลายน้ำและทำการให้ความร้อน โมเลกุลของน้ำจะสามารถเข้าสู่โมเลกุลของแป้งได้ เพราะที่อุณหภูมิสูงความร้อนสามารถแยกไฮโดรเจนบอนด์ออกได้ ทำให้ OH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

group ของแป้งที่อยู่ภายในโมเลกุลมีโอกาสจับกับน้ำและพองตัวขึ้น ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นการพองตัวของแป้งก็จะมีมากขึ้นการพองตัวขนาดของเม็ดแป้งจะเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว และความหนืดของสารละลายแป้งก็จะมีมากขึ้นด้วย อุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งมีความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเจลาติไนเซชั่น ช่วงของอุณหภูมิจะค่อนข้างกว้างและแตกต่างกัน ตามคุณสมบัติทางเคมีของแป้งแต่ละชนิด

การย่อยแป้งเป็นน้ำตาลมีขบวนการสองขั้นตอนคือ

1.Liquefaction เป็นขั้นตอนเพื่อลดความหนืดของแป้งที่ gelatinize แล้วโดยมีการย่อยโมเลกุลของแป้งแบบสุ่ม (random hydrolysis) ของลูกโซ่กลูโคสเมื่อการไฮโดรไลซ์เกิดขึ้นจะทำให้ลูกโซ่กลูโคสแยกเป็นสายสั้นๆและมีความหนืดของโมเลกุลแป้งลดลงด้วย

2.Sacharification เป็นการไฮโดรไลซ์แป้งให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาล ดังนั้นหลังจากการย่อยแล้วจะได้ monosacharide หรือ disacharide หรือน้ำตาลที่มีโมเลกุลสูงกว่าบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะเกิดเป็น กลูโคส มอลโทส หรือมอลโทไทรโอส

เอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการย่อยแป้ง

เอนไซม์ที่ย่อยแป้งมีดังนี้คือ

1.α-amylase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยภายในโมเลกุล (endohydrolase)ที่พันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิค แต่ไม่สามารถย่อยพันธะ แอลฟา 1,6 ไกลโคซิดิคตรงที่จุดแขนง ได้สารผสมของโอลิโกแซ็กคารด์ (oligosaccgaride) เอนไซม์นี้ต้องการแคลเซี่ยมอิออน (Ca^{2+}) เพื่อความคงตัวและกระตุ้นการทำงาน พบเอนไซม์นี้เสมอในพืช เนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกนมและจุลินทรีย์ ปัจจุบันสามารถสังเคราะห์ให้บริสุทธิ์จากข้าวมอลต์ บาร์เลย์ น้ำลาย และตับอ่อนของมนุษย์ และจากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น *Bacillus Subtilus* , *Bacillus licheniformis* , *Aspergillus oryzae* , และ *Bacillus amuloliquefaciens* เป็นต้น

2. β-amylase (1,4-α-D-Glucan maltohydrolase , E.C. 3.2.1.2) เป็นเอนไซม์ที่พบมากในพืชชั้นสูง เช่น ข้าวมอลท์และมันเทศ เอนไซม์ชนิดนี้ย่อยโมดลกุลของแป้งที่พันธะ α-D(1,4) glucosidic bond จากปลายด้านที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นรีดิวซ์ (non reducing end) ทีละสองโมเลกุลของกลูโคส แต่ไม่สามารถย่อยพันธะ α-D(1,6) glucosidic bond ทำให้ได้น้ำตาลมอลโตสเป็นส่วนใหญ่ และ limit dextrin โมเลกุลใหญ่ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.isoamylase และ pullulanase เป็นเอนไซม์ที่พบในจุลินทรีย์ สามารถย่อยแป้งได้เฉพาะตำแหน่ง α-D(1,6) glucosidic bond เท่านั้น ซึ่งจะตัดโมเลกุลของแป้งให้เป็นสายตรง ๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของ oligosaccharide

4.Glucoamylase (1,4-α-D-Glucan Glucanglucohydrolase, E.C. 3.2.1.3) เอนไซม์ชนิดนี้สามารถย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคส (D-glucose) ได้อย่างสมบูรณ์โดยย่อยได้ทั้ง amylose และ amylopectin ที่ α-D(1,4) , α-D(1,2) และ α-D(1,6) glucosidic bond การเข้าย่อยของเอนไซม์จะย่อยจากปลายที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นรีดิวซ์ (non reducing end) เข้ามาทีละหนึ่งโมเลกุลของกลูโคส

เทอร์มามิล (Termamyl)

เป็นเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสชนิดที่ทนความร้อนจาก *B.licheniformis* เป็นเอนไซม์ที่ย่อยภายในโมเลกุลอะไมโลสและอไมโลเพคตินที่ พันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิค ได้เดกซ์ทรินและโอลิโกแซกคาไรด์ มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการทำงานที่ 92 องศาเซลเซียส ส่วนแอลฟาอะไมเลสจาก B.Subtilis มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานที่70 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมต่อเอนไซม์เทอร์มามิล คือ 6-7

ความต้องการแคลเซียมอิออนเพื่อความคงตัวของเอนไซม์เทอร์มามิล จะต่ำกว่าเอนไซม์จาก *B.Subtilis* คือประมาณ 5 และ 150 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เบส 7 และเอนไซม์มีความเข้มข้นร้อยละ0.1 เอนไซม์เทอร์มามิลมีความคงตัวดีในสารละลายแคลเซียมอิออน 50-70 ส่วนในล้านส่วนมีค่าความเป็นกรดที่ 6-6.5 แต่จะถูกทำลายได้ง่ายที่ ค่าความเป็นกรด-เบสที่ 4.0 อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส โดยมีครึ่งชีวิตประมาณ 0.2 นาทีและค่าความเป็นกรดที่-เบสที่ 3.5 จะมีครึ่งชีวิตเป็น 0 ส่วนกลูโคอะไมเลสจาก *A.niger* มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการทำงานที่ 60 องศาเซลเซียส ที่ค่าความเป็นกรด-เบส 4-4.5

AMG (Amyloglucosidase)

เป็นเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ได้จากเชื้อ *A.niger* จากการหมักเชื้อแบบเหลว เอนไซม์ชนิดนี้จะเข้าทำการย่อยแป้งที่พันธะแอลฟา 1,4 และ 1,6 ไกลโคซิดิค เป็นเอนไซม์สำเร็จรูปทางการค้าที่อยู่ในลักษณะของเหลวสีน้ำตาลแก่

E-5 (KLEISTASE E-5)

เป็นเอนไซม์ แอฟาอะไมเลสทางการค้าชนิดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

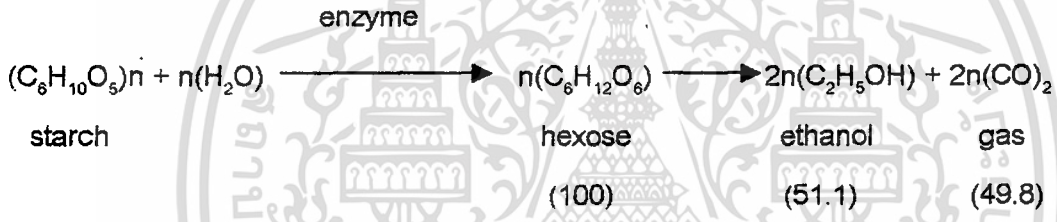
Optidex

เป็นเอนไซม์ กลูโคอะไมเลสทางการค้าชนิดหนึ่ง

การเปลี่ยนน้ำตาลที่หมักให้ได้เป็นแอลกอฮอล์

ขบวนการหมักแอลกอฮอล์ที่รู้จักกันเป็นขบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นโดยอาศัยปฏิกริยาของเอนไซม์ ในการเปลี่ยนแปลงสับสเตรท เช่นน้ำตาลกลูโคส ภายใต้สภาพที่ไม่ต้องการอากาศทั้งนี้โดยอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* เชื้อยีสต์สามารถหมักน้ำตาลกลูโคสให้เป็นแอลกอฮอล์ได้โดยผ่านทาง glycolysis หรือ Embden-Meyerhof-Parnas pathway ดังรูปที่3

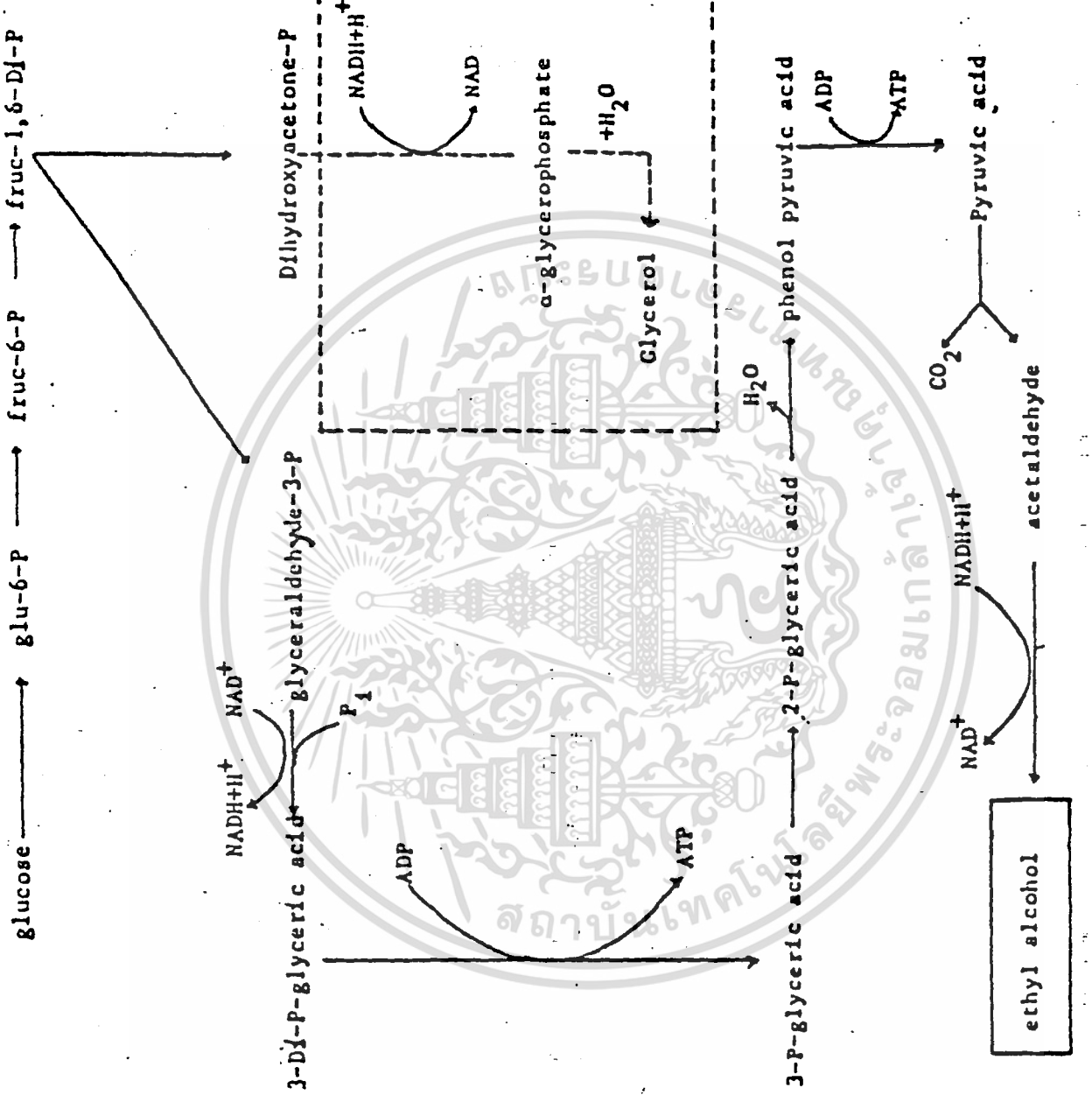
ตามทฤษฎียีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ 51.1% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9% โดยน้ำหนักของน้ำตาลดังสมการ



