

31 ส.ค. 2524

13254

พธท. ๑๖๖



T100519

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาคเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังและข้าวโพดอาหารสัตว์
A Study on Alcohol Fermentation of Cassava Starch and Feed
Corn



นายสมชาย จิระจรรยา

อาจารย์ ตรีพร หาเรือนกิจ ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ วรณา ลีวเกษมคานต์ กรรมการ

ภาควิชารับรองแล้ว

(นางศรีประไพ ชื่นศรี)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ 29 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2524

ปท.
๘๒๓๙๓
๒๕๒๔

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 100519
วันเดือนปี 19 JUN 2003

ปท.
๘๒๓๙๓
๒๕๒๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังและข้าวโพดอาหารสัตว์

A Study on Alcohol Fermentation of Cassava Starch and Feed Corn

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงการผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังและข้าวโพดอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยขณะนี้ ผลผลิตทั้งสองประเภท นอกจากจะใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์แล้ว ยังพบว่าคาร์โบไฮเดรตในมันสำปะหลังและข้าวโพด ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย การศึกษาในครั้งนี้ได้เน้นหนักถึงผลภาวะที่เหมาะสมต่างๆ เป็นต้นว่า การเตรียมวัตถุดิบ ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ และอื่นๆ เพื่อที่จะให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด

การเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง ได้ใช้อัตราส่วนของมันสำปะหลังค่อนข้างกลั่น เป็น ๓๘ , ๓๔ , ๓๐ , ๒๖ , ๒๒ , ๒๐ , และ ๑๖ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาณ ตามลำดับ และอัตราส่วนของข้าวโพดอาหารสัตว์ ค่อนข้างกลั่น เป็น ๓๐ , ๒๖ , ๒๒ , ๒๐ , ๑๖ , ๑๒ , และ ๘ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาณตามลำดับ มันสำปะหลังและข้าวโพดอาหารสัตว์ที่จะใช้ในการผลิตจะต้องนำมาต้มหรือหนึ่งเดียวก่อน หลังจากนั้นพวก Mold bran ซึ่งประกอบไปด้วย Aspergillus oryzae จะทำการผลิตเอนไซม์ (Amylase) ซึ่งเอนไซม์นี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงในวัตถุดิบทั้งสองชนิดให้เป็นน้ำตาล สำหรับความเข้มข้นของน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจวัดได้จากค่าความหักเหของแสง น้ำตาลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาชีวเคมีในขั้นแรกนี้ต่อไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์โดยเอนไซม์ไซเมส (Zymase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ถูกผลิตขึ้นมาจากเชื้อยีสต์ (Saccharomyces cerevisiae) ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์เมื่อไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นอีก ของเหลวนี้ได้จากการหมัก และจะถูกนำไปแยกเอาเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) ออกโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน แอลกอฮอล์ที่ถูกกลั่นแยกออกมาได้จะมีลักษณะใส และไม่มีสี ความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ที่ได้อาจวัดได้โดยใช้แอลกอฮอล์มิเตอร์ (Alcohol meter)

จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของมันสำปะหลังและข้าวโพดอาหารสัตว์ต่อปริมาณของน้ำคือ ๓๔ และ ๒๐ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ เป็นอัตราส่วนที่สามารถให้แอลกอฮอล์สูงถึง ๘.๐ เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของ โมลต์ แบรน และ หัวเชื้อ ที่ใช้ในปฏิกิริยาเป็น ๕ และ ๕-๖ เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
คำนำและวัตถุประสงค์	๑
การตรวจเอกสาร	๓
อุปกรณ์และวิธีการ	๑๒
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	๑๗
สรุป	๒๑
เอกสารอ้างอิง	๒๓



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลังและข้าวโพกอาหารสัตว์

A Study on Alcohol Fermentation of Cassava Starch and Feed
Corn

คำนำและวัตถุประสงค์

คำนำ

การผลิตแอลกอฮอล์เป็นอุตสาหกรรมที่น่าสนใจอย่างหนึ่งของนักเศรษฐศาสตร์ นักอุตสาหกรรม และนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ด้วยวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพก อ้อย มันสำปะหลัง มันเทศ ฯลฯ ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวอาจนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการหมักได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการผลิตแอลกอฮอล์ขึ้นมาในช่วงที่เรากำลังประสบกับความลำบากเรื่องปัญหาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นทุกทีและมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นไปอีกเรื่อยๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งถ้ายังคงอยู่ในภาวะเช่นนี้อยู่อีกต่อไป เราก็จะต้องประสบกับภาวะเศรษฐกิจอย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องพยายามหาทางแก้ไขปัญหาระหว่างการไหลลงจากน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเราต้องสั่งซื้อเข้ามาใช้ และทางหนึ่งที่ยาจะช่วยเหลือแก้ปัญหานี้ได้ก็คือการผลิตแอลกอฮอล์ขึ้นมาและหาทางที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมัน ซึ่งในขณะนี้ก็ไ้มีการทดลองนำมาใช้กับเครื่องยนต์อยู่ ซึ่งถ้าใช้โคเณสก็ ก็จะเป็นโอกาสดีของประเทศไทย ทั้งนี้เพราะเรามีวัตถุดิบในการผลิตอยู่แหวอย่างมากและต้นทุนในการผลิตก็ไม่สูงมากนัก เรื่องนี้จึงเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ควรจะได้รับวามสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

๑. เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมของวัตถุดิบที่จะนำไปใช้ในการผลิต แอลกอฮอล์
๒. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจ ในการนำเอาพลังงานจากแอลกอฮอล์ไปใช้แทนพลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

Prescott และ Dunn (๑๙๔๔) ได้สรุปไว้ว่า การผลิตเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol หรือ C_2H_5OH) ส่วนใหญ่ผลิตมาจาก ข้าว ข้าวโพค และน้ำตาล สำหรับเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) หรือ CH_3OH) นั้นผลิตมาจากไม้ หรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี ในการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์โดยการหมักนั้น จำเป็นจะต้องใช้น้ำตาล ยีสต์ ตลอดจนสภาพที่เหมาะสม น้ำตาลจึงจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์ได้

ประเภทของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์

๑. ประเภทน้ำตาล (Saccharine materials) เช่น อ้อย หัวบีท กากน้ำตาล น้ำผลไม้
๒. ประเภทแป้ง (Starchy materials) เช่น ข้าว ข้าวโพค มันสำปะหลัง ข้าวพอง ข้าวสาลี
๓. ประเภทเยื่อใย (Cellulosic materials) เช่น ไม้

ขบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์

ขบวนการผลิตนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เช่น วัตถุดิบประเภทน้ำตาลนั้นสามารถที่จะนำไปหมักได้โดยตรง แต่ถาเป็นวัตถุดิบประเภทแป้งและเยื่อใย จะต้องปรับสภาพของแป้งหรือเยื่อใยให้อยู่ในสภาพของน้ำตาลกลูโคส (digestion) จากนั้นจึงนำไปหมักด้วยยีสต์ ซึ่งแต่ละขบวนการจะสำเร็จไคนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้คือ ความเข้มข้นของน้ำตาล ความเป็นกรดและด่าง อุณหภูมิ ชาติอาหาร การเจริญของยีสต์ การเลือกชนิดของยีสต์ การใช้ยีสต์ควรรีไซท์ที่คงทนต่อแอลกอฮอล์ ตลอดจนสามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแอลกอฮอล์

๑. ชนิดของยีสต์ (Type of yeast) ชนิดของยีสต์ที่ใช้คือ

Saccharomyces cerevisiae Saccharomyces anamensis Schizo-
saccharomyces pombe แต่ที่นิยมใช้กันแพร่หลายคือ Saccharomyces
cerevisiae

๒. การเตรียมหัวเชื้อ (Preparation of starter) คือการเตรียมแม่เชื้อที่มียีสต์ในปริมาณมากพอ และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง การเตรียม Starter เริ่มตนด้วยการเชื้อเชื้อบริสุทธิ์ (Pure culture) ในหลอดแก้วที่มีอาหารยีสต์อยู่ บนเชื้อที่อุณหภูมิ ๒๕ - ๓๐ องศาเซลเซียส ยีสต์ลวนนี้สามารถนำไปเลี้ยงให้เจริญและขยายพันธุ์ต่อไปในสารละลายอาหารขนาด ๒๐๐ ลิตร และในถังจุ ๑๐ ถึง ๔๐ แกลลอน ตามลำดับ และตามปกติมักเตรียมถึง starter ไร่ใกล้เคียงกับทั้งหมด

๓. กากน้ำตาล (Molasses) ใช้สำหรับเป็นแหล่งผลิตแอลกอฮอล์ในทางอุตสาหกรรม คือ Blackstrap จะมีน้ำตาลซูโครส (sucrose) ประมาณ ๔๔ - ๕๕ เปอร์เซ็นต์

๔. ความเข้มข้นของน้ำตาล (Concentration of sugar) ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง ๑๐ - ๑๔ เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไป และคุณภาพของน้ำตาลไม่ดี จะทำให้การทำงานของยีสต์ล่าช้า แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นต่ำเกินไป ก็ต้องใช้เวลานานขึ้น ความเข้มข้นของน้ำตาลโดยทั่วไปประมาณ ๑๒ เปอร์เซ็นต์ หรืออาจจะใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลอกากน้ำตาล เป็น ๔ ต่อ ๑

๕. ธาตุอาหาร (Nutrient substances) ถึงแม้ว่ากากน้ำตาลจะประกอบด้วยธาตุอาหารที่สำคัญครบถ้วนแล้วก็ตาม เรายังสามารถที่จะเติมเกลือแอมโมเนียม เป็นต้นว่า แอมโมเนียมซัลเฟต หรือฟอสเฟตลงไป เพื่อป้องกัน

ท้องสมุด
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
เลขทะเบียนที่.....
เลขหมู่.....

ร.ศ. 2524

กันการขาดธาตุ ในไตรเจน และฟอสฟอรัส โดยธาตุไนโตรเจนเป็นตัวให้ก๊าซ
อ็อกซิเจน และธาตุฟอสฟอรัส จะไปรวมกับน้ำตาลเฮกโซส (Hexzose)
เกิดเป็น เฮกโซสฟอสเฟต (Hexzose phosphate) ซึ่งเป็น intermediate
substance อันหนึ่งของวิธีการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

๖. pH ของวัตถุดิบ (pH of the mash) ควรจะปรับ pH ก่อน
เริ่มหมัก ความเป็นกรด คาง ควรให้อยู่ระหว่าง ๔ - ๔.๕ ซึ่งเป็น pH ที่
เหมาะสมสำหรับยีสต์ แต่ไม่เหมาะสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย ปริมาณของ
หัวเชื้อยีสต์ (Yeast starter) ที่ใช้ คือ ๔ - ๖ เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ
วัตถุดิบ การปรับ pH ของวัตถุดิบ นิยมใช้กรดกำมะถัน (H_2SO_4) หรือกรด
แลคติก (Lactic acid) เพราะจะทำให้ยีสต์มีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

๗. ปริมาณของอ็อกซิเจน (Oxygen tension) ในระยะแรกของ
การหมัก ยีสต์มีความต้องการอ็อกซิเจนเป็นจำนวนมาก หรือจะมีความสามารถ
ในการทำงานอย่างรวดเร็ว แต่ยีสต์เหล่านี้ไม่มีความต้องการที่จะใช้อ็อกซิเจน
ในช่วงที่มีการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยปริมาณของยีสต์ในช่วงนี้มีมาก
พอแก่การทำงาน ในระหว่างการหมัก จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในถังหมัก
ช่วงนี้จึงมีสภาวะที่ขาดอ็อกซิเจน

