

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีน
มันสำปะหลัง โดยการหมักสำหรับ เครื่องหมักที่ออกแบบอย่างง่าย ๆ

A STUDY ON THE OPTIMUM CONDITION IN
PROTEIN ENRICHED CASSAVA FOR A SIMPLY DESIGNED TOWER BIOREACTOR

โดย

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... ๕๐๗๗ พงศ์สวัสดิ์มานิต ๓/ ๑๖/ ๕๒ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 (อาจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต)
 ๓/ ๑๖/ ๕๒ กรรมการของภาควิชา
 (อาจารย์ยอนงค์ วรอุไร)
 ๓/ ๑๖/ ๕๒ กรรมการของภาควิชา
 (อาจารย์เขาวลัดชัย สุวพันธ์พิศิษฐ์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

 (อ. เขาวลัดชัย สุวพันธ์พิศิษฐ์)
 หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

13682
 ๒๗ พ.ย. ๒๕๓๑

วันที่ ๓/ เดือน ๑๑ พ.ศ. ๕๒

๑๒๗.
 ๒๓๔๓
 ๒๕๓๑

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

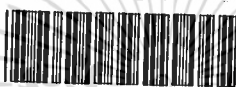


ปัญหาพิเศษ (45499)

เรื่อง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มโปรตีน
มันสำปะหลัง โดยการใช้หมัก สำหรับเครื่องหมักที่ออกแบบอย่างง่าย ๆ

A STUDY ON THE OPTIMUM CONDITION IN
PROTEIN ENRICHED CASSAVA FOR A SIMPLY DESIGNED TOWER BIOREACTOR



T097052

โดย

น.ส. ประภาศรี

หวังชนะ

น.ส. มาลี

แซ่ลิม

น.ส. จันทร์นาย

จิรวิภาพันธุ์

ปศ.
ป๓44 ก
๕๕๑๑

เสนอ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 97052

วัน,เดือน,ปี.....

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปรัชญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2532



บทคัดย่อ

ในการทดลองนี้จะศึกษาการเพิ่มโปรตีนในสาปะหลังด้วยการหมักแบบ SOLID STATE FERMENTATION ในถังหมักขนาดเล็ก และถังหมักขนาดใหญ่ โดยเริ่มต้นการหมักช่วงแรกด้วยเชื้อรา Aspergillus niger และ Mucor W252 เพื่อย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลซึ่งใช้แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย เป็นแหล่งไนโตรเจน ปรับกิจกรรมคัลฟูริก ให้ได้ประมาณ 3.5 และให้มีความชื้นประมาณ 60% จากนั้นจึงเติมยีสต์ Candida TK 12 และ Saccharomyces cerevisiae ซึ่งจะใช้ในน้ำตาลในการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักสาปะหลังสดและมันเส้นแห้งที่นิ่ง 10 นาที จะให้โปรตีนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบเวลานึ่งในมันชนิดเดียวกัน และเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการหมักสาปะหลังสดจะมากกว่าการหมักมันเส้นแห้ง คือ 42.15, 24.53% ตามลำดับ สำหรับการทดลองในถังหมักขนาดใหญ่ที่ออกแบบอย่างง่าย ขนาดความจุประมาณ 50 กิโลกรัมมีลักษณะเป็นชั้นๆและอยู่ในระบบปิด มีระบบการให้อากาศพบว่า ในการหมักมันสดที่เวลานึ่ง 10 นาที เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการทดลองที่ความเร็วมวล 1.13 เมตรต่อวินาที และ 1.5 เมตรต่อวินาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำนิยม

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิคิมานิต และ
อาจารย์วราวุฒิ คุรุสง์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้
ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือไขปัญหาต่างๆ จนทำให้
ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณเสียงรัตน์ นันต์ชนะ ที่ได้ช่วยเหลือในเรื่องภาพถ่าย
จนทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์แบบมากขึ้น

และขอขอบคุณน้องๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ชั้นปีที่ 3 (หลัก
สูตร 2 ปี)ทุกคน ที่ช่วยสร้างถึงหมักขนาดใหญ่ในการทดลองนี้

จันทร์ฉาย

จิรวุฒิปันธุ

ประภาศรี

หวิงชนะ

มาลี

แซลิม

มีนาคม 2532

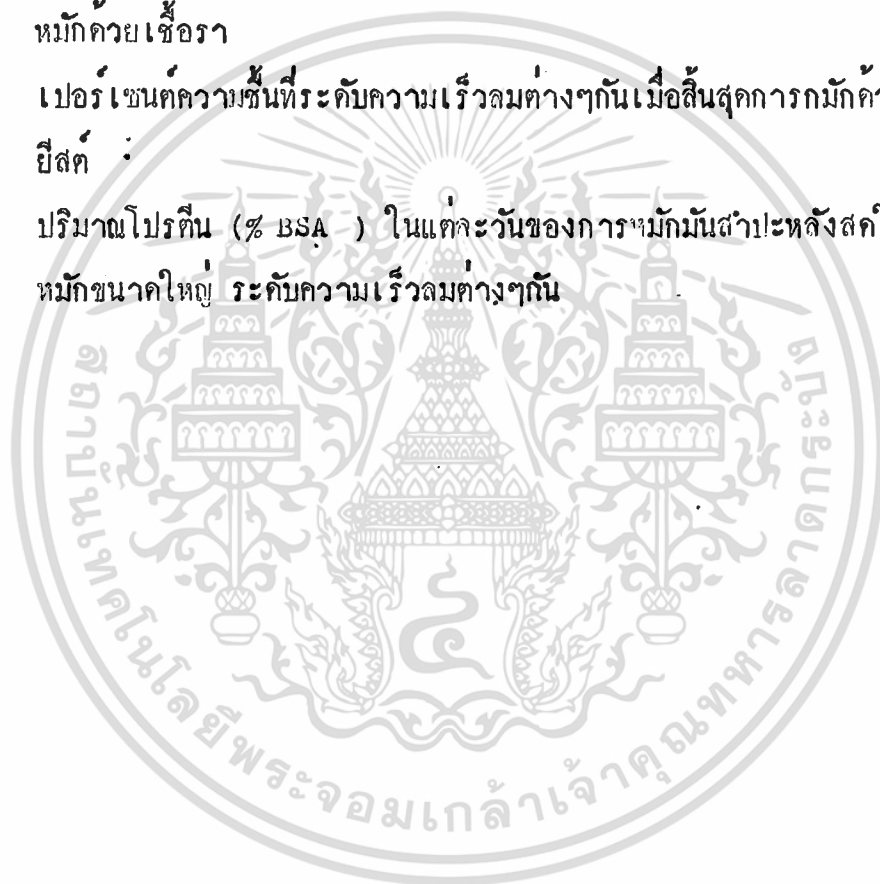
สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตารางภาคผนวก	(4)
สารบัญภาพภาคผนวก	(6)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
วิธีการทดลอง	14
ผลการทดลองและการวิเคราะห์	23
สรุปผลการทดลอง	46
ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	52