แต่ในทางปฏิบัติพบว่ายีสต์สามารถหมักน้ำตาลได้ประมาณ 95 % ให้เป็นแอลกอฮอล์ นอกจากนั้นยีสต์ใช้น้ำตาลที่เหลือสำหรับการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นผลพลอยได้อื่นๆดังนี้

1. ethanol	48.4%
2. carbondioxide	46.8%
3. acetaldehyde	0.0 – 0.03%
4. acetic acid	0.05 – 0.25%
5. glyceral	2.5 – 3.6%
6. lactic acid	0.0 – 0.2%
7. succinic	0.5 – 0.77%
8. fusel oil	0.25 – 0.5%
9. furfural	trace

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แสดงแผนภาพ Embden-Meyerhof-Parnas pathway

ขั้นตอนและเอนไซม์ที่เกี่ยงข้องในการสร้างแอลกอฮอล์จากน้ำตาลโดยยีสต์ผ่านทาง Embden-Meyerhof-parnas pathway

Step	Reaction	Enzyme	Type
1.	Glucose+ATP $\longrightarrow$ glucose6+phosphate +ADP+H^+	Hexkinase	a
2.	Glucose- 6phosphate $\rightleftharpoons$ fructose6 6-phosphate	Phosphoglucose Isomerase	c
3.	Fructose 6 –phosphate + ATP $\longrightarrow$ fructose 1,6 – diphosphate+ATP+ H^+	Phosphofructokinase	a
4.	Frutose 1,6- diphosphate $\rightleftharpoons$ Dihydroxyacetone phosphate+ Glyceraldehyde 3 phosphate	Aldolase	e
5.	Dihydroxyacetrone phosphate Glyceraldehyde 3-phosphate	Triose phosphate	c
6.	Glyceraldehyde 3-phosphate+Pi+NAD $\rightleftharpoons$ 1,3diphosphoglycerate+NAD+ H^+	Glyceraldehyde 3-phosphate	f
7.	1,3 Diphosphoglycerate+ ATP $\rightleftharpoons$ 3-phosphoglycerate+ATP	Phosphoglycerate Kinase	a
8.	3- phosphoglycerate $\rightleftharpoons$ 2- phosphoglycerate	Phosphoglyceromutase	b
9.	2- phosphoglycerate $\rightleftharpoons$ Phosphoenolpyruvate+H_2O	Enolase	d
10.	Phosphoenolpyruvate $\longrightarrow$ pyruvate+ATP	Pruvate kinase	a
11.	Pyruvate +H^+ $\longrightarrow$ acetadehyde	Pyrovate decarboxylase	
12.	Acetadehyde+NADH+ H^+ $\rightarrow$ Ethanol+NAD^+	Alcohol dehydrogenase	

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการผลิตแอลกอฮอล์ผ่านทาง Embden-Meyerhof-parnas pathway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

reation type : (a) Phosphoryl transfer

(b) Phosphoryl shift

© Isomerrization

(d) Dehydration

(e) Aldol cleavage

(f) Phosphorylation cople oxidation

ปัจจัยที่สำคัญต่อยีสต์ในการหมักแอลกอฮอล์

ในการทำให้เชื้อยีสต์เจริญและหมักแอลกอฮอล์ได้ดีที่สุด ปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวกับการเจริญของยีสต์ได้แก่ ธาตุอาหาร เกลือแร่ วิตามิน อุณหภูมิ pH ความเข้มข้นของน้ำตาลและสารบางอย่างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยีสต์

1.ผลของธาตุอาหาร เกลือแร่ และวิตามินต่อการหมัก

เมื่อพิจารณาถึงผลของธาตุอาหารแต่ละชนิดต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ สามารถแยกออกเป็นพวกดังนี้

1.1 ไนโตรเจน ยีสต์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 10%ของน้ำหนักแห้งดั้งนั้นไนโตรเจนจึงเป็นธาตุอาหารที่ โดยทั่วไปยีสตีสามารถใช้ ammonium ions เป็นแหล่งไนโตรเจนได้ แต่ในยีสต์บางชนิดต้องการกรดอมิโนที่เฉพาะเท่านั้น เพราะกรดอะมิโนดังกล่าวเป็นตัวควบคุมการทำงานของ glycolysis pathway สำหรับไนเตรทและไนไตรท์ ยีสต์โดยทั่วไปไม่สามารถนำมาใช้ได้ นอกจากยีสต์บางชนิด เช่น *Candida utilis*

แหล่งไนโตรเจนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการหมักแอลกอฮอล์ นิยมใช้เกลือแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นส่วนใหญ่

1.2 ฟอสฟอรัส โดยมากใช้ในรูปเกลือฟอสเฟต มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเซลเพราะฟอสฟอรัสจะควบคุมการสังเคราะห์ไขมันและคาร์โบไฮเดรตและรักษาสภาพของผนังเซล ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงเป็น ionic factor ที่สำคัญที่สุดในการหา อัตราการหมัก (rate of fermentation)

1.3 ซัลเฟอร์ ยีสต์มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบประมาณ0.4% ของน้ำหนักแห้ง โดยอยู่ในรูปของเมไทโอนีน (methionine, amino acid) แต่เนื่องจากเมไทโอนีนมีราคาที่แพงมากดังนั้นในทางอุตสาหกรรมจึงใช้เกลือแอมโมเนียมซัลเฟตแทน (เกลือ inorganic sulphate จะถูกเปลี่ยนเป็น methionine ภายในเซลของยีสต์ แต่ต้องอาศัยพลังงาน 2 moles ATP / mole SO^{2-}_4 reduce)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แร่ธาตุต่างๆ (Trace elements) แร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อการเจริญและการหมักของยีสต์แบ่งออกได้ 3 พวกได้แก่

1.4.1 macroelement ได้แก่ K,Mg,Ca,Zn,Fe,Mn,Cl, ยีสต์ต้องการ 0.1-1.0 mM

1.4.2 microelement ได้แก่ Co,B,Cd,Cu,I,Mo,Va ยีสต์ต้องการในระดับ 0.1-100μM

1.4.3 inhibitors Ag,As,Bd,Hg,Li,Ni,Os,Pd,Te ถ้ามีในระดับความเข้มข้นสูงกว่า 10-100 μM จะมีผลในการยับยั้งเชื้อยีสต์

ในบางครั้งถ้ามี microelements และ macroelement ในปริมาณมากจะมีผลในการยับยั้งเชื้อยีสต์ในการหมักได้เช่นกัน

1.5 วิตามิน เป็นตัวควบคุม metabolismของยีสต์ โดยจะทำการควบคุมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพราะวิตามินเป็น coenzyme หรือสารเริ่มต้นที่สามารถทำให้เอนไซม์ทำงานได้เต็มที่ วิตามินที่ยีสต์ต้องการส่วนใหญ่จะเป็น ไบโอติคและแพนโอธีนิคแอซิค

1.6 Growth promoting factors ได้แก่ กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก กรดไขมัน และสเตอรอยด์ ซึ่งสารพวกนี้จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แอลกอฮอล์ เพื่อใช้เพิ่มปริมาณของแอลกอฮอล์ Growth factor ที่สำคัญสำหรับยีสต์หลายชนิดได้แก่ inosital ในรูปของ Phosphatidyl inostol ทำหน้าที่สำคัญในการรักษาสภาพของเมมเบรนของยีสต์ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมอัตราการหมัก (rate of fermentation) ต่อไป

2.ผลของอุณหภูมิต่อการหมัก

อุณหภูมินับว่ามีความสำคัญมาก ระดับที่ยีสต์หมักแอลกอฮอล์ได้ดีสำหรับยีสต์ที่ใช้กันอยู่ตามโรงงานโดยทั่วไปนั้นจะอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส และจะสามารถทนไปได้ถึง 37 องศาเซลเซียส ถ้ายีสต์เจริญไปมากพอแล้วอุณหภูมิสามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 40 องสาเซลเซียส

ถ้าอุณหภูมิในช่วง 10 ชั่วโมงแรกต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส อาจจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรียขึ้นได้ และเป็นผลทำให้เชื้อยีสต์ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ การหมักแอลกอฮอล์ในขณะที่มีอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดแอลกอฮอล์หนัก (fusel oil) ซึ่งจะมีผลต่อการมึนและปวดหัวของผู้บริโภคได้ การลดอุณหภูมิจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่าย แต่ก็คุ้มค่าถ้าสามารถหมักแอลกอฮอล์ได้ในระดับ 9-10%ภายในเวลา 24-36 ชั่วโมง

สาเหตุที่อุณหภูมิในระหว่างการหมักมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากกิจกรรมของยีสต์ กล่าวคือ ในการหมักแอลกอฮอล์ กลูโคส 1 โมเลกุลจะให้ปริมาณความร้อน 26 แคลอรี่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ยีสต์}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 26.0 \text{ แคลอรี่}$$

ความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นพวก exothermic energy ดั้งนั้นจึงถ่ายเทลงสู่น้ำหมักให้น้ำหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้น

3..ผลของ pH ต่อการหมัก

ยีสต์ชอบการเจริญในสภาวะที่เป็นกรดพอสมควร คือในระดับ pH 3.8-5.5 ถ้า pH ต่ำกว่า3 ยีสต์ก็จะไม่เจริญ การปรับ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาได้ เพราะแบคทีเรียชอบเจริญ ในสภาพที่ pH เป็นกลาง แต่มีแบคทีเรียบางชนิดที่สร้างกรดแลคติคและเจริญได้ดีในระดับที่เชื้อยีสต์เจริญได้ดี และมักสร้างปัญหาเมื่อแบคทีเรียพวกนี้สร้างกรดมากเกินไป