๘. อุณหภูมิ (Temperature) ปฏิกริยาในการหมัก จะเริ่มต้นเมื่อ
อุณหภูมิอยู่ในระหว่าง ๖๐ - ๘๐ องศาฟาเรนไฮต์ (โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง ๓๐
ถึง ๘๐ องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอกถังหมัก ตลอดเวลาของ
การหมัก อุณหภูมิภายในถังจะสูงขึ้น จำเป็นต้องมีขดลวดทำความเย็น หรือการพ่น
น้ำรอบนอกถังหมัก เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่อยู่เสมอ ณ อุณหภูมิ ๘๐ องศา
ฟาเรนไฮต์ แอลกอฮอล์ระเหยได้รวดเร็ว อีกทั้งเป็นสภาวะที่แบคทีเรียเจริญ
เติบโตได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๙. ระยะเวลาในการหมัก (Time required fermentation)
ระยะเวลาในการหมักประมาณ ๕๐ ชั่วโมง อาจจะมีมากหรือน้อยกว่านี้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดของยีสต์ และปัจจัยอื่นๆ

๑๐. การกลั่นแอลกอฮอล์ (Distillation) น้ำเอาของเหลวออกจากถังหมักมากขึ้นเพื่อแยกเอเธนอลแอลกอฮอล์ที่หมักได้ไกลออกมาจากสารต่างๆ เช่น อัลคิลไฮดรอกไซด์ คีโตน เมทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งรวมกันเรียกว่า Fusel oil ในการกลั่นนี้จะได้อเอเธนอลแอลกอฮอล์ประมาณ ๖๐ - ๘๐ เปอร์เซ็นต์ แต่ถากลั่นต่อไปอีกจะได้เป็นสารของผสม สำหรับกากที่เหลืออาจนำไปใช้ทำปุ๋ยได้ เพราะมีธาตุโปแตสเซียม และฟอสฟอรัสมาก นอกจากนี้เชื้อยีสต์ยังเป็นแหล่งของวิตามิน บี. และธาตุไนโตรเจนอีกด้วย

๑๑. ผลผลิต (Yield) ในขบวนการหมักที่ไซกากน้ำตาล (Blackstep) นั้น ในทางทฤษฎี จะได้อเอเธนอลแอลกอฮอล์สูงถึง ๘๐ เปอร์เซ็นต์

๑๒. การปรับระดับแอลกอฮอล์ (Final treatment) เราสามารถทำให้อเอเธนอลแอลกอฮอล์มีความบริสุทธิ์ถึง ๘๕ เปอร์เซ็นต์ (๑๘๐ proof) โดยวิธีการทำให้แห้ง (Dehydration หรือ Denaturation)

การผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวโพค

การผลิตแอลกอฮอล์จากข้าวโพค ทำได้โดยการต้มข้าวโพคป่นที่ผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในหม้อความดัน จนแบ่งมีลักษณะละเอียด แล้วนำมาตั้งไว้ให้เย็น หรืออาจจะพรมน้ำ จนอุณหภูมิตกลงเหลือ ๑๕๐ องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นนำเอาแป้งข้าวบาร์เลย์ ซึ่งมี เอนไซม์พวก อะไมเลส ผสมอยู่ ไปเปลี่ยนแปลงในข้าวโพคให้กลายเป็นน้ำตาลมอลโตส (maltose) จากนั้นจึงนำมาได้ไว้ในถังหมัก ปรับความเข้มข้นของน้ำตาลให้พอเหมาะ อาจจะ

เติมน้ำถ้ามีความเข้มข้นสูงเกินไป แล้วทำให้เย็นลง จนถึงอุณหภูมิ ๒๕ - ๔๐ องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจึงเติม Yeast starter ที่เตรียมไว้ ในอัตรา ๔ ถึง ๖ เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุดิบ ใช้เวลาในการหมักประมาณ ๔๐ ชั่วโมง อาจจะมากหรือน้อยกว่านี้ ทั้งนี้แล้วแต่ปัจจัยต่างๆในการหมัก ผลผลิตที่ได้จากข้าวโพด สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำหมัก และอุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์

ขบวนการผลิตแอลกอฮอล์จากมันฝรั่งที่มีความชื้นต่ำ (Dehydrate sweet potato)

ลักษณะของวัตถุดิบชนิดนี้ จะเป็นแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{9}{16}$ นิ้ว ถึง $\frac{11}{16}$ นิ้ว และยาวประมาณ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว การเตรียมมันฝรั่งก่อนการหมัก จะต้องต้มมันฝรั่งบดผสมกับน้ำ ในหม้อหนึ่งความดัน โดยให้มีอุณหภูมิสูงจนถึง ๒๐๖ องศาฟาเรนไฮต์ ภายใน ๑ ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิต่ำระหว่าง ๒๐๒ - ๒๐๖ องศาฟาเรนไฮต์ นานครึ่งชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปฆ่าเชื้อในหม้อหนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) นาน ๑ ชั่วโมง โดยใช้ความดันไอน้ำ ๒๒ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิตกลงจนถึง ๑๕๕ องศาฟาเรนไฮต์ จึงเริ่มขบวนการที่เรียกว่า Saccharification โดยการเติม บาร์เลย์มอลต์ (Barley malt) ลงไปในปริมาณครึ่งหนึ่งที่เตรียมไว้ (ในการหมักจะเตรียม บาร์เลย์ มอลต์ ในปริมาณ ๑๑ เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบที่ใช้) ทิ้งไว้นาน ๑๐ นาทีที่อุณหภูมิ ๑๕๕ องศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นจึงเติม บาร์เลย์ มอลต์ ที่เหลือจนหมด

ผลผลิตแอลกอฮอล์จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ

ผลผลิตเฉลี่ย ๘๘.๕ เปอร์เซ็นต์ ของเอชทีดีแอลกอฮอล์ ต่อวัตถุดิบ
หนึ่งตัน (ดังตารางที่ ๑)

ตารางที่ ๑ แสดงผลผลิตเฉลี่ย ๘๘.๕ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ต่อ
น้ำหนักเป็นตัน

ชนิดของวัตถุดิบ (ตัน)	ผลผลิตแอลกอฮอล์ (แกลลอน)
ข้าวสาลี	๘๕.๐
ข้าวโพค	๘๕.๐
ข้าวพ่าง	๓๘.๕
ข้าว	๓๘.๕
ข้าวบาร์เลย์	๓๘.๒
กากน้ำตาล	๓๐.๐
ข้าวโอ๊ต	๒๓.๖
มันฝรั่ง	๓๕.๒
หัวบีท	๒๒.๑
ชอช	๑๕.๒
องุ่น	๑๕.๑
แอปเปิล	๑๔.๔
แครอท	๙.๘