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันเส้นแห้งที่ระยะเวลาการนึ่งต่างๆกัน	23
2	ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังสดที่ระยะเวลาการนึ่งต่างๆกัน	25
3	ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังสดและมันเส้นแห้งที่เวลานึ่ง 10 นาที	27
4	เปอร์เซ็นต์ความชื้นในถังหมักที่ระดับความเร็วลมต่างๆกัน เมื่อสิ้นสุดการหมักด้วยเชื้อรา	30
5	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ระดับความเร็วลมต่างๆกันเมื่อสิ้นสุดการหมักด้วยเชื้อยีสต์	31
6	ปริมาณโปรตีน (% BSA) ในแต่ละวันของการหมักมันสำปะหลังสดในถังหมักขนาดใหญ่ ระดับความเร็วลมต่างๆกัน	32



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนภาพการหมักมันเส้นแห้ง เพื่อเพิ่มโปรตีนที่หนึ่ง เวลาต่างๆกัน	19
2	แผนภาพการหมักมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่มโปรตีนที่หนึ่ง เวลาต่างๆกัน	20
3	แผนภาพเปรียบเทียบการหมักเพื่อเพิ่มโปรตีนระหว่างมันสด และมันเส้นแห้ง	21
4	แผนภาพการหมักมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่มโปรตีนในถังหมักขนาดใหญ่	22
5	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH , และปริมาณโปรตีน ในการหมักมันเส้นแห้งที่เวลานึ่ง 10, 30 และ 50 นาที	24
6	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, ความชื้น, pH , และปริมาณ โปรตีนในการหมักมันสดที่เวลานึ่ง 10, 30 และ 50 นาที	26
7	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH , และปริมาณโปรตีน ในการหมักมันเส้นแห้งและมันสดที่สภาวะเดียวกันโดยใช้เวลานึ่ง 10 นาที	28
8	ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH ตลอดช่วงเวลาการ หมักมันสด ในถังหมักขนาดใหญ่ ที่ความเร็วลม 1.15 m/s และที่ ความเร็วลม 1.3 m/s	34
9	ภาพแสดงลักษณะการหมักมันสำปะหลังสดในถังหมัก	35
10	ภาพแสดงลักษณะของมันสำปะหลังสดที่เวลานึ่ง 10, 30 และ 50 นาที	36
11	ภาพแสดงลักษณะมันสำปะหลังหมักภายหลังการ เติมน้ำในถังหมัก ขนาดเล็ก	37
12	แสดงลักษณะภายในถังหมักขนาดใหญ่ และตะแกรงที่ใช้สำหรับรองมัน สำปะหลังหมักแต่ละชั้น	38
13	แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และควบคุมระบบความชื้น (การให้น้ำ) ในถังหมักขนาดใหญ่	39
14	แสดงการเจริญของเชื้อรา 2 วันก่อนการเติมน้ำในการหมักมัน สำปะหลังสดย่นชั้นต่างๆในถังหมักขนาดใหญ่	40

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	แสดงการเจริญของเชื้อราและยีสต์ในการหมักมันสำปะหลังสดหลังการ เค็มยีสต์แล้ว 2 วัน บนชั้นต่างๆในถังหมักขนาดใหญ่	43



สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
ค1	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนสุดท้ายในการหมักมันสดของถังหมักเล็กที่เวลาดึงต่างกัน	63
ค2	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนสุดท้ายในการหมักมันเส้นแห้งของถังหมักเล็กที่เวลาดึงต่างกัน	63
ค3	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนในการหมักมันสำปะหลังมันเส้นแห้งในถังหมักเล็กที่เวลาดึง 10 นาที	64
ค4	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับความชื้นของมันสำปะหลังสอหมัก เมื่อสิ้นสุดการหมักด้วยเชื้อราที่ความเร็วลมต่างกัน	64
ค5	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับความชื้นของมันสำปะหลังสอเมื่อสิ้นสุดการหมักด้วยเชื้อยีสต์ที่ความเร็วลมต่างกัน	65
ค6	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน (% BSA) ในถังหมักขนาดใหญ่เมื่อหมักด้วย 1 วันที่ความเร็วลมต่างกัน	65
ค7	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน(% BSA) ในถังหมักขนาดใหญ่เมื่อหมักด้วยรา 2 วันที่ความเร็วลมต่างกัน	66
ค8	การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน(% BSA) ในถังหมักใหญ่เมื่อหมักด้วยรา 2 วัน และยีสต์อีก 1 วันที่ความเร็วลมต่างกัน	66
ค9	การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน(% BSA) ในถังหมักใหญ่เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ความเร็วลมต่างกัน	67
ง1	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณโปรตีนของมันแห้งในถังหมักเล็ก	68
ง2	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH, ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณโปรตีนของมันสดในถังหมักขนาดเล็ก	69
ง3	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH, ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณโปรตีนของมันสดและมันเส้นแห้งที่เวลาดึง 10 นาทีในถังหมักเล็ก	71

สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง4	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH, อุณหภูมิ, ความชื้น, ความชื้นสัมพัทธ์ ของเวลานึ่ง 10 นาทีที่ความเร็วลมต่างกัน	72



สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพที่		หน้า
1	แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์โดย BIURET METHOD	58
2	แผนภาพแสดงการเตรียมสปอร์กล้าเชื้อ <u>A. niger</u> and <u>Candida sp.</u>	60
3	แผนภาพแสดงวิธีการผลิตสปอร์เชื้อ <u>A. niger</u> and <u>Candida sp.</u>	61



คำนำ

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง ที่มีองค์ประกอบของแป้งสูง และมีมูลค่าการส่งออกต่ำ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปของมันเส้น มันอัดเม็ด เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับนำไปเป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงเป็นการสมควรที่จะมีการพัฒนาคุณภาพของมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง วิธีการหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจคือ การนำมันสำปะหลังมา เป็นวัตถุดิบในการหมักเพิ่มโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเลือกใช้จุลินทรีย์โปรตีน และขบวนการหมักที่เหมาะสม ในการหมัก เพื่อเพิ่มโปรตีน ขบวนการที่เหมาะสมสำหรับการหมัก เพื่อเพิ่มโปรตีนแบบหนึ่งคือ ระบบการหมักในสภาพแข็งหรือ SOLID STATE FERMENTATION ขบวนการนี้มีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้มีการหมักเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากระบบนี้ใช้น้ำในขบวนการหมักน้อย จึงไม่เกิดปัญหการกำจัดน้ำทิ้งไว้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลภาวะได้ นอกจากนี้อุปกรณ์และเครื่องมือจะเป็นแบบง่าย ๆ ราคาถูก ในการหมักมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มโปรตีน จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือ ราและยีสต์ โดยเชื้อราจะเจริญสร้าง เอนไซม์ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ซึ่งยีสต์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ การเจริญของยีสต์ในขั้นสุดท้ายนี้เองที่ทำให้ปริมาณของโปรตีนในมันหมักสูงขึ้น ถึงแม้ว่าขบวนการนี้จะง่าย แต่ก็ต้องคำนึงการให้อาหาอย่างทั่วถึงทุกส่วน การถ่ายเทอากาศคาร์บอนไดออกไซด์ และการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ทั้งของวัตถุดิบและการถ่ายเทอากาศใน เครื่องหมักที่ออกแบบอย่างง่าย ๆ

วัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ

1. เพื่อศึกษา เวลาหนึ่งทั้งมันสำปะหลังสดและมัน เส้นแห้งที่เหมาะสมต่อการเพิ่ม ปริมาณโปรตีนด้วยการหมัก
2. ทดลองสภาวะใน เครื่องหมักที่สร้างขึ้นต่อผลของการหมัก

การตรวจเอกสาร

1. พืชและองค์ประกอบของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า CASSAVA ในแถบลาตินอเมริกาที่ใช้ภาษาสเปนจะเรียกว่า YUCA ภาษาโปรตุเกสที่ใช้ในบราซิลเรียกว่า MANIOCA ภาษาฝรั่งเศสที่ใช้ในแถบแอฟริกาเรียกว่า MANIOC มันสำปะหลังจัดอยู่ใน SUBDIVISION ANGIOSPERMAE ; CLASS DICOTYLEDONAE , ORDER GERANIALES, FAMILY EUPHORBIACEAE และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Manioc esculenta Crantz

มันสำปะหลังที่ผลิตโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1.1 ชนิดขม (BITTER TYPE) หรือที่เรียกว่า "มันแฉ่ง" หัวมันชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง เนื้อหยาบ ไม่เหนียว รสค่อนข้างขมซึ่งเกิดจากปริมาณกรดไฮโดรไซยาอิกที่มีอยู่มากใช้ทำผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่างๆ เช่น ทำแป้ง เคียงสัตว์ เป็นต้น
- 1.2 ชนิดหวาน (SWEET TYPE) หรือที่เรียกว่า "มันสำปะหลัง" หัวมันจะมีเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยกว่าชนิดขม เนื้อละเอียด เน้นเหนียว รสค่อนข้างหวานนุ่มนุ่มได้เร็วกว่าชนิดขมและเปื่อยง่าย รสดีกว่า โดยทั่วไปมักจะใช้บริโภคโดยตรง เช่น ทำขนม เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร 2520)

JOHNSON และ RAYMOND (1965) และ ONWUJIE (1970) รายงานว่าโปรตีนในมันสำปะหลังนอกจากจะมีปริมาณโปรตีนต่ำแล้วยังมีคุณภาพต่ำอีกด้วย โดยยี่อาร์จีนั้นเป็นองค์ประกอบสูงที่สุดในจำนวนกรดอะมิโนอื่นๆ และมีเบทาโออิน โอลีน หรือโทแทน ฟรีฟวอะลาอิน และไทโรซีนต่ำ สำหรับกรดไขมันที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลังได้แก่ PALMITIC ACID , OLEIC ACID, LINOLEIC ACID และ LINOLENIC ACID สำหรับ STEROL ไม่พบในหัวมัน