4.ผลของความเข้มข้นของเอทานอล

เอทานอลที่ได้จากการหมักเองจะมีผลในการยับยั้งการเจริญ และการหมักของเชื้อยีสต์ จะเห็นว่าเอทานอลมีความเข้มข้นที่สูงขึ้น อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์กลับลดลง ซึ่งจะทำให้อัตราในการหมักลดลงไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลไปมีผลต่อเอนไซม์และสรีรวิทยาของเซล ในกรณีแรกเอทานอลจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ alcohol dehydrogenase และ hexokinase ในกรณีหลังมีผลต่อเซลเมมเบรนของยีสต์ กล่าวคืออาจจะมีการทำลายให้เซลเมมเบรนของยีสต์เปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ตาม นอกจากการยับยั้งการหมักด้วยเอทานอลที่เกิดขึ้นแล้ว ยังต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ ควบคู่กันๆไปด้วย เช่น ความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงและอุณหภูมิที่สูง เป็นต้น ซึ่งจะมีผลต่อการยับยั้งเชื้อยีสต์อย่างรุนแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียวสันป่าตอง ตราสิงห์โตคู่
2. แป้งมันสำปะหลัง ตราปลามังกร
3. ข้าวเจ้า ตรามาบุญครอง
4. แป้งมันเทศ
5. แป้งมันฝรั่ง

3.2 สารเคมี

1. Conc. H_2SO_4
2. KH_2PO_4
3. น้ำกลั่น
4. เอนไซม์กลูโคอไมเลส (Optidex L300 , AMG 300L)
5. เอนไซม์แอลฟาอไมเลส (Termamyl 120L , Kleistase E5)
6. NaCl

3.3 อุปกรณ์

1. ตะเกียง
2. loop
3. ขวดใส่อาหาร
4. หลอดดักก๊าซ
5. เครื่องแก้วชนิดต่างๆ
6. Magnetic stirer , bar
7. pH meter
8. Refractometer
9. Ebullometer
10. Haemacytometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. กล้องจุลทรรศน์

12. เครื่องบดข้าว (Retsch miller)

13. หม้อนึ่งความดัน (Autocave)

14. ตู้ดูดควัน (Hood)

15. ตู้บ่มเชื้อ

16. ตู้เขี่ยเชื้อ

17. เครื่องชั่งน้ำหนัก

18. Shaker

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Malt extract

2. Yeast extract

3. Glucose

4. Agar

5. Peptone

6. Meat extract

3.5 เชื้อจุลินทรีย์

Saccharomyces cerevisiae Sc-90

3.6 วิธีการทดลอง

3.6.1 <u>เปรียบเทียบและคัดเลือกเอนไซม์อไมเลสชนิดที่เหมาะสมในการย่อยแป้งเพื่อหมักแอลกอฮอล์</u>

1.) เลี้ยงเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90 ใน Slant อาหาร MY agar ในตู้บ่มเชื้อ 18-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการนับเซลยีสต์ด้วย Haemacytometer โดยในการเขี่ยเชื้อทุกครั้งจะลากยาว 2 ครั้ง โดย MY agar ในหลอดที่เตรียมจะเติม 5 มล. เท่ากันทุกหลอด หลอดที่ใช้จะขนาดเดียวกันทุกหลอดและเอียงเท่ากันทุกหลอด เพื่อให้พื้นที่ผิวหน้าเท่ากันทุกหลอดเป็นการควบคุมให้ปริมาณเชื้อยีสต์ที่ใช้มีปริมาณเท่ากันทุกๆ หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) บดข้าวเหนียวด้วยเครื่องบดข้าว (Retsch miller) โดยได้เม็ดแป้งข้าวเหนียวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มม. นำไปตากแดดเพื่อไล่ความชื้น

3.) เติมแป้งข้าวเหนียว 20 กรัม ลงในขวดหมัก เติม NB ลงไป 100 มล. คนให้แป้งข้าวเหนียวละลาย เติมเอนไซม์อไมเลสชนิดต่างๆ ลงไป โดยในแต่ละขวดจะเติมเอนไซม์ไม่ซ้ำชนิดกัน เขย่าให้ละลายเข้ากัน นำขวดส่วนหนึ่งที่เติมเอนไซม์ Termamyl ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คนจนแป้งข้าวเหนียวละลายหมด นำมาทำให้เย็นลง

รูปแบบการเติมเอนไซม์ชนิดต่างๆ ลงในแป้งข้าวเหนียว ทั้งที่ไม่นำไปให้ความร้อน และนำไปให้ความร้อน แสดงได้ดังต่อไปนี้

<u>ไม่นำไปให้ความร้อน</u>

1.แอลฟาอไมเลส (Termamyl)

2.แอลฟาอไมเลส (E5)

3.กลูโคอไมเลส (Optidex)

4.กลูโคอไมเลส (AMG)

5.แอลฟาอไมเลส (Termamyl) + กลูโคอไมเลส (Optidex)

6.แอลฟาอไมเลส (Termamyl) + กลูโคอไมเลส (AMG)

7.แอลฟาอไมเลส (E5) + กลูโคอไมเลส (Optidex)

8.แอลฟาอไมเลส (E5) + กลูโคอไมเลส (AMG)

<u>นำไปให้ความร้อน</u>

9.แอลฟาอไมเลส (Termamyl)

10.แอลฟาอไมเลส (Termamyl) + กลูโคอไมเลส (Optidex)

11.แอลฟาอไมเลส (Termamyl) + กลูโคอไมเลส (AMG)

<u>ปริมาณเอนไซม์ที่เติม</u>

- แอลฟาอไมเลส (Termamyl , E5) 0.1 % ของน้ำหนักแป้ง
- กลูโคอไมเลส (Optidex , AMG) 1 % ของน้ำหนักแป้ง

4.) หลังจากเติมเอนไซม์ชนิดต่างๆ ลงไปแล้ว นำเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90 ที่เลี้ยงไว้มาถ่ายลงในขวดหมักทุกขวดๆ ละ 1 หลอด ปิดขวดแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละใบด้วยจุกยางซึ่งเสียบหลอดดักก๊าซเอาไว้ โดยในหลอดดักก๊าซแต่ละหลอดจะเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นเอาไว้หลอดละ 1 มล. เพื่อดักก๊าซและสารประกอบอื่นๆ ที่เกิดจากขบวนการหมักเอาไว้ โดยยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้อย่างเดียว

5.) นำขวดแต่ละใบไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้น บันทึกค่าเริ่มต้นเอาไว้ หลังจากนั้นคอยสังเกตและชั่งน้ำหนักขวด บันทึกค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 24 ชั่วโมง (ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น) จนค่าน้ำหนักขวดที่ได้คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นนำน้ำหมักในแต่ละขวดมาวิเคราะห์หาค่า %Alcohol , Brix , pH

3.6.2 <u>ทดลองผลของเอนไซม์อไมเลสที่ได้คัดเลือกแล้วในการย่อยแป้งชนิดต่างๆ เพื่อหมักแอลกอฮอล์</u>

ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 3.6.1 แต่ใช้เอนไซม์อไมเลสชนิดที่หมักแล้วเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ %Alcohol ขึ้นมากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุดโดยคำนึงถึงความประหยัดและความสะดวกในการใช้งาน โดยทดลองกับแป้งชนิดต่างๆ คือ แป้งข้าวเหนียว , แป้งมันสำปะหลัง , แป้งข้าวเจ้า , แป้งมันเทศ และแป้งมันฝรั่ง

3.6.3 <u>ทดลองหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวในระดับที่ขยายปริมาณเพิ่มมากขึ้น (Scale up)</u>

1.) เลี้ยงเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Sc-90 ใน Slant อาหาร MY agar ในตู้บ่มเชื้อ 18-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมาถ่ายลงในอาหาร MY broth 300 มล. (หัวเชื้อ 10 % ของน้ำหมัก) 1 หลอด นำไปเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ทิ้งไว้ 18-24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น

2.) เติมแป้งข้าวเหนียว 600 กรัม ลงในโหลแก้วที่ใช้เป็นถังหมัก เติมน้ำกลั่นลงไป 3 ลิตร คนให้แป้งข้าวเหนียวละลาย เติมเอนไซม์อไมเลสชนิดที่ได้คัดเลือกแล้วลงไปตามปริมาณ % ของเอนไซม์ชนิดนั้นที่ใช้ต่อน้ำหนักแป้งที่เติม คนให้ละลายเข้ากัน เติม KH_2PO_4 ลงไป 16.5 กรัม (0.5 %) เพื่อเป็นตัว buffer รักษา pH ให้คงที่ประมาณ 4.5 คนให้ละลายเข้ากัน หลังจากนั้นนำหัวเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 1. มาเติมลงในถังหมัก คนให้ละลายเข้ากัน นำถังหมัก (โหลแก้ว) ไปวางบน Magnetic stirer โดยมีแผ่นโฟมวางรองอยู่เพื่อกันความร้อนที่เกิดขึ้นจาก Magnetic stirer ถ่ายเทสู่ถังหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

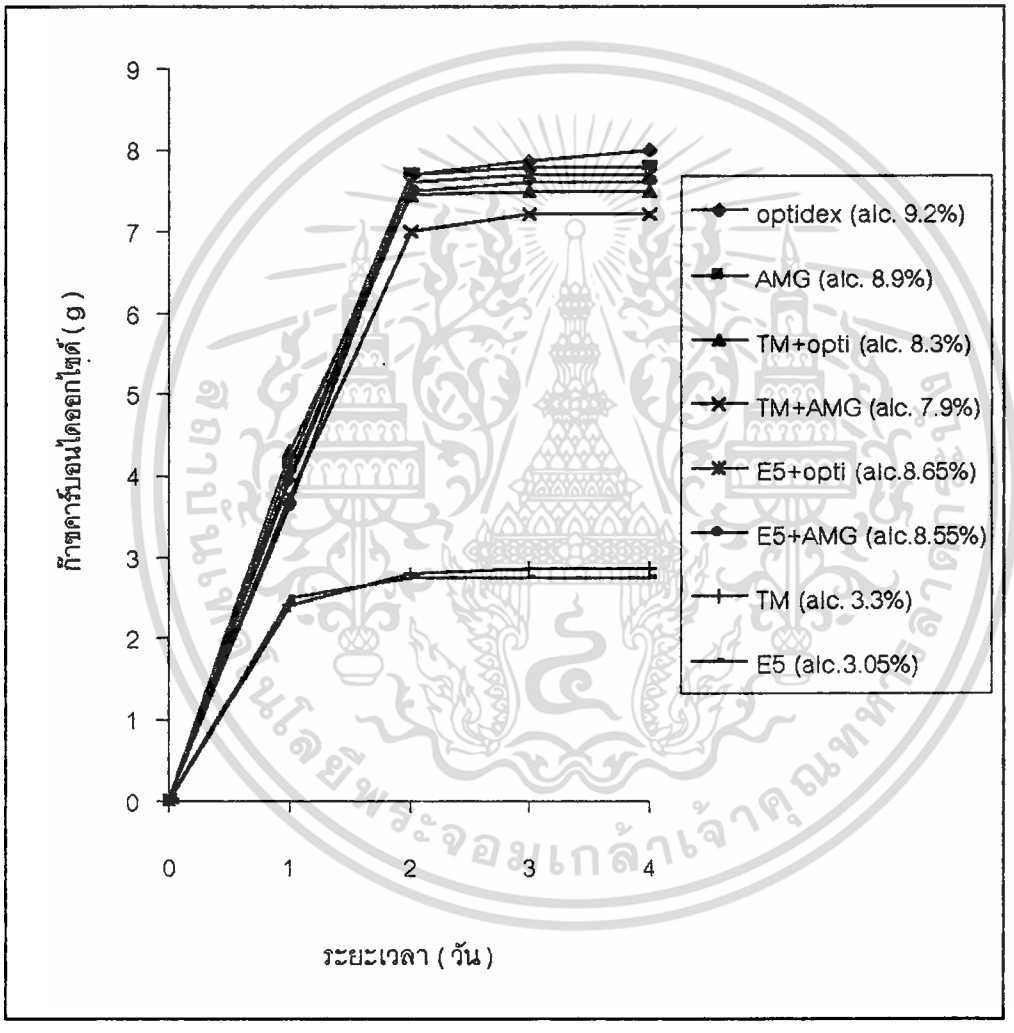
หย่อน Magnetic bar ลงไปในถังหมักเพื่อใช้แทนใบพัดในถังหมัก ปรับระดับการหมุนของ Magnetic bar ไปที่ระดับ 7 นำแผ่นพลาสติกมารัดปิดปากถังหมัก (โหลแก้ว) เอาไว้ป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ

3.) เก็บตัวอย่างเริ่มต้น และทุกๆ วัน โดยเก็บทุกๆ 6 ชั่วโมงใน 1 วัน (เช้า,เที่ยง,เย็น) มาวิเคราะห์หาค่า %Alcohol , Brix และ pH เป็นเวลาประมาณ 3-4 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 เปรียบเทียบและคัดเลือกเอนไซม์อไมเลสชนิดที่เหมาะสมในการย่อยแป้งเพื่อหมักแอลกอฮอล์

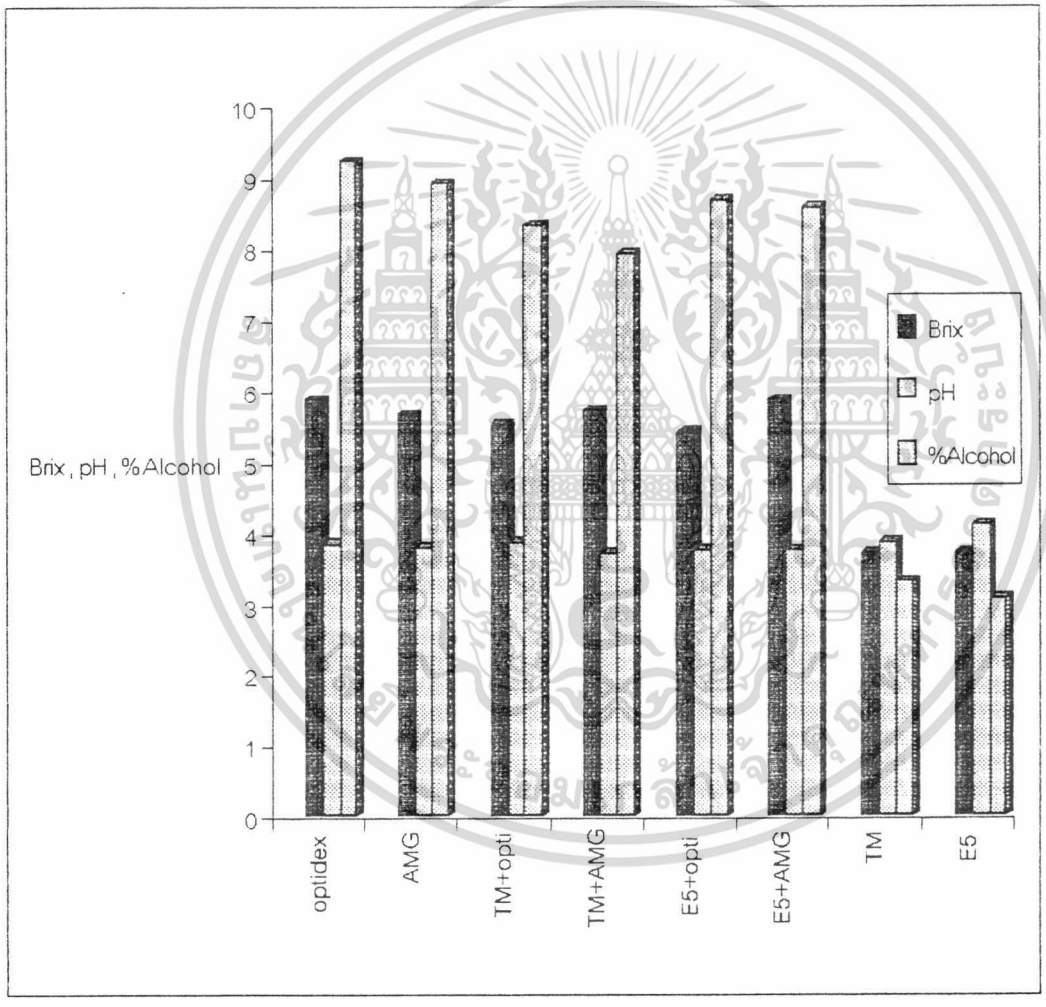


ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวดิบโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

97013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

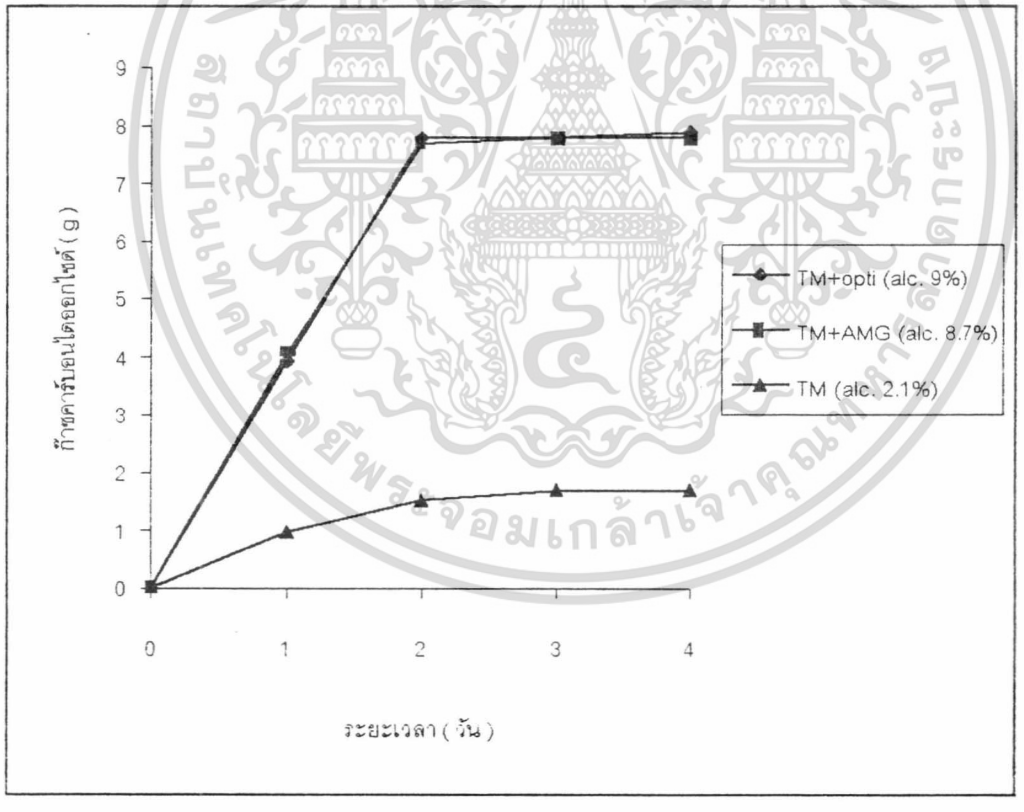
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในขวดหมักที่เติมเอนไซม์ชนิดต่างๆ กันร่วมกับ Sc-90 จากกราฟที่ได้จะสัมพันธ์กันกับ แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้น คือเมื่อเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นมาก แสดงว่าเกิดการหมักขึ้นดี แอลกอฮอล์ที่ได้ก็จะมาก โดยในขวดที่เติม optidex ลงไปตัวเดียวจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดและได้แอลกอฮอล์มากที่สุดคือ 9.2 % , ค่า Brix 5.85 และ pH 3.83



ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวดิบในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

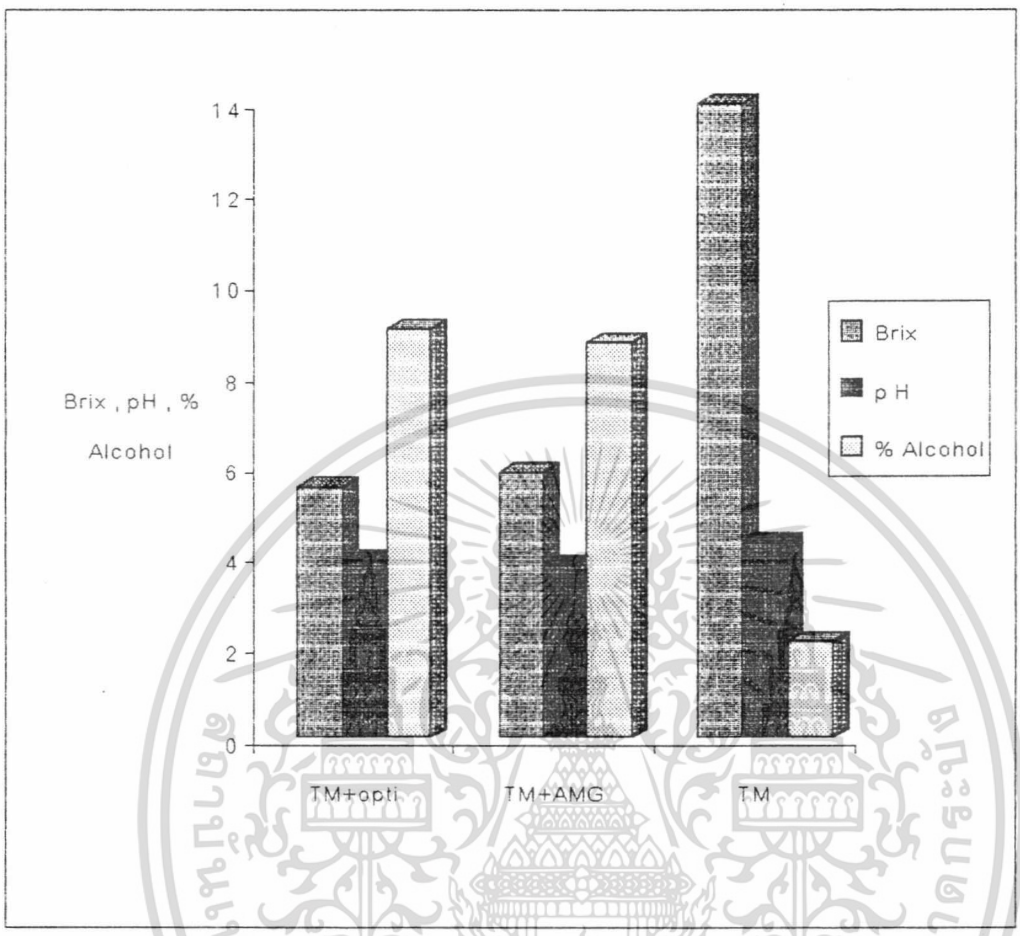
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิ แอลกอฮอล์ที่ได้จะสัมพันธ์กับค่า Brix ซึ่งเมื่อ Brix มากแอลกอฮอล์ก็จะได้มากตามไปด้วย เนื่องจากมีการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลยีสต์สามารถนำไปใช้ในขบวนการหมักได้มาก จึงได้แอลกอฮอล์มากตามไปด้วย ส่วนในการเติม Tm (Termamyl) หรือ E5 ลงไปแล้วได้แอลกอฮอล์น้อย นั้นเกิดจากเอนไซม์ทั้งสองตัวนี้เป็นแอลฟาอไมเลส (ย่อยพันธะ 1,4 glycosidic bond เพียงอย่างเดียว) ซึ่งย่อยแบบสุ่มได้ เดกซ์ตริน,โอลิโกแซ็คคาไรด์ เป็นส่วนใหญ่และได้น้ำตาลกลูโคสน้อย ยีสต์จึงไม่สามารถนำไปใช้หมักแอลกอฮอล์ได้ดี แอลกอฮอล์ที่ได้จึงน้อย ส่วนในขวดที่เติมกลูโคอไมเลสเพียงอย่างเดียว และขวดที่เติมกลูโคอไมเลสกับแอลฟาอไมเลส จะให้แอลกอฮอล์สูงใกล้เคียงกัน และค่า pH ที่วัดได้ในทุกขวดก็จะอยู่ในช่วงที่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดี แสดงว่าการหมักที่ได้แอลกอฮอล์ต่ำไม่ได้เกิดจาก pH ที่ต่ำลงจนยับยั้งการหมักของยีสต์