โดยทั่วไปวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบเป็นแป้ง เช่น ข้าว ข้าวโพค มันสำ
ปะหลัง มันฝรั่ง ฯลฯ ซึ่งจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์นั้น จำ
เป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาลที่เหมาะสม ซึ่งยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลอาจทำได้ดังนี้ คือ

๑. การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลควยกรด (Acid hydrolysis) กรดที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดกำมะถัน (sulfuric acid) และกรดเกลือ (Hydrochloride acid) ปฏิกิริยาจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิ ๒๕๐ องศาฟาเรนไฮต์ ปริมาณกรดที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของวัตถุดิบ เริ่มต้นหลังจากเสร็จสิ้นการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลแล้ว จะต้องกำจัดกรดที่เหลือจากปฏิกิริยาให้หมดไป ด้วยการใช้ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) ปูน (Lime) หรือ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide) ตะกอนของเกลือแคลเซียมซัลเฟตอาจแยกออกมาได้โดยการกรอง ในกรณีที่ใช้ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ไปทำให้เกิดภาวะเป็นกลางขึ้น เกลือแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญของยีสต์

๒. การเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลโดยใช้เชื้อรา (Mold bran) ซึ่งทำได้โดยการเพาะเชื้อรา (*Aspergillus oryzae*) บนรำที่ขึ้นและปราศจากเชื้อโรคใดๆ โมลต์แบรินที่ไคจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงของข้าว และมันสำปะหลังไปเป็นน้ำตาลไคคือเหมือนมอลต์ ปริมาณของโมลต์แบรินที่จะใช้ของพอเหมาะ อีกทั้งคุณภาพของโมลต์แบรินก็เป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงด้วย เช่น ความเป็นกรด ค่าง ในโมลต์แบรินที่ดีที่สุดอยู่ในช่วงระหว่าง pH ๔.๕ ถึง ๕.๐

Prescott และ Dunn (๑๙๔๔) ไคเตนอไววา ปริมาณของโมลต์แบรินที่เหมาะสม คือ ๒.๕ - ๔ เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ดพืช ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล จะเป็นไปได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ ๓๐ องศาเซลเซียส และความเป็นกรด ค่างอยู่ในช่วง pH ๔.๒ - ๕.๔ (วิธีของ Amylo process นั้น pH จะอยู่ในช่วง ๓.๔ ถึง ๕.๐ เพื่อป้องกันกรเจริญของแบคทีเรีย) และยังไคกลาวไววา ในช่วง pH ๔.๕ ถึง ๕.๐ นั้น Amylytic enzyme (ตัว

อย่าง เช่น -amylase และ -amylase) สามารถทำงานได้ดีมาก

Tsuchiya และ Blon (๑๙๕๑) ได้สรุปไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงเป็น น้ำตาล ในขบวนการผลิตแอลกอฮอล์นั้น น้ำย่อยอะไมเลส สามารถทำงาน ณ อุณหภูมิ ๑๕๐ - ๑๕๕ องศาฟาเรนไฮต์ เป็นเวลา ๕ - ๑๐ นาที และโค้มลดี เทากับที่อุณหภูมิ ๑๒๒ - ๑๓๑ องศาฟาเรนไฮต์ นาน ๒๐ - ๓๐ นาที และ เขายังได้กล่าวถึง อะไมเลสว่า เป็นเอนไซม์ที่มีอยู่ในพืชเกือบทุกชนิด รวมทั้ง ในสัตว์ จุลินทรีย์ และพบมากในรา เอนไซม์อะไมเลส สามารถย่อยมอลโตส ได้สูงที่สุดถึง ๖๐ - ๘๐ เปอร์เซ็นต์ ส่วนไซเมส (zymase) เป็นเอนไซม์ ที่อยู่ในกลุ่ม เดโมเลส (Demolase) ยีสต์และราบางชนิด สามารถสร้าง เอนไซม์ชนิดนี้ได้ เอนไซม์ดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส ไปเป็น เอชทิลแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์

รา (mold) เป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีคลอโรพิลล์ สามารถผลิตเอนไซม์ ที่มีหน้าที่ต่างกันได้ เป็นคนว่า อะไมเลส เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล แอสเปอจีลลัส โอไรซี (Aspergillus oryzae) เป็นราสีทองอ่อนที่มีความ สำคัญในอุตสาหกรรมเหล้าสาเก และแอลกอฮอล์ ของประเทศญี่ปุ่นมาก

Underkofler, Skinner, Emmons และ Tsuchiya (๑๙๕๑) เป็นผู้ริเริ่มใช้ แอสเปอจีลลัส โอไรซี โดยให้ทำการเพาะบนรำที่มีความชื้น ๓๐ เปอร์เซ็นต์ ภาชนะที่ใช้ในการเพาะเป็นการรุกรุ่นที่มีอากาศถ่ายเทได้ ได้ พบว่า อุณหภูมิของรำหลังจากการเพาะ นาน ๔๘ ชั่วโมง จะมีอุณหภูมิประมาณ ๔๕ องศาเซลเซียส

ยีสต์ เป็นพืชชั้นต่ำที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการหมักแอลกอฮอล์ ไซเมส เป็นเอนไซม์ที่ได้จากยีสต์ ยีสต์ที่เป็นที่รู้จักกันมากที่สุดคือ saccharo- myces cerevisiae

Porter(๑๙๔๘) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการผลิตแอลกอฮอล์ จาก

คาร์โบไฮเดรต ดังนี้

๑. วัสดุที่มีแป้ง (Starchy materials) จำเป็นจะต้องบดวัสดุที่มีแป้งนี้ แล้วจึงทำการต้ม (cooking) จากนั้นจึงใช้เอนไซม์จากโมลด์แบรน (ซึ่งเตรียมได้จากการเพาะ แอดแบคจิสดัส บนรำ) จะเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล

๒. หัวเชื้อ (Yeast starter) ยีสต์ที่ใช้ คือ Saccharomyces cerevisiae ในปริมาณ ๔ - ๖ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ยีสต์จะผลิตเอนไซม์ ไซเมล ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