นอกจากนี้ ในหัวมันสำปะหลังสตัวยังมีกรดไฮโดรไซยาอิก เป็นองค์ประกอบอยู่ 0.2 % กรดไฮโดรไซยาอิกเกิดจากกลูโคไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ LIGNARIN และ LATAUSSTRATIN ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ LINAMARASE เมื่อพืชถูกบดขยี้ เช่น ถูกกัดหรือบด เป็นต้น

กรดไฮโดรซัยยานิกนี้ เป็นพิษต่อคนและสัตว์ พิษของกรดไฮโดรซัยยานิก สามารถถูกทำลายได้โดยนำมันสำปะหลังมาผ่านการหมัก ขบวนการหมักที่เกิดจากจุลินทรีย์ จะมีการย่อยแป้งแล้วเกิดกรดอินทรีย์มากมาย ทำให้ pH ต่ำลงซึ่งถ้า pH ต่ำกว่า 7 จะเกิดการสลายตัวของกลูโคไซด์ โดยเกิดเป็นแก๊สไฮโดรซัยยานิก นอกจากนี้หากความร้อนสูงกว่า 150° ซ. จะทำให้กลูโคไซด์สลายตัวได้ (Adriano และคณะ , 1931 , Johnson และ Raymond , 1965 , Onwueme , 1978)

2. ระบบการหมักในอาหารแข็ง (SOLID STATE FERMENTATION SYSTEM)

ระบบการหมักในอาหารแข็ง (SOLID-STATE FERMENTATION)

หมายถึง การหมักของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งโดยไม่มีน้ำอิสระ (FREE LIQUID) อยู่ในระบบ (CANNEL และ MOO YOUNG , 1980) น้ำที่มีอยู่จะอยู่ในรูปของความชื้น และซิมคิคคัษวัตดูบที่ไ้ ซึ่งจำเป็นและเป็นปัจจัยที่สำคัญในระบบการหมักในอาหารแข็ง ดังนั้นระบบการหมักในอาหารแข็งจึงไม่รวมถึงการหมักของแข็ง (SOLIDS) ในอาหารเหลวหรือการหมักในรูปของเหลวข้น (SLURRIES) ในระบบนี้ปริมาณความชื้น หรือน้ำที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ (AVAILABLE WATER) จึงค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้ในการหมักโดยแบคทีเรีย และยีสต์ ส่วนใหญ่จะเหมาะกับการใช้เชื้อรา และอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ที่ใช้ระบบการหมักในอาหารแข็ง จะใช้เชื้อราในการหมัก (ศุภพงษ์ , 2529)

ศุภพงษ์ (2529) กล่าวว่า ปัจจัยทางฟิสิกส์ของระบบเมื่อเริ่มต้นกระบวนการหมัก ความชื้น อุณหภูมิ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเฉพาะความเป็นรูพรุน (POROSITY) ล้วนมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา ส่วนปัจจัยที่ควบคุมได้ เช่น ขนาดของวัตถุดิบ ขนาดของถาด ปริมาณความชื้น (HUMIDITY) อัตราการให้อากาศ (AERATION RATE) หรือ SPORE INOCULUM นั้นเป็นปัจจัยที่จะต้องควบคุมในระหว่างการหมัก

ดังนั้นการที่จะทำให้กระบวนการหมักในระบบอาหารแข็ง ดำเนินต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ปัจจัยต่างๆที่จะต้องพิจารณา คือ

2.1 ถังปฏิกริยา (REACTOR) มีอยู่ 6 แบบด้วยกัน คือ

- WINDOW
- BED WITH RECYCLE CONDITION AIR
- ROTATING DRUM
- TOWER DIGESTER
- STIRRED TANK
- TRAY

การจะเลือกชนิดของถังปฏิกริยานั้น ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการหมัก และกำลังผลิต และเมื่อเลือกแล้วควรจะต้องตรวจสอบในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบความเหมาะสมของระบบพร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ ในเชิงการค้า และความจำเป็นในการควบคุม และความต้องการของระบบควบคุม (CAMEL และ MOO-YOUNG , 1980)

2.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ (MEDIA PREPARATION)

การเตรียมวัตถุดิบ หรือ SUBSTRATE ในระบบการหมักในอาหารแข็ง จุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนสภาพของวัตถุดิบ ให้อยู่ในสภาพที่จุลินทรีย์จะย่อยและใช้ประโยชน์ได้ง่าย ทั้งในทางฟิสิกส์และทางเคมี คือ ในทางฟิสิกส์นั้น ขนาดของวัตถุดิบต้องไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป ถ้าเล็กเกินไปจะทำให้ POROSITY ไม่เพียงพอต่อการถ่ายเทมวลและความร้อน (HEAT AND MASS TRANSFER) แต่ถ้าโตเกินไปจะทำให้ยากแก่การย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์มีผลให้ประสิทธิภาพของการใช้วัสดุค่า ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีนั้นเกิดขึ้นจากการให้ความร้อน (COOKING) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบ และเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพที่จุลินทรีย์จะใช้ได้ง่ายขึ้น เช่น แป้งก็ให้เกิด GELATINIZATION พอสมควร แต่ไม่ควรให้เกิดลักษณะของการรวมตัวเป็นก้อน เมื่อมันส่าปะหลังมีความชื้นและการย่อยแป้งของเชื้อรา (LIANG et.al , 1970)

2.3 การเติมกล้าเชื้อ (CULTURE INOCULATION)

การเติมจุลินทรีย์เข้าสู่ระบบก่อนเริ่มต้นการหมักมีความจำเป็นเหมือนในระบบการหมักในอาหารเหลว จุลินทรีย์ที่เคียส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสปอร์แต่บางระบบใช้ INOCULUM ที่เตรียมจากสปอร์ โดยให้สปอร์เจริญเติบโตก่อนประมาณ 24 ชั่วโมงถึงนั้นขนาดของ