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวสุกโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวสุกในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

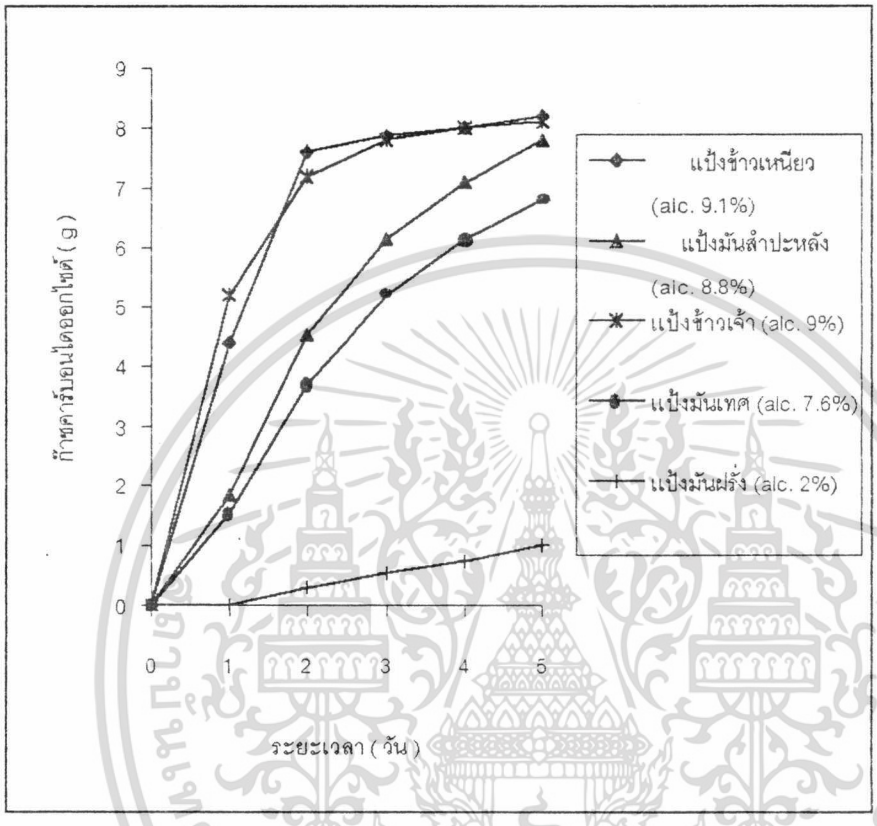
จากแผนภูมิจะเห็นว่า Brix และ แอลกอฮอล์ที่ได้จะสัมพันธ์กัน โดยเมื่อ Brix มาก แอลกอฮอล์ที่ได้ก็จะมากตามไปด้วยเช่นเดียวกันกับในกรณีของแป้งข้าวเหนียวดิบ ส่วนในขวดที่เติม Tm (Termamyl) ซึ่งเป็นแอลฟาอไมเลสเพียงตัวเดียวนั้น จะย่อยแป้งแบบสุ่มได้ เดกซ์ตริน , โอลิโกแซ็คคาไรด์ มาก ซึ่งยีสต์ไม่สามารถนำไปใช้ในขบวนการหมักได้ แอลกอฮอล์ที่ได้จึงน้อย โดยที่ค่า Brix จะสูง

จากการทดลองในข้อนี้ได้คัดเลือกเอนไซม์ที่เติมลงไปแล้วย่อยแป้งแล้วหมักให้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด โดยคำนึงถึงความประหยัดพลังงานคือไม่ต้องต้ม , ประหยัดเอนไซม์คือใช้เพียงชนิดเดียว และสะดวกไม่ยุ่งยากในการทำงาน ได้แก่ Optidex ได้แอลกอฮอล์ 9.2 % และ AMG ได้แอลกอฮอล์ 8.9 % ซึ่งจะนำเอนไซม์ทั้งสองชนิดนี้ไปใช้ในการทดลองข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15461

4.2 ทดลองผลของเอนไซม์อไมเลสที่ได้คัดเลือกแล้วในการย่อยแป้งชนิดต่าง ๆ เพื่อหมักแอลกอฮอล์

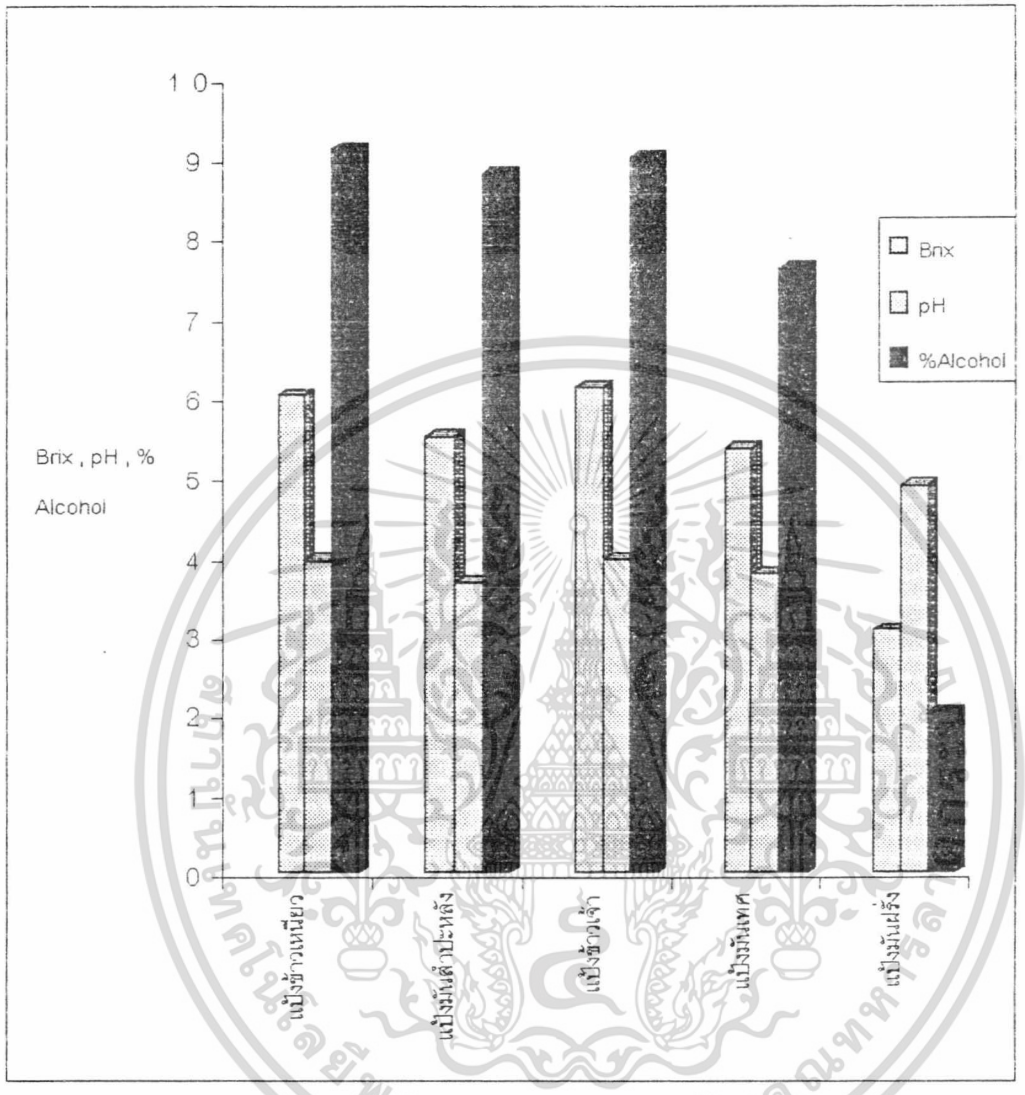


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ optidex ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในขวดหมักที่เติมแป้ง 5 ชนิด ต่างๆกันคือ แป้งข้าวเหนียว,แป้งมันสำปะหลัง,แป้งข้าวเจ้า,แป้งมันเทศ และแป้งมันฝรั่ง ซึ่งใช้ optidex ในการย่อย โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมาก แอลกอฮอล์ที่ได้ก็จะมากตามไปด้วยสัมพันธ์กัน โดยแป้งที่ย่อยแล้วหมักได้แอลกอฮอล์มากที่สุดคือ แป้งข้าวเหนียว 9.1 % ซึ่งใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้าคือ 9.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