๓. ความเป็นกรด คาง ก่อนเริ่มหมัก ควรมี pH ประมาณ ๔.๕ - ๕ ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น เป็น ๑๒ - ๑๕ เปอร์เซ็นต์ ขณะที่หมักจะมีฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้เวลาหมักที่อุณหภูมิภายใน ๔๕ - ๕๖ ชั่วโมง

๔. การแยกเอาแอลกอฮอล์ออกหลังจากการหมักสิ้นสุดลงแล้ว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

๑. หมอึ่งความดัน (Autoclave)
๒. หลอดแก้วทนต์ไฟ ขนาด ๒๐ มิลลิเมตร (test tube)
๓. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด ๑ ลิตร
๔. ขวดแก้วก้นกลม (Round bottom flask)
๕. เครื่องชั่งละเอียด ๐.๐๑ กรัม
๖. สาลี่
๗. กระบอกทอง (Cylinder)
๘. เทอร์โมมิเตอร์
๙. P.D.A. (Potato Dextrose Agar) สำหรับเลี้ยงยีสต์
๑๐. ราบริสซิท Aspergillus oryzae
๑๑. ยีสต์บริสซิท Saccharomyces cerevisiae
๑๒. อุปกรณ์การกลั่น (Distillation apparatus)
๑๓. เครื่องมือวัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (Alcohol meter)
๑๔. เครื่องมือวัดการหักเหของแสง (Refractometer)
๑๕. หม้อต้มน้ำชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
๑๖. บีกเกอร์ (Beaker)
๑๗. กระจกวัด pH (pH meter)
๑๘. กระจกตะกั่ว (Aluminium foil)
๑๙. น้ำกลั่น (Distilled water)
๒๐. เข็มเขี่ยเชื้อ (loop)
๒๑. กรวย (Funnel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

๑. สารละลายกรดกำมะถัน ๑๐ เปอร์เซ็นต์
๒. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ๑๐ เปอร์เซ็นต์
๓. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)

วัตถุดิบ

๑. ข้าวโพดอาหารสัตว์
๒. มันสำปะหลัง

วิธีการทดลอง

๑. การเตรียม PDA เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงยีสต์
 - ๑.๑ นำมันฝรั่ง ๒๐๐ กรัม ซึ่งตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดลูกเต๋า ต้มในน้ำกลั่น ๑ ลิตร ต้มจนเกือบนานประมาณ ๑๐ - ๑๕ นาที น้ำมันฝรั่งจะมีลักษณะนิ่มแต่ละเอียด จากนั้นกรองเอากากมันฝรั่งออกทิ้งไป
 - ๑.๒ ชั่งน้ำตาลเดกโทรส (Dextrose) ๒๐ กรัม และวุ้น (Agar) ๑๕ กรัม นำมาละลายในสารละลาย (ที่ได้จาก ๑.๑) เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม ๑ ลิตร ตั้งไฟจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทสารละลายทิ้งกลงไปในหลอดแก้วทนมไฟ หลอดละประมาณ ๑๐ มิลลิลิตร ปิดจุก แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อความดัน โดยใช้ความดัน ๑๕ ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน ๓๐ นาที
 - ๑.๓ นำหลอดแก้วบรรจุอาหารสำหรับยีสต์ ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น โดยวางหลอดแก้วในลักษณะที่จะทำให้อาหารเหลวลาดเฉียงไปทางปากหลอดแก้ว เพื่อว่าเมื่ออาหารเย็น และมีรูปร่างคงที่แล้ว จะได้พื้นที่ผิวมากพอบนอาหารสำหรับการเจริญของยีสต์

๒. การเตรียมหัวเชื้อ และการเตรียมวัตถุดิบ

๒.๑ การเตรียมโมลต์แบรน ของ Aspergillus oryzae

ชั่งรำหยาบ ๕๐ กรัม ในขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด ๕๐๐ ลูกบาศก์เซ็นติเมตร เติมน้ำกลั่น ๓๐๐ . เพื่อให้รำมีความชื้นประมาณ ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ตลุกเคลารำให้เข้ากันดีและสม่ำเสมอ อุดปากขวดให้แน่นควยสำลี นำไปมาเชื้อควยหมอนึ่งความชื้น โดยใช้ความชื้น ๑๕ ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา ๒๐ นาที นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงใช้เข็มเขี่ยเชื้อ (loop) เขี่ยเชื้อบริสุทธิ์ของ Aspergillus oryzae แล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง จนเริ่มสังเกตเห็น ไมซีเลียม (Mycelium) เกิดขึ้นบาง เขี่ยขวดเป็นครั้งคราว เพื่อให้สปอร์ (spore) กระจายอย่างสม่ำเสมอ ตั้งทิ้งไว้ต่อไปอีก ๔ - ๕ วัน หลังจากมีสีเขียวอ่อนของสปอร์เกิดขึ้น สิ่งที่ได้นี้เรียกว่า "โมลต์แบรน" นำโมลต์แบรนไปผึ่งให้แห้งบนภาชนะที่สะอาด ประมาณ ๒ - ๓ วัน พร้อมกับพยายามทำให้โมลต์แบรน เป็นเม็ดละเอียด เก็บใส่ในหลอดแก้วที่สะอาดและแห้ง ปิดปากขวดควยสำลีให้แน่น

๒.๒ การเตรียมหัวเชื้อ (Yeast starter)

ในขบวนการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จำเป็นต้องเตรียมยีสต์ให้มีการเจริญที่ดี และมีปริมาณพอเพียงกับน้ำตาลที่จะถูกหมัก ดังเช่นในหัวเชื้อจะต้องมีอาหารสำหรับยีสต์อย่างสมบูรณ์ และพยายามให้สภาพต่างๆคล้ายกันใน substrate มากที่สุด เพื่อที่ว่าเมื่อเทยีสต์ สตาร์ทเตอร์ ลงใน substrate แล้ว ยีสต์จะทำงานไ้ทันที