INOCULUM ที่ใช้ขึ้นอยู่กับความสามารถของการเตรียมสปอร์ว่ากรรมวิธีที่ใช้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

การเติม **INOCULUM** บัณฑิตส่วนใหญ่จะใช้คู่กับการปรับความชื้นในขั้นสุดท้าย ก่อนที่อาหารเลี้ยงเชื้อจะถูกส่งเข้าสู่ห้องหมัก ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ แต่ถ้าความชื้นสูงเกินไป ก็จะส่งผลให้ปริมาณ (**VOID SPACE**) ค่า และทำให้เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรีย (**BACTERIAL CONTAMINATION**) ได้

2.4 การถ่ายเทมวล (**MASS TRANSFER**)

การถ่ายเทมวลจะเกิดขึ้นในรูปของ **INTERPARTICLE AND INTRAPARTICLE MASS TRANSFER**. **INTERPARTICLE MASS TRANSFER** มีความสำคัญมาก เช่น ในการถ่ายเทออกซิเจนมีปัจจัยหลักคือ ช่องว่าง (**VOID FRACTION**) การผสม (**MIXING**) และการให้อากาศ (**AERATION RATE**) ส่วน **INTRAPARTICLE MASS TRANSFER** จะเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทธาตุอาหาร (**NUTRIENTS**) เอนไซม์และผลิตภัณฑ์สุดท้าย เนื่องจากธาตุอาหารจำเป็นแก่ การเจริญเติบโต และการผลิตผลิตภัณฑ์ของจุลินทรีย์โดยทั่วไปจุลินทรีย์จำเป็นต้องผลิตเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ (**EXTRA CELLULAR ENZYME**) มาย่อยแร่ธาตุอาหารที่ไม่ละลายให้อยู่ในสภาพที่ละลายและพร้อมที่จะถูกซึมเข้าไปในเซลล์ได้ ซึ่ง **SUGA (1975)** พบว่าจุลินทรีย์จะย่อยธาตุอาหารได้ดีเมื่อขนาดหรือช่องว่างอนุภาคใหญ่

ในแง่ของ **OXYGEN TRANSFER** นั้นปริมาณออกซิเจนจะมีความสำคัญโดยตรงกับอัตราการหายใจและกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งรวมความถึงการเจริญเติบโต การผลิตผลิตภัณฑ์ และการถ่ายเทความร้อน

2.5 การถ่ายเทความร้อน (**HEAT TRANSFER**)

ความร้อนที่ผลิตขึ้นระหว่างการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะในช่วงระหว่าง **LOG PHASE** เป็นปัญหาอย่างยิ่งในการหมักในระบบอาหารแข็ง ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมีความ

จำเป็นที่จะต้องลดอุณหภูมิระหว่างการหมัก โดยทั่วไปจึงลดอุณหภูมิโดยการให้อากาศแก่
 ควรระวังการให้อากาศในปริมาณที่มากเกินไป ถ้าความชื้นในอากาศต่ำทำให้สูญเสีย
 ความชื้นในระบบมากเกินไปแล้วทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงได้ ความสามารถในการ
 การลดความชื้นขึ้นอยู่กับ **POROSITY** ของวัสดุหมัก

ในทางปฏิบัติแล้วการหมักในอาหารแข็งไม่ยุ่งยากอย่างที่คาดคะเนหรือคิดกันไว้
 เนื่องจากปัญหาในการควบคุมและความสามารถในการควบคุมค่อนข้างยาก เมื่อเทียบกับระบบ
 การหมักในอาหารเหลว นอกจากนี้ระบบการหมักในอาหารแข็งยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่า
 ที่ควร เนื่องจากความยากลำบากในการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก
 (ก.ร ศุภพงศ์ ,2530) HESSEL TINE(1977) ได้กล่าวไว้ว่า ข้อดีในการหมักเช่นนี้คือธาตุ
 อาหารที่หมักมีส่วนประกอบต่างๆ พื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องมืออย่าง เนื่องจาก **SOLID**
CONTENT สูงปัญหาที่เกิดจากการปนเปื้อนแบคทีเรียที่เขี่ยค่า การให้อากาศได้ง่ายและไม่มี
 ความจำเป็นของกวนตลอดเวลา เป็นต้น แต่ระบบการหมักในอาหารแข็งก็มีข้อเสีย คือ
 ระบบนี้มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ ระบบจึงจำกัดจุลินทรีย์และเชื้อรา ยีสต์ และ **STREPTOMYCES**
 บางสายพันธุ์ การกำจัดความชื้นกระทำโดยการลดความชื้นลงโดยเฉพาะในระบบระบบออก
 สาธารณกรรม การถ่ายเทมวลควบคุมได้ลำบากและในระบบการหมักในอาหารแข็ง เป็นการ
 ยากที่จะควบคุมปัจจัยต่างๆ

3. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักมีอะไรบ้าง

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญได้ในระบบการหมักในอาหารแข็ง (**SOLID SUB**
STRATE FERMENTATION) ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา จุลินทรีย์เหล่านี้
 มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป ซึ่ง **KUMNUANTA** (1976) ได้รวบรวมสรุปไว้ดังนี้

3.1 แบคทีเรีย (**BACTERIA**)