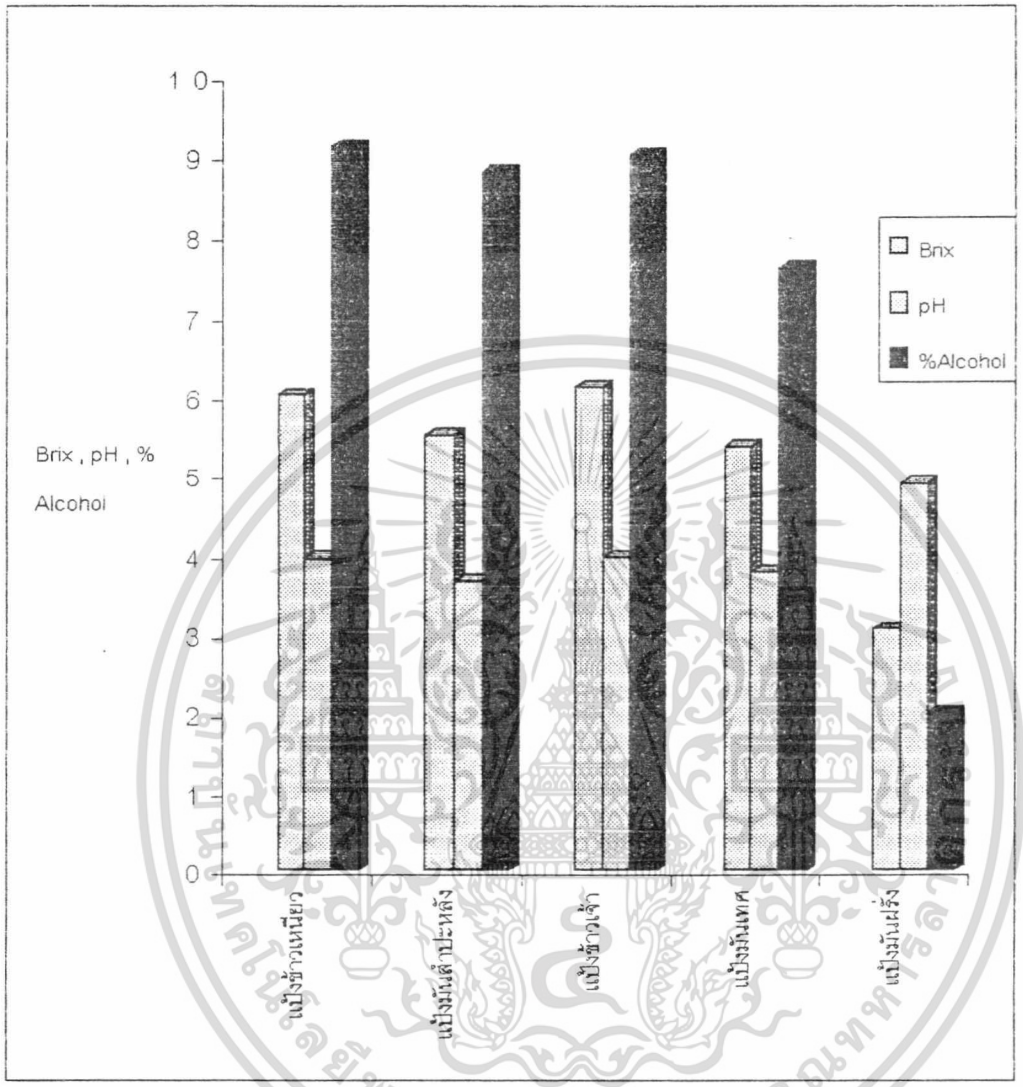
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ optidex ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

จากแผนภูมิ แอลกอฮอล์ที่ได้จะสัมพันธ์กับค่า Brix ซึ่งเมื่อ Brix มาก แอลกอฮอล์ก็จะได้มากตามไปด้วย โดยแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวเจ้าได้แอลกอฮอล์มากใกล้เคียงกันคือ 9.1 และ 9.0 % ตามลำดับ รองลงมาคือ แป้งมันสำปะหลัง 8.8 % , แป้งมันเทศ 7.6 % และแป้งมันฝรั่ง 2.0 % ตามลำดับ สาเหตุที่ในแป้งมันฝรั่งได้ค่า Brix และแอลกอฮอล์ต่ำเกิดจากในโมเลกุลของแป้งมีหมู่ฟอสเฟตแทรกอยู่ระหว่างกลูโคสที่จับกันทำให้เอนไซม์ไม่สามารถย่อยได้ ค่า Brix และแอลกอฮอล์ จึงน้อย

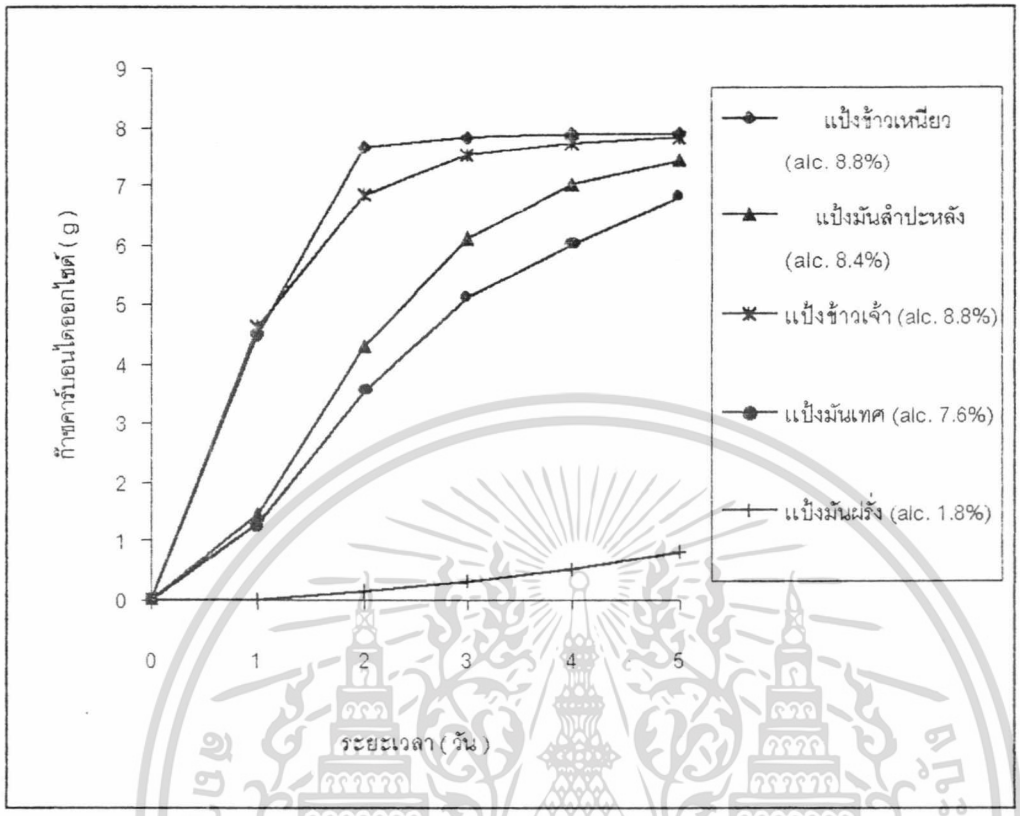
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ optidex ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

จากแผนภูมิ แอลกอฮอล์ที่ได้จะสัมพันธ์กับค่า Brix ซึ่งเมื่อ Brix มาก แอลกอฮอล์ก็จะได้มากตามไปด้วย โดยแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวเจ้าได้แอลกอฮอล์มากใกล้เคียงกันคือ 9.1 และ 9.0 % ตามลำดับ รองลงมาคือ แป้งมันสำปะหลัง 8.8 % , แป้งมันเทศ 7.6 % และแป้งมันฝรั่ง 2.0 % ตามลำดับ สาเหตุที่ในแป้งมันฝรั่งได้ค่า Brix และแอลกอฮอล์ต่ำเกิดจากในโมเลกุลของแป้งมีหมู่ฟอสเฟตแทรกอยู่ระหว่างกลูโคสที่จับกันทำให้เอนไซม์ไม่สามารถย่อยได้ ค่า Brix และแอลกอฮอล์ จึงน้อย

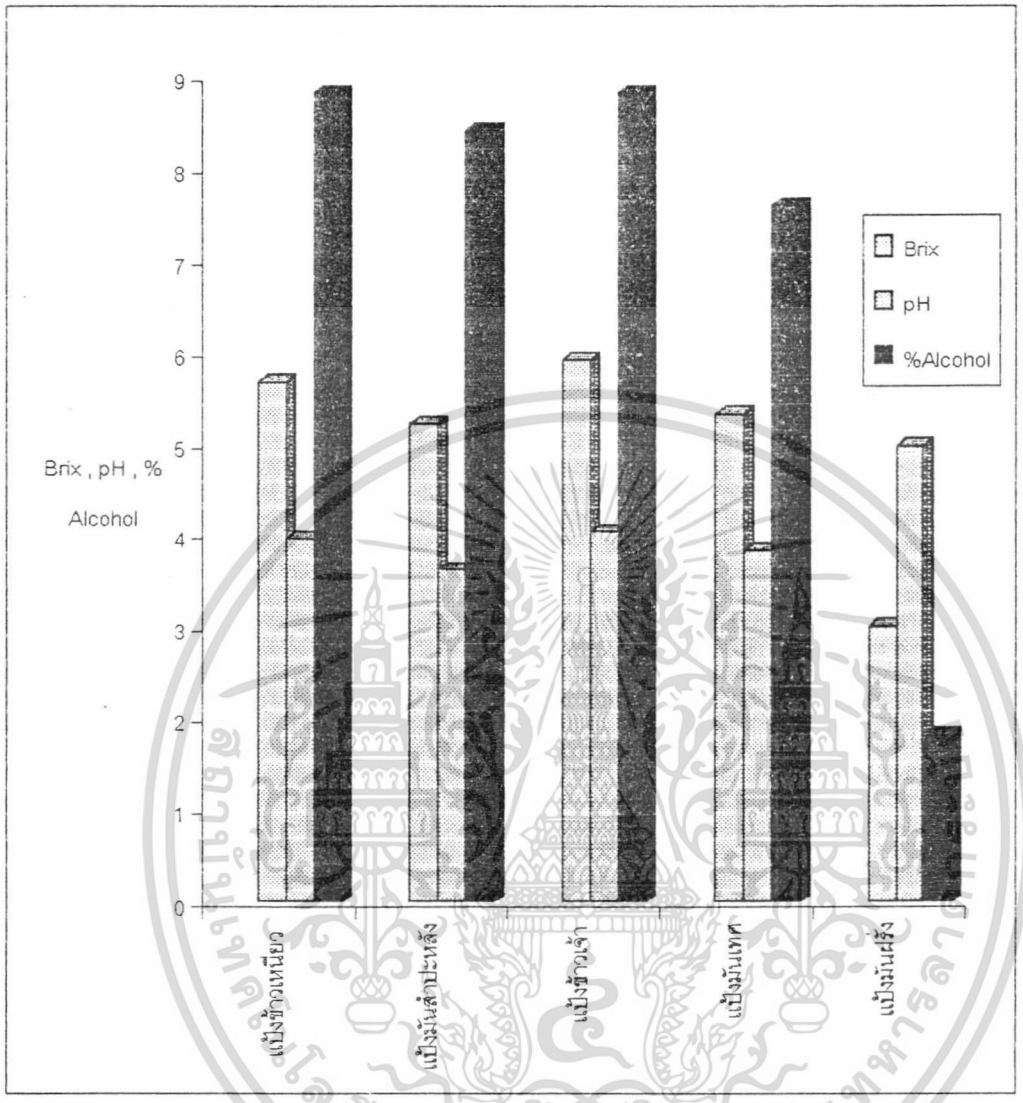
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในขวดหมักที่เติมแป้ง 5 ชนิด ต่างๆกันคือ แป้งข้าวเหนียว,แป้งมันลำปะหลัง,แป้งข้าวเจ้า,แป้งมันเทศ และแป้งมันฝรั่ง ซึ่งใช้ AMG ในการย่อย พบว่าให้ผลใกล้เคียงกับการใช้ optidex โดยแป้งที่ย่อยแล้วหมักได้แอลกอฮอล์มากที่สุดคือ แป้งข้าวเหนียว 8.8 % ซึ่งเท่ากับแป้งข้าวเจ้าคือ 8.8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