เราสามารถเตรียม ยีสต์ สตาร์ทเตอร์ ได้ดังนี้ คือ ละลาย

น้ำตาลมะพร้าว ๑๕ กรัม ลงในน้ำกลั่น ๑๐๐ มิลลิลิตร ต้มให้เดือด แล้วกรองเอาสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออก แแบ่งสารละลายนี้ลงในหลอดแก้ว (flask) ขนาด ๑๒๕ ลบ.ซม. โดยเติมลงไปหลอดละ ๒๕ ลบ.ซม. ปิดปากขวดด้วยสำลี แล้วนำไปฆ่าเชื้อควยหมอนึ่งความดัน ๑๕ ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา ๒๔ นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลง แล้วเขี่ยยีสต์บริสุทธิ์ออกจากหลอดแก้วเลี้ยงยีสต์ (slant) ลงในสารละลายที่กลาว ปล่อยให้ยีสต์เจริญที่อุณหภูมิ ๓๐ - ๓๒ องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง นาน ๒๔ - ๓๒ ชั่วโมง จึงเทลงใน substrate ที่ได้เตรียมเอาไว้แล้ว

๒.๓ การเตรียม substrate

Substrate ในการทดลองครั้งนี้คือ ข้าวโพคและมันสำปะหลัง จึงจำเป็นต้องเตรียมวัตถุดิบทั้งสองให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมก่อน เช่น การบดวัตถุดิบให้เป็นผงหยาบๆ ผ่านการตมหนึ่ง เพื่อที่ว่า เอนไซม์อะไมเลส ใน แอสเปอร์จิลดัส โอโรซี จะเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลไคคี่ขึ้น

๓. การเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล โดย แอสเปอร์จิลดัส โอโรซี ซังโมลด์แบรน ในปริมาณ ๕ เปอร์เซ็นต์ ของ substrate ที่ใช้ แล้วเติมควยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ควยอัตราส่วนของ โมลด์แบรน และน้ำกลั่นในอัตราส่วน ๑ ต่อ ๑๐ นำไปตั้งบน water bath นาน ๑ ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ ๑๓๐ องศาฟาเรนไฮต์

ซังน้ำหนักมันสำปะหลังและข้าวโพคที่ผ่านการบด ตมหนึ่งและฆ่าเชื้อแล้ว ลงในหลอดแก้ว ขนาด ๑ ลิตร โดยให้น้ำหนักของวัตถุดิบในแต่ละหลอด แตกต่างกันดังนี้ คือ ซังมันสำปะหลัง ๔๔, ๑๐๐, ๑๑๐, ๑๓๐, ๑๕๐, ๑๗๐, และ ๑๙๐ กรัม ตามลำดับ สำหรับข้าวโพคนั้น ซังให้มีน้ำหนักดังนี้ คือ ๔๐, ๖๐, ๘๐, ๑๐๐, ๑๓๐, และ ๑๕๐ กรัม ตามลำดับ แล้วเติมน้ำกลั่น ๕๐๐ ลบ.ซม. ตามควยสารละลาย ๑๐ เปอร์เซ็นต์

เซ็นต์ ของกรดกำมะถัน บิดปากชวคด้วยสาลี แล้วนำไปมาเชื้อ เป็นเวลา ๑ ชั่วโมง ๒๔ นาที โดยนึ่งด้วยความร้อน ๑๕ ปอนด์/ตารางนิ้ว จากนั้นจึงปรับความเป็นกรดเป็นด่าง ให้อยู่ในระหว่าง pH ๔.๕ - ๕.๕ โดยใช้สารละลาย ๑๔ เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ใช้ประมาณ ๒ ลบ.นม. ต่อหนึ่งหลอด) นำไปตั้งบน water bath เพื่อรักษาอุณหภูมิของ substrate ที่ ๑๓๐ องศาฟาเรนไฮต์ แล้วจึงเทโมลด์แบรน ที่ได้เตรียมไว้ลงในหลอดแก้ว พร้อมกับคนเป็นระยะๆ เป็นเวลา ๓๐ นาที substrate จะมีลักษณะเหลว

๔. การเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ โดย Saccharomyces cerevisiae หลังจากย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลแล้ว ปล่อยให้ไวให้เย็นจนที่จะเทหัวเชื้อลงไป จะสังเกตเห็นฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นจำนวนมากในระยะ ๒๔ ชั่วโมงแรกของการหมัก ฟองดังกล่าวจะค่อยๆ น้อยลงๆ และสิ้นสุดลงเมื่อการหมักครบ ๓๒ ชั่วโมง ซึ่งแสดงถึงปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ แต่ก็ยังมีเกิดอยู่บ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
๕. การกลั่นแยกแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol)
 เติสารละลายจากชวคหมัก ๕๐ ลูกบาศก์เซ็นต์ิเมตร... ผลมกับน้ำกลั่น ๕๐ ลูกบาศก์เซ็นต์ิเมตร จากนั้นจึงนำไปกลั่น จนกระทั่งโคของเหลว (Distillate) ไม่มีสี ประมาณ ๕๐ ลูกบาศก์เซ็นต์ิเมตร ตลอดเวลาของการทำ ควรระวังการระเหยของแอลกอฮอล์เป็นอย่างยิ่ง ใช้เครื่องมือแอลกอฮอล์มีเตอร์ วัดปริมาณของแอลกอฮอล์ (เป็นเปอร์เซ็นต์) ที่กลั่นออกมาได้

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงการผลิตแอลกอฮอล์ จากมันฝรั่ง และข้าวโพดอาหารสัตว์ โดยการทดลองใช้วัตถุดิบในปริมาณต่าง ๆ กัน ทำให้ทราบถึงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๑ *แสดงถึงน้ำหนักของมันสำปะหลัง สภาพความเป็นกรด ก้าง หลัง เสร็จสิ้นการหมัก ค่าความหักเหของแสง (Brix) และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