เป็นจุลินทรีย์ที่มีอัตราการเจริญเติบโต และมีโปรตีนสูง นอกจากนั้นยัง
 สามารถใช้เป็นอาหารโคหลายชนิด และมีบางชนิดเป็นพวก **THERMOPHILE** ซึ่งเป็นผล
 ดีในการนำมาใช้ผลิตโปรตีน เซลเดี่ยว (**SINGLE CELL PROTEIN**) เพราะประหยัดค่า
 ใช้จ่ายในการทำให้เป็น แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียมีขนาดเล็ก จึงยุ่งยากในการเก็บ
 เก็บ เพื่อแยกเอาเซลล์ออกมาหลังจากที่สิ้นสุดการหมัก นอกจากนั้นแบคทีเรียยังมีปริมาณ

กรรมวิธีคัดเลือกสูงซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้บริโภคในการเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียเพื่อเป็นโปรตีนเซลล์เดี่ยวนั้นคงเอาใจใส่ดูแลอย่างสูง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนซึ่งอาจสร้างสารพิษหรือทำลายเซลล์แบคทีเรียได้ การใช้แบคทีเรียเป็นแหล่งโปรตีนจึงได้รับความนิยมยกย่องวาระและยีสต์

3.2 ยีสต์

เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีกว่ารา มีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าแบคทีเรียเพราะฉะนั้นจึงง่ายต่อการเก็บเกี่ยว เพื่อบั่นแยกเซลล์ยีสต์ออกมา นอกจากนี้ ยีสต์ยังมีวิตามินบีรวมและโปรตีนสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์ และสัตว์ได้อย่างปลอดภัย BIOLOGICAL VALUE ของโปรตีนจากเซลล์ยีสต์จะยิ่งสูงขึ้น ถ้าเราเสริมด้วยเมไทโอนินจะเห็นได้ว่าในปัจจุบัน โปรตีนเซลล์เดี่ยวยีสต์ได้รับการยกย่องว่าดีที่สุดในบรรดาโปรตีนเซลล์เดี่ยวยีสต์ชนิดต่างๆ

HUMPHREY (1968) กล่าวว่า ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่เหมาะสมและนิยมใช้ผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีนในระดั้มอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่เลี้ยงง่ายไม่ต้องการสารอาหารช่วยในการเจริญเติบโตมากนัก และมีคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารคนและสัตว์ Candida utilis เป็นยีสต์ชนิดแรกที่นิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีน โดยใช้เป็นอาหารเสริมกับคน

ยีสต์ในสกุล CANDIDA นิยมใช้ผลิตเป็นอาหารสัตว์มาก เนื่องจากเลี้ยงง่าย มีโปรตีนสูง อัตราการเจริญเร็วและสามารถใช้สารต่างๆเป็นแหล่งคาร์บอนได้หลายชนิด (SYNDER, 1970)

3.3 รา

เป็นจุลินทรีย์ที่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียและยีสต์ แต่อาศัยความก้าวหน้าในงานวิจัยต่างๆเพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยว ได้คัดเลือกราที่เป็น MUTANT STRAINS หลายสายพันธุ์ เพราะฉะนั้นราที่คัดเลือกไว้บางตัวจึงมีการเจริญเติบโตดี และมีปริมาณโปรตีนสูงทัดเทียมกับยีสต์ นอกจากนั้นการเก็บเกี่ยวเพื่อแยกเอาเส้นใยของรามาใช้ประโยชน์หลังจากสิ้นสุดการหมักสามารถทำได้ง่าย โดยการกรอง

ซึ่ง เป็นวิธีการไม่ยุ่งยากซับซ้อน เหมือนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ราจำโคควา เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการใช้สารประกอบคาร์บอนที่มีความซับซ้อนสูงๆ ได้ดี โดยเฉพาะแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งนับว่าเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูก และสามารถผลิตได้จำนวนมากในประเทศไทย อย่างไรก็ตามราที่มีชื่อเสียงคือ สว่างสารพิษ นอกจากนี้ร่ายัง เป็นสาเหตุให้เกิดโรค ASPERGILLOSIS หรือ PHYCOMYCOSIS ได้

เชื้อราที่สำคัญต่อระบบโปรตีน เซลเดียวมี 3 CLASSES คือ

1. PHYCOMYCETES เช่น MUCOR , RHIZOPUS
2. ASCOMYCETES เช่น ASPERGILLUS , PENICILLIUM
3. BASIDIOMYCETES เช่น WHITE ROT FUNGI
(RAIMBAULT et.al , 1977)

เนื่องจากมันสำปะหลังมีแป้ง (STARCH) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นจุลินทรีย์ที่จะเจริญได้ในมันสำปะหลังจะต้องสร้าง เอนไซม์ AMYLASE ได้ ซึ่งเอนไซม์ AMYLASE เป็น EXTRACELLULAR ENZYME ย่อยสลายโมเลกุลของแป้งได้ (WINDISH และ MHATRE , 1965)

ราที่สามารถสร้าง เอนไซม์ AMYLASE ได้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน สำหรับราที่สร้าง AMYLASE ได้และเจริญในระบบโปรตีน เซลเดียวได้คือ โคแก Mucor , Aspergillus และ Penicilium เชื้อสามตัวนี้มีความสามารถย่อยแป้งได้ (RAIMBAULT et.al , 1977)

ส่วนยีสต์นั้น LODDER (1974) กล่าวว่า ยีสต์ที่สามารถสร้าง AMYLASE ได้มีอยู่หลายชนิด เช่น Endomycopsis , Hansenula . , Pichia spp. , Candida spp , Trichosporon , Saccharomyces diastaticus เป็นต้น

4. ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของราและยีสต์

4.1 แหล่งคาร์บอนและพลังงาน

ราและยีสต์ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานในสภาพที่มี

ออกซิเจน รมามีเอนไซม์ AMYLASE มากสามารถที่จะใช้แป้ง เป็นแหล่งคาร์บอนได้ ภา
สามารถย่อยแป้ง เป็นน้ำตาลไอหรือสังเคราะห์เป็น CARBON SOURCE (ประวิทย์,
(2519) , TREVELYAN (1970)