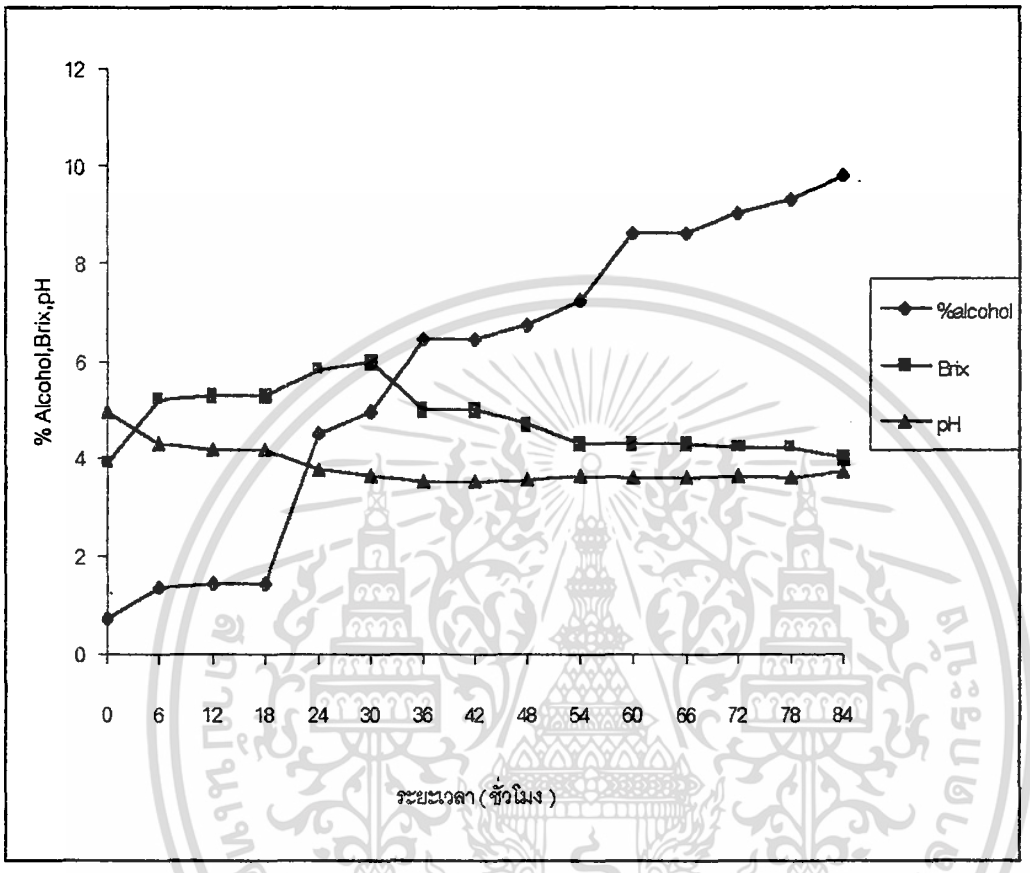


ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

จากแผนภูมิ ค่าต่างๆที่วิเคราะห์ได้จะใกล้เคียงกับเมื่อใช้ optidex โดยแป้งข้าวเหนียวกับแป้งข้าวเจ้าได้แอลกอฮอล์เท่ากันคือ 8.8 % รองลงมาคือ แป้งมันสำปะหลัง 8.4 % , แป้งมันเทศ 7.6 % และแป้งมันฝรั่ง 1.8 % ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดลองหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวในระดับที่ขยายปริมาณ (Scale up)



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในการหมักแป้งข้าวเหนียวระดับที่ขยายปริมาณ (Scale up)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Alcohol , Brix และ pH ที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ไม่คงที่ โดยได้ 9.8 % ที่ 84 ชั่วโมง ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่า Brix ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกเนื่องจากมีการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลมาก และหลังจากนั้น Brix จะลดลงเนื่องจากยีสต์จะนำน้ำตาลไปใช้ในขบวนการหมักได้แอลกอฮอล์ออกมา ส่วน pH จะลดลงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงที่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ในการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบโดยใช้อไมเลสชนิดต่างๆ ร่วมกับ *S. cerevisiae* Sc-90 พบว่าการใช้กลูโคอไมเลส (optidex , AMG) จะให้ผลการหมักได้แอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้กลูโคอไมเลสร่วมกับแอลฟาอไมเลส (Termamyl , E5) และการใช้แอลฟาอไมเลสเพียงอย่างเดียว

2. การหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้กลูโคอไมเลสร่วมกับ *S. cerevisiae* Sc-90 พบว่าการใช้ optidex มีประสิทธิภาพดีกว่า AMG เล็กน้อย โดยการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบให้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด และข้าวเจ้าดิบ , แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันเทศ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์รองลงมาตามลำดับ ส่วนการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งมันฝรั่งดิบจะได้แอลกอฮอล์เพียง 2 % ซึ่งต่ำกว่าข้าวเหนียวดิบ 3.5 เท่า

3. ในการย่อยแป้งดิบจากพวกธัญพืช (ข้าวเหนียว , ข้าวเจ้า) จะย่อยได้ง่ายกว่าแป้งจากพวกพืชหัว (มันสำปะหลัง , มันเทศ , มันฝรั่ง) โดยในพืชหัว มันฝรั่งจะย่อยได้ยากที่สุด

4. เมื่อขยายขนาดการหมักแอลกอฮอล์จากข้าวเหนียวดิบเป็น 3 ลิตร ซึ่งขยายปริมาณเป็น 30 เท่าของการทดลองในขวดหมัก พบว่าจะต้องใช้ระยะเวลาในการหมักนานกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการหมักระดับที่ขยายปริมาณ (Scale up) ควรจะหมักในถังหมักหรือ Fermenter ที่มีการควบคุมสภาวะต่างๆ ที่ดีกว่านี้เพื่อที่จะให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงในระยะเวลาอันสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐดา ชวศิริ . 2525 . **การเปลี่ยนแป้งมันสำปะหลังเป็นน้ำตาลโดยเชื้อราเพื่อใช้ในการหมักแอลกอฮอล์** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ .

ปราณี อ่านเปรื่อง . 2535 . **เอนไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 1** . ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . กรุงเทพฯ .

พูนสุข , ประไพศรี , อำพล และสุภาพ . 2529 . **การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังในโรงงานต้นแบบเป็นพลังงานทดแทน** . วท. : กรุงเทพฯ , โครงการย่อยที่ 1 , โครงการวิจัยที่ ภ. 25-02 .

ภูริวัฒน์ และวรพจน์ . 2539 . **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลัง** . ปัญหาพิเศษปริญญาตรี . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ .

วุฒิชัย นาครักษา . **เอกสารประกอบการสอนวิชาคาร์โบไฮเดรทในอาหาร** . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ .

วรรณา ตั้งเจริญชัย . 2536 . **เคมีอาหาร** . ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . กรุงเทพฯ .

วราวุฒิ , ณัฐศิษฏ์ และปราโมทย์ . 2530 . **ผลของสารสกัดจากเปลือกไม้เคี่ยมต่อเชื้อยีสต์ และแบคทีเรียในการหมักแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล** . รายงานผลการวิจัยเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2530-31 .

สัตถาพร ศรีมหาสงคราม . 2524 . **การผลิตเอนไซม์อมิเลสจากบักเตรีเพื่อย่อยแป้งมันสำปะหลัง** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ .

สุนีย์ โชตินีรนาท . 2539 . **การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์และอัลทราฟีลเทรชั่น** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . กรุงเทพฯ .

อุดมเกียรติ พรรธนประเทศ . 2536 . **อิทธิพลของการย่อยสตาร์ชด้วยกรดและเอนไซม์ต่อองค์ประกอบของน้ำตาลจากแป้ง 4 ชนิด** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1.การวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้ Ebuliometer

ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 15 ม.ล.ใส่ลงใน Ebuliometer

↓

ต้มจนน้ำเดือดบันทึกอุณหภูมิที่คงที่ของน้ำเดือดเพื่อที่จะใช้เป็น
อุณหภูมิอ้างอิงในการตรวจหาปริมาณแอลกอฮอล์

↓

เทน้ำที่ผ่านการต้มออกให้หมดจาก Ebuliometer

↓

ตวงสารละลายที่จะทำการวิเคราะห์ 50 ม.ล. เทใส่ในEbuliometer
ต้มจนจุดเดือดของสารละลายคงที่และทำการบันทึก

↓

ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำกลั่นและอุณหภูมิของสารละลาย
ในตารางที่ให้มาเพื่อทำการหาปริมาณของแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในสาร-
ละลาย บันทึกปริมาณแอลกอฮอล์ที่อ่านค่าได้

2.การวิเคราะห์หาปริมาณ brix โดยการใช้ refractometer

ล้างผิวหน้าของ refractometer และใช้กระดาษซับเบาๆ

↓

หยดสารละลายที่ต้องการทดสอบลงบนผิวหน้า ปิดฝาครอบ

↓

ทำการอ่านค่า brix ที่ทำการวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยการใช้ pH-meter

เทสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ลงในบีกเกอร์

↓

จุ่มหัววัดลงในสารละลาย (pH-meter ผ่านการเทียบมาแล้ว)

↓

อ่านค่าและบันทึกผล

4.การตรวจหาปริมาณเซลยีสต์ โดยการใช้ Haemacytometer

ปิเปตสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ มา 1 ม.ล.