น้ำหนัก (กรัม)	pH	Brix	แอลกอฮอล์ %	หมายเหตุ
๑๙๐.๐	๕.๕๘	๘.๕๘	๖.๕๘	ปฏิกิริยาของการหมัก
๑๗๐.๐	๕.๕๘	๗.๖๘	๗.๖๘	จะเกิดปฏิกิริยารวด
๑๕๐.๐	๕.๕๘	๗.๕๘	๖.๕๘	เร็ว โดยตั้งแกตุไค
๑๓๐.๐	๖.๖๕	๗.๘๕	๕.๕๘	จากการมีฟองแก๊ส
๑๑๐.๐	๖.๖๕	๖.๖๕	๕.๕๘	ผุดขึ้นมากมาย จะ
๑๐๐.๐	๖.๗๕	๖.๘๘	๕.๗๕	ดินสุกภายในระยะ
๘๐.๐	๗.๘๘	๕.๘๘	๕.๘๘	เวลา ๓๒ ชั่วโมง จะไม่มีฟองแก๊ส แอลกอฮอล์ที่ได้ จะมีกลิ่นหอม ไม่มีสี ใส

* ตัวเลขที่แสดงในตาราง เป็นตัวเลขเฉลี่ยจากการทดลองจำนวน ๒ ครั้งด้วยกัน

100519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๒ * แสดงน้ำหนักของข้าวโพคอาหารสัตว์ สภาพความเป็นกรด ค่าง
หลังเสร็จสิ้นการหมัก ค่าความหักเหของแสง (Brix) และ
เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

น้ำหนัก (กรัม)	pH	Brix แอลกอฮอล์ %	หมายเหตุ	
๑๕๐.๐	๕.๒๕	๑๓.๔๕	๖.๓๕	ปฏิกิริยาของการหมัก
๑๓๐.๐	๕.๒๕	๑๓.๕๐	๖.๓๕	จะเกิดปฏิกิริยารวดเร็ว
๑๑๐.๐	๔.๕๐	๑๓.๐๐	๓.๒๕	โดยดั่งเหตุไฉนจากการ
๑๐๐.๐	๔.๒๕	๑๑.๑๐	๔.๐๐	มีฟองแก๊สผุดขึ้นมากมาย
๘๐.๐	๕.๕๐	๘.๕๐	๕.๕๐	จะสิ้นสุดภายในระยะ
๖๐.๐	๖.๕๐	๘.๕๐	๕.๐๐	๓๒ ชั่วโมง จะไม่มีฟอง
๔๐.๐	๖.๓๕	๕.๓๕	๓.๓๕	แก๊ส แอลกอฮอล์ที่ได้จะ มีกลิ่นหอม ไม่มีสี ไส

* ตัวเลขที่แสดงในตาราง เป็นตัวเลขเฉลี่ยจากการทดลอง จำนวน ๒
ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ ๑ และ ๒ แสดงให้เห็นว่า เพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ มีไคแปรผันไปตามน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแต่อย่างใด อีกทั้งเพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ มีไคสอดคล้องไปกับค่า Brix เริ่มต้นหลังจากวัตถุดิบ ไคถูกเปลี่ยนแปลงของแบ่งไปเป็นน้ำตาล โดย Aspergillus oryzae แลวจากข้อมูลดังกล่าว สามารถให้ข้อวิจารณ์ผลการทดลองดังนี้

๑. จาก Amerine และ Singleton (๑๙๖๕) ที่เสนอไว้ว่า ค่าความหักเหของแสง อันเนื่องมาจากความเข้มข้นของน้ำตาล ที่ละลายอยู่นั้น สามารถจะบอกถึงเพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ที่จะไคจากการหมักน้ำตาล ปริมาณนี้ คือค่าความหักเหของแสง ๑ องศาบริกซ์ ของสารละลายที่มีน้ำตาลประกอบอยู่ จะสามารถให้แอลกอฮอล์ ประมาณ ๕.๕๕ เพอร์เซ็นต์ หลังจากการหมักที่สมบูรณ์แล้ว

แต่จากตัวเลข เพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในตารางที่ ๑ และ ๒ มีไคเป็นไปตามขอเสนอไว้ สาเหตุอาจเนื่องมาจาก

- ก. ชนิดของยีสต์ที่ใช้ สามารถจะเปลี่ยนโมเลกุลของน้ำตาลชั้นเคียว (Monosacharide) แทนนี้ให้ไคเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นอาจเป็นไปไคที่ Aspergillus oryzae ไม่สามารถย่อยแบ่ง (Polysaccharide) ให้ไคเป็นน้ำตาลชั้นเคียวทั้งหมด ดังนั้นแอลกอฮอล์ที่ไคจากปฏิกิริยาของ Saccharomyces cerevisiae กับน้ำตาลที่เกิดขึ้น จึงน้อยกว่าที่ประมาณไว้
- ข. ขณะทำการกลั่น ของเหลวที่ไคจากการหมักนั้น อาจจะมีสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ และระเหยง่าย (volatile compound) ปะปนออกมาพร้อมกับ เอชทิลแอลกอฮอล์ ดังนั้นจึงทำให้มีเพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ไคสูงกว่า องศาบริกซ์จากการกลั่น

๒. ในการทดลองได้พยายามให้สภาวะต่างๆ เป็นต้นว่า อุณหภูมิ ปริมาณของแอลเบอร์จีลด์ส ไฮโรซี และพวก แซกซาโรไมซิส ซีรีวีเซ และอื่นๆเหมือนกันตลอดการทดลอง ยกเว้นอัตราส่วนในของผสม ระหว่างวัตถุดิบและน้ำ จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนดังกล่าว มีผลต่อปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้น นั่นคือจะได้ แอลกอฮอล์ ในเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน ในมันสำปะหลังจะพบว่า อัตราส่วนระหว่าง มันสำปะหลังและน้ำ ที่เหมาะสม ให้แอลกอฮอล์สูงสุด คือ ๑๓๕ กรัม ต่อ น้ำ ๕๕๕ มิลลิลิตร (๓๕ เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร) และ ๑๕๕ กรัม ต่อ น้ำ ๕๕๕ มิลลิลิตร (๒๕ เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร) ของข้าวโพดอาหารสัตว์