ส่วนยีสต์นั้นส่วนมากจะใช้ น้ำตาลที่สามารถหมักได้ (FERMENTABLE
SUGAR) เช่น D-GLUCOSE , D-FRUCTOSE และ D-MANNOSE เป็นแหล่งคาร์บอน
ได้ก็บางชนิดยังใช้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ (IMRIE , 1976 ; ROSE AND HARRISON
, 1971)

4.2 แหล่งไนโตรเจน

ทั้งราและยีสต์ต้องการแหล่งไนโตรเจน เพื่อใช้ในการสร้างโปรตีนของ เซล
ตัวเอง แหล่งไนโตรเจนที่ราและยีสต์ใช้ได้มีหลายอย่าง เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรีย
แอมโมเนียมฟอสเฟต เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแอมโมเนียมคาร์บอเนต แอมโมเนียมไซ-
คาร์บอเนต โมโนและไดแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งยีสต์หลายชนิดสามารถใช้ได้ก็ (ROSE
และ HARRISON , 1971) ส่วนมากนิยมใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย(สม-
คึก, 2521; ROSE และ HARRISON , 1971)

4.3 พีเอชของอาหาร

ร่าส่วนมากสามารถเจริญได้ในช่วงพีเอชกว้างมาก (THIMANN , 1963) เช่น
ในสายพันธุ์ Aspergillus , Penicillium และ Fusarium สามารถเจริญได้
ตั้งแต่พีเอช 2-10 เป็นต้น (KUSHNER , 1978) แต่พีเอชที่เหมาะสมสำหรับร่าส่วนมาก
อยู่ในช่วง 4-8 ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของร่า

ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสภาพแวดล้อมจะมีผลต่อค่าความเป็น
กรด-ด่าง (pH) ภายในเซลล์ ซึ่งจะส่งผลถึงกิจกรรมของ เอนไซม์ได้ (MOORE LANDEC
KER , 1972) ส่วนยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ก็ในอาหารที่มีความเป็นกรดมาก
กว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ปกติพีเอชที่เหมาะสมของยีสต์ทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 4.5-5.5
(IMRIE , 1976) พีเอชที่เหมาะสมของยีสต์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น C. utilis
พีเอชที่เหมาะสมคือ 4.5-5.0 (ROSE และ HARRISON , 1971) เป็นต้น

4.4 อุณหภูมิ

เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการ เจริญเติบโตและดำรงชีวิตของราและยีสต์ที่อุณหภูมิ 0° ซ จะชงักการเจริญเติบโตของราได้ แต่เซลล์ของรายังไม่ตาย แต่ถาอุณหภูมิสูงกว่า 40° ซ เซลล์ส่วนใหญ่จะหยุดการเจริญและตายในที่สุด (DEVENELL, 1965)

เจริญ (1980) สังเกตพบว่า สปอร์ของ Aspergillus niger สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง คือตั้งแต่ 0° ซ ถึงประมาณ 40° ซ และเชื้อ Mucor sp เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 38-50° ซ

4.5 ความชื้น

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของราคือ 50-60 % ส่วนยีสต์เจริญเติบโตได้ดีที่ความชื้น 70 %

4.6 การถ่ายเทอากาศ

การหมักแบบ SOLID SUBSTRATE FERMENTATION เป็น AEROBIC PROCESS ดังนั้นปริมาณของออกซิเจนจึงสำคัญต่อการหายใจของเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นขบวนการสร้างพลังงาน ทำให้เกิดความร้อน และคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จึงต้องมี การระบายความร้อนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ความร้อนนี้จะออกจากวัตถุดิบที่หมักได้โดยการถ่ายเทความร้อนทั้งแบบการนำและการพาหรือโดย EVAPORATIVE COOLING (TRIVELYAN, 1970) SENEZ (1980) ยืนยันว่า การให้อากาศโดยเป่าลมพร้อมกับให้อากาศขึ้นในส่วนกลางของ FERMENTER วิธีนี้จะช่วยปรับสภาวะให้มีความชื้นสัมพัทธ์สูงไว้ได้ เชื้อราส่วนมากเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95-100 % และการเจริญจะลดลง เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลงเหลือ 80-85 % (MOORE LANDECKER, 1972)

การกวนและการพลิกกลับ เป็นการ เติมอากาศทำให้พื้นที่ผิวส่วนอื่น ๆ ของวัตถุดิบได้สัมผัสกับอากาศ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการแตกหักของ MYCELIA ของเชื้อราด้วย ซึ่งจะทำให้เชื้อชงักการเจริญเติบโต (SILMAN, 1980) การให้อากาศก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นของ SUBSTRATE ด้วย เนื่องจากจะมีการถ่ายเทความชื้น

ที่อยู่ใน SUBSTRATE และอากาศที่อยู่รอบๆ

5. สารพิษในมันสำปะหลัง

สารพิษในมันสำปะหลังหมัก มีกรดไฮโครไซยานิกค่ามากคือ 4.71 พีพีเอ็ม ซึ่งจำนวนนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับมันเส้นซึ่งมีอยู่น้อยที่สุดประมาณ 40-50 พีพีเอ็ม ปริมาณกรดไฮโครไซยานิกที่จะทำอันตรายต่อสัตว์อยู่ในระดับ 60 พีพีเอ็ม (สาโรช, 2528) การที่มันหมักมีกรดไฮโครไซยานิกอยู่น้อยเนื่องจากสภาพการหมัก เป็นกรดและความร้อนสูงจะกระตุ้นปฏิกิริยา และทำให้กรดไฮโครไซยานิกระเหยออกไป ประกอบกับหลังจากหมักเสร็จแล้วทำให้แห้งโดยการตากแดด 2-3 วัน ทำให้การระเหยของกรดไฮโครไซยานิกออกไปมากขึ้น (จรัญ, 2530)