↓

ถ้ามีปริมาณเชื้อยีสต์มากจะต้องทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น

(10^{-1},10^{-2},10^{-3} ตามลำดับ)

↓

ปิเปตมา 1ม.ล. ทำการเติมสารละลายไอโอดีนเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของเซลยีสต์

↓

นำสารละลายที่ได้ไปหยดลงใน haemacytometer โดยมี cover slide ปิดทับอยู่

↓

นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อนับจำนวนเซลยีสต์ โดยจะใช้เลนส์กำลังขยายต่ำๆก่อน

↓

นับจำนวนเซลในแนวทะแยงมุมจำนวน 10 ช่อง

↓

นำมาเฉลี่ยหาจำนวนเซลยีสต์ต่อช่อง

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓

ปริมาณเซลยีสต์ที่ได้นำไปแทนค่าในสูตรได้ดังนี้

อาหาร 1ม.ล. จะมีจำนวนเซลยีสต์ = $\frac{X(10^{-3}) \text{ เซล}}{0.0025}$

หรือ = $4X(10^{6})$ เซล ต่อ มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวดิบโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

วันที่	Optidex	AMG	Terma myl + optidex	Terma myl + AMG	E5+optidex	E5 + AMG	Terma myl	E5
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3.65	4.15	4.3	3.75	4	3.95	2.4	2.5
2	7.7	7.7	7.45	7	7.6	7.5	2.8	2.75
3	7.85	7.8	7.5	7.2	7.7	7.6	2.85	2.75
4	8	7.8	7.5	7.2	7.7	7.6	2.85	2.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวดิบในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

สิ่งที่วิเคราะห์	Optidex	AMG	Termamyl + optidex	Termamyl + AMG	E5+optidex	E5 + AMG	Termamyl	E5
Brix	5.85	5.65	5.5	5.7	5.4	5.85	3.7	3.7
PH	3.83	3.77	3.85	3.7	3.75	3.74	3.85	4.1
%Alcohol	9.2	8.9	8.3	7.9	8.65	8.55	3.3	3.05

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งข้าวเหนียวสุกโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

วันที่	Termamyl+optidex	Termamyl+AMG	Termamyl
0	0	0	0
1	3.9	4.05	0.95
2	7.8	7.7	1.5
3	7.8	7.8	1.7
4	7.9	7.8	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งข้าวเหนียวสุก ในการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

สิ่งที่วิเคราะห์	Termamyl+optidex	Termamyl+AMG	Termamyl
Brix	5.5	5.85	13.95
PH	3.89	3.77	4.27
%Alcohol	9.0	8.7	2.1

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ Optidex ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

วันที่	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเจ้า	แป้งมันเทศ	แป้งมันฝรั่ง
0	0	0	0	0	0
1	4.4	1.85	5.2	1.55	0
2	7.6	4.55	7.2	3.7	0.3
3	7.85	6.15	7.8	5.2	0.55
4	8	7.1	8	6.15	0.75
5	8.2	7.8	8.1	6.8	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ Optidex ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

สิ่งที่วิเคราะห์	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเจ้า	แป้งมันเทศ	แป้งมันฝรั่ง
Brix	6	5.5	6.1	5.35	3.05
PH	3.93	3.66	3.95	3.77	4.88
%Alcohol	9.1	8.8	9.0	7.6	2.0

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g) ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันในการหมักแอลกอฮอล์จากแป้งชนิดต่างๆ โดยใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

วันที่	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเจ้า	แป้งมันเทศ	แป้งมันฝรั่ง
0	0	0	0	0	0
1	4.5	1.45	4.65	1.3	0
2	7.65	4.3	6.85	3.55	0.15
3	7.8	6.1	7.5	5.1	0.3
4	7.9	7.0	7.7	6.0	0.5
5	7.9	7.4	7.8	6.8	0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงค่า Brix , pH , % Alcohol ที่วิเคราะห์ในน้ำหมักเมื่อสิ้นสุดการหมักแป้งชนิดต่างๆ ในการใช้ AMG ร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* Sc-90

สิ่งที่วิเคราะห์	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง	แป้งข้าวเจ้า	แป้งมันเทศ	แป้งมันฝรั่ง
Brix	5.65	5.2	5.9	5.3	3.0
PH	3.96	3.62	4.03	3.82	4.96
%Alcohol	8.8	8.4	8.8	7.6	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

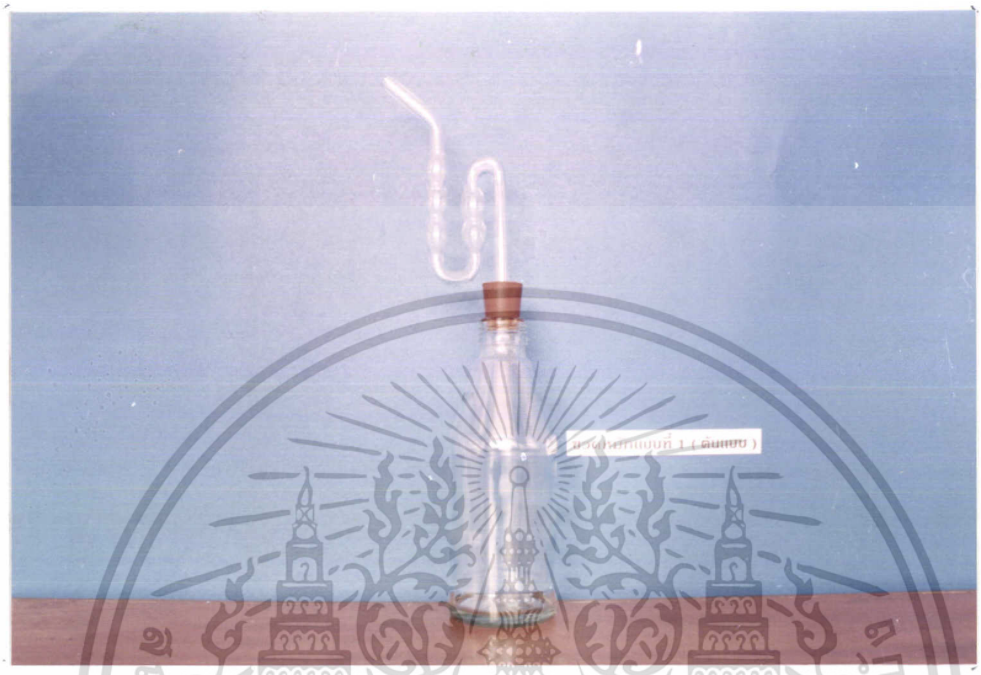
ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ในการหมักแป้งข้าวเหนียวระดับที่ขยายปริมาณ

(Scale up)

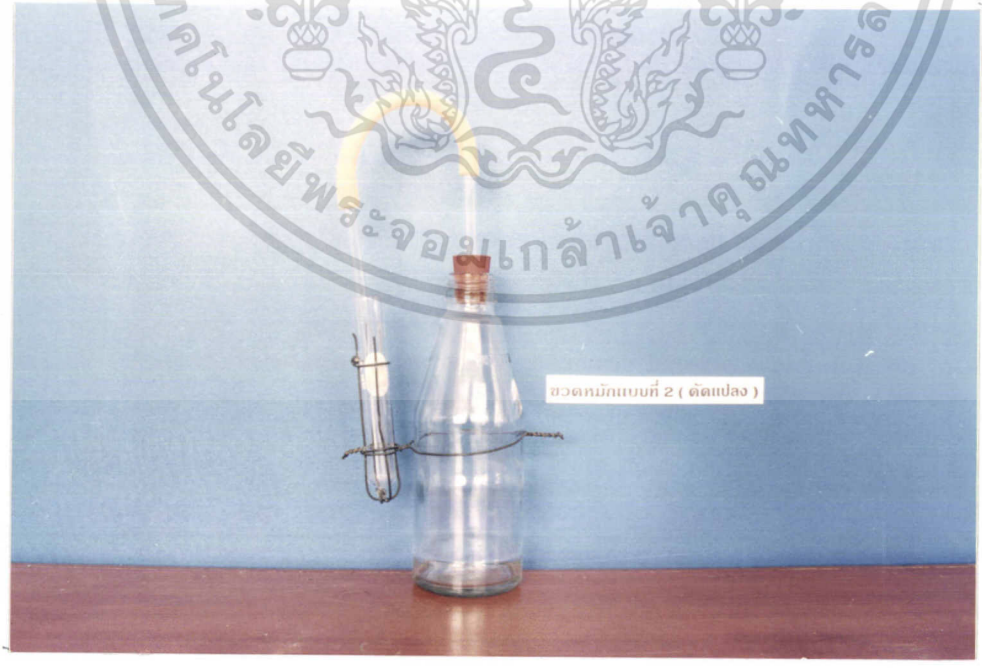
ชั่วโมงที่	% Alcohol	Brix	PH
0	0.7	3.9	4.96
6	1.35	5.2	4.32
12	1.45	5.3	4.19
24	4.5	5.8	3.77
30	4.95	6.0	3.65
36	6.45	5.0	3.53
48	6.7	4.7	3.56
54	7.2	4.3	3.64
60	8.6	4.3	3.6
72	9.0	4.2	3.64
78	9.3	4.2	3.62
84	9.8	4.0	3.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

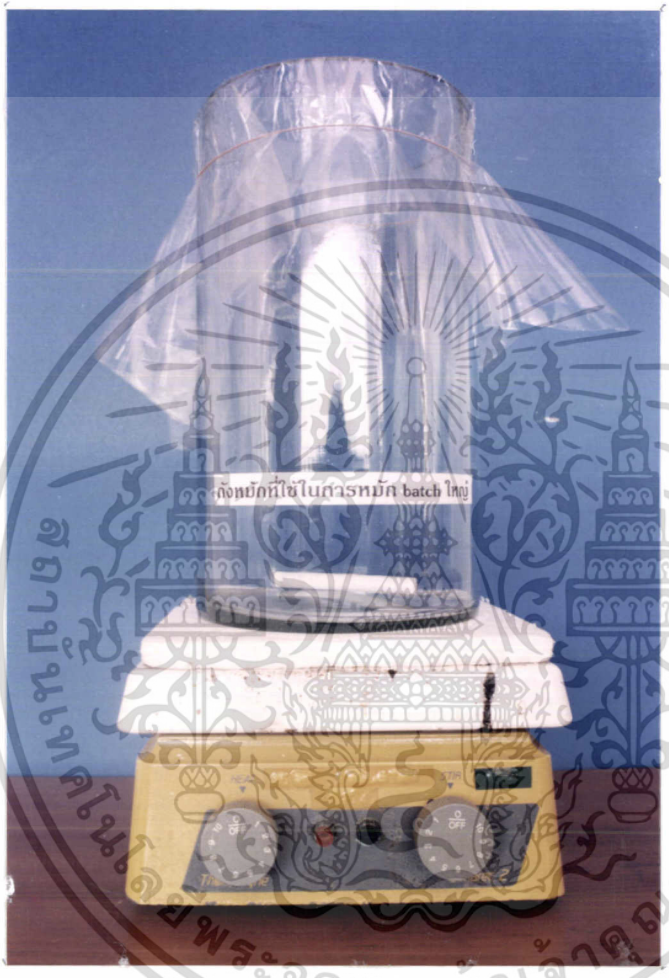


ภาพที่ 1 ขวดหมักแบบที่ 1 (ต้นแบบ)



ภาพที่ 2 ขวดหมักแบบที่ 2 (ดัดแปลง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ถังหมักที่ใช้ในการหมักระดับ Scale up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

นายจิรวัฒน์ ทองบุญ (วิลลี่) เกิดวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัด สุราษฎร์ธานี

สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายจาก โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2537

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ว.ท.บ.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2541

นายดุลยเทพ มังกรสินธุ์ (เจี๊ยบ , ปีเตอร์) เกิดวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัด พังงา

สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายจาก โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2536

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ว.ท.บ.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้