๓. ควรจะได้มีการกลั่นแอลกอฮอล์ ทันทีหลังจากการหมักสิ้นสุดลง มิฉะนั้นแล้ว แอลกอฮอล์ที่ได้สามารถจะสลายตัว ไปเป็นสารตัวอื่นใดเช่นกัน จากข้อสังเกตๆ ขณะทำการทดลอง ทั้งมันสำปะหลังและข้าวโพด ขณะหมักอยู่ในลักษณะที่เป็นผงละเอียด ที่อุณหภูมิต่ำของเหลวของเหลวคั่งกลาว ประกอบด้วย แอลกอฮอล์ น้ำ และอื่นๆ อยู่ยึกมาก จะสูญเสียไปกับการอุกซิมของวัตถุดิบเอง สิ่งนี้อาจจะเป็นปัญหาของการผลิตแอลกอฮอล์ ในปริมาณมากๆ

๔. สภาพและชนิดของวัตถุดิบ นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตแอลกอฮอล์ ดังเช่น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ข้าวโพด สามารถจะให้แอลกอฮอล์ได้สูงกว่ามันสำปะหลัง นอกจากนี้วัตถุดิบที่ใช้ ควรจะอยู่ในสภาพที่มี คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด

๕. การบ่งกั้นการแทรกซอนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ขณะเตรียม โหมลแบรน และหัวเชื้อ เป็นสิ่งพึงระมัดระวังพวกจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการคั่งกลาว ซึ่งจะมีผลทำให้ปฏิกิริยาชีวเคมีต้องหยุดชะงัก หรือไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

๖. แอลกอฮอล์ที่ได้ ใส ไม่มีสี หรือตะกอนแต่อย่างใด คุณหมุมิที่ใช้ในการกลั่นอยู่ระหว่าง ๘๕ - ๘๕ องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ วัดด้วยแอลกอฮอล์มิเตอร์ อยู่ระหว่าง ๗.๒๕ และ ๘.๕๕ เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในครั้งนี้ พอจะสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

๑. จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนในของผสมระหว่างวัตถุดิบ และน้ำ อัตราส่วนดังกล่าว มีผลต่อปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้น คือได้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่แตกต่างกัน ในมันสำปะหลังจะพบว่า อัตราส่วนระหว่างมันสำปะหลังและน้ำ ที่เหมาะสม ให้แอลกอฮอล์สูงสุด คือ ๑๗๕ กรัม ต่อ น้ำ ๕๕๐ มิลลิลิตร (๓๕ เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโดยปริมาตร)

๒. ในข้าวโพคอาหารสัตว์ จะพบว่าอัตราส่วนระหว่างข้าวโพคอาหารสัตว์ และน้ำ ที่เหมาะสม ให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ คือ ๑๕๐ กรัม ต่อ น้ำ ๕๕๐ มิลลิลิตร (๒๐ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร)

๓. การทดลองเรื่องการผลิตแอลกอฮอล์ จากมันสำปะหลัง และข้าวโพคอาหารสัตว์ครั้งนี้ เป็นเพียงการศึกษาขั้นต้น ซึ่งคาดว่าจะได้มีผู้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดต่อไป เป็นที่น่าพอใจ ประสิทธิภาพของการทำงาน และชนิดของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมที่สุดในการหมักทั้งกล่าว

๔. ลักษณะของแอลกอฮอล์ที่กลั่นได้ ไม่มีสี มีความใส ซึ่งต่อไปจะได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆโดยละเอียด

๕. การผลิตแอลกอฮอล์จากมันสำปะหลัง และข้าวโพคอาหารสัตว์ เป็นวิธีหนึ่งที่ได้ใช้วัตถุดิบภายในประเทศให้เป็นประโยชน์ในการผลิตพลังงานทดแทนน้ำมัน ซึ่งกำลังเป็นปัญหาของโลกในขณะนี้

๖. เป็นการสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรในการปลูกพืชดังกล่าวมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้ช่วยลดปัญหาการขาดดุลย์การค้าในการที่จะต้องสั่งซื้อแอลกอฮอล์จากต่างประเทศเข้ามาอีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

๑. กาน ชลวิจารณ์ ๒๔๕๔. เรื่องของเบียร์ กลีกร ปรีที่ ๒๔ เล่ม ๒ มีนาคม.
๒. กรมโรงงานอุตสาหกรรม ๒๔๕๖. กิจการวิทยาศาสตร์ในคานอุตสาหกรรม การผลิตสุราเมรัย วิทยาศาสตร์ ปีที่ ๗ เล่ม ๖ มิถุนายน.
๓. คำรา อมาตยกุล ๒๔๕๕. การผลิตแอลกอฮอล์เพื่ออุตสาหกรรมในสหรัฐอเมริกา อุตสาหกรรม ปีที่ ๖ เล่ม ๒ เมษายน.
๔. ตมาน รีมวานิช ๒๔๕๕. วิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบผลผลิตแอลกอฮอล์จากข้าว โภยโซน่าเปอร์เป็นตต่างๆกัน บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ PP 593, R 5.
๕. วรชิน สติตินิมานการ ๒๔๕๒. การผลิตสุราและแอลกอฮอล์จากข้าว วิทยาศาสตร์ ปีที่ ๓ เล่ม ๓ หน้า ๓๒๔ - ๓๒๕.
๖. อรุณ จันทนโอ ๒๔๕๕. วิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบ Strain ต่างๆของยีสต์ กับผลผลิตของแอลกอฮอล์จากน้ำตาล TP 580, C53 บางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
๗. Amerine, M.A. and V.L. Singleton. 1965. Wine An Introduction for American University of California Press.
๘. Prescott, S.C. and C.G. Dunn 1948. Industrial Microbiology McGraw Hill Book Company 2nd Ed.
๙. Porter, J.R. 1948. Bacterial Chemistry and Physiology John Wiley & Son, Inc. 4th Printing.
๑๐. Underkofler, Skinner, C.E., C.W. Emme and H.M. Tsuchiya 1951. Henrici's Mold, Yeast and Actinomycetes John Wiley & Son, Inc. New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑๑. Tsuchiya, H.M. and R.H. Blom. 1951. Mold Agents in Conversion of Starch U.S.D.A. Yearbook 1950 - 1951, 448 -155.

๑๒. Tanner, F.W. and J.R.F.N. Tanner. 1948. Bacteriology, John Wiley & Son, Inc. New York.

๑๓. Thaysen, A.C. and L.D. Galloway 1930. The Microbiology of Starch and Sugar Oxford University Press.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้