สารพิษอะฟลาทอกซินในมันสำปะหลังหมักพบในปริมาณค่า 0-0.21 พีพีเอ็ม ไม่ทำอันตรายต่อสัตว์ ซึ่งระดับที่สามารถทำอันตรายต่อสัตว์อยู่ในระดับ 10-100 พีพีเอ็ม (ธีระบุท, 2524) การที่ปริมาณอะฟลาทอกซินมีน้อยนี้แสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์ที่สร้างอะฟลาทอกซินเจริญในมันสำปะหลังหมักได้ไม่ดี หรือถ้าเจริญได้ก็ยังไม่สามารถสร้างสารพิษได้โดยเชื้อราที่ใช้ในการหมัก อาจจะไปยับยั้งการสร้างสารพิษหรือเชื้อราที่อาจสร้างสารบางชนิดไปกำจัดพิษของอะฟลาทอกซินที่เกิดขึ้น (CHAROTTE และ RAMBO และ BEAN, 1972)

6. งานทดลอง เกี่ยวกับการ เพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลัง

BROOK และคณะ (1969) ได้ทำการ เพิ่มปริมาณโปรตีนในมันสำปะหลังด้วยวิธีการหมักของแข็งและของเหลว (SOLID และ LIQUID FERMENTATION) โดยใช้เชื้อรา วิธี SOLID FERMENTATION ใช้แป้งมันเติม MINERAL SALT แห้งในโครเจนผสมกับน้ำ ใส่เชื้อ RHIZOPUS แล้วควบคุมอุณหภูมิการหมักที่ 30° ซ ความชื้น 95-97% พีเอช 4.5-6.7 ปรากฏว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้ 30 เท่าจากเดิม ส่วน FERMENTATION นั้นใช้แป้งมันสำปะหลัง 3% NH_4NO_3 0.3% และ KH_2PO_4 0.25% เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อรา ปรากฏว่า RHIZOPUS มี CRUDE PROTEIN อยู่ในช่วง 16.3-23.2% ขึ้นอยู่กับสกุลของเชื้อ Cladosporium cladosporioides มี CRUDE PROTEIN

21.2% , Mucor racemosus 21.5% และ Heterocephalum aurantiacum 33.6%

STRASSER และคณะ (1970) ได้ทำการเพิ่มปริมาณโปรตีนในมันสำปะหลัง โดยใช้กรดหรือเอนไซม์อะไมเลส เปลี่ยนแป้งในมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาล แล้วนำมาเลี้ยงยีสต์ ปรากฏว่ามันสำปะหลังที่ใช้เลี้ยง Candida utilis มี CRUDE PROTEIN 35% ของน้ำหนักแห้ง, Rhodotorula gracilis 26.7% และ Hansenula saturnus 15.5%

GREGORY (1977) กล่าวว่าในโคลัมเบียที่ CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL ได้ประสบความสำเร็จในการใช้เชื้อราเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังแล้วใช้เป็นอาหารสัตว์ด้วย NONASEPTIC FERMENTATION PROCESS โดยทำในระดับโครงการนำร่อง (PILOT PLANT SCALE) เชื้อราที่เขาค้นพบสามารถผลิตโปรตีนสูงได้คือ อุณหภูมิสูงคือ Cephalosporium eichhorniae 152 และ Rhizopus chinensis 180 (GREGORY ET.AL. 1976(2))

สวัสดี และคณะ (2517) ได้ทดลองหมักมันสำปะหลังโดยอาศัยเชื้อยีสต์ในลูกแป้ง เติมน้ำแอมโมเนียมซัลเฟต และให้อากาศเป็นเวลานาน 35 วัน พบว่าได้โปรตีนเพิ่มจาก 2.15% เป็น 8.04% และมี TRUE PROTEIN 3%

รุ่งโรจน์ (2523) ได้ทำการหมักมันสำปะหลัง เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์โดยเลี้ยง Rhizopus nigrican ร่วมกับ S. cerevisiae ปรากฏว่าปริมาณโปรตีนเพิ่มจาก 0.9% เป็น 12.04% โดยโปรตีนที่เพิ่มขึ้นได้จากยีสต์

วิษุพร (2523) ได้ทดลองเลี้ยง Rhizopus oryzae MB 67. ร่วมกับ S. cerevisiae 281 ในมันสำปะหลังบด 7% เติมน้ำ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5% ปรากฏว่าได้ น้ำหนักแห้งสูงสุด 32.6 ม.ก ต่อ ม.ล มีโปรตีน 47.9% ของน้ำหนักแห้ง

ชอทิพย์ (2530) ได้ทำการทดลองหมักมันสำปะหลังด้วยวิธี SYMBA YEAST PROCESS (ขบวนการเลี้ยงยีสต์ 2 ชนิดร่วมกันโดยยีสต์ตัวแรกเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล

และยีสต์ที่สอง (ในน้ำตาลเพิ่มการเจริญเติบโตเป็นจุลินทรีย์โปรตีน) โดยใช้เชื้อยีสต์ Endomycopsis sp. , Candida sp สามารถเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังจาก 2.35% เป็น 11.49% ของน้ำหนักแห้ง

BAUTISTA (1988) ทำการทดลองหมักมันสำปะหลังกับเชื้อรา Aspergillus niger โดยทำการหมักแบบ SOLID SUBSTRATE FERMENT เปรียบเทียบระหว่างมันสำปะหลัง, มันสำปะหลังซึ่งเติมถั่วเหลือง และมันสำปะหลังซึ่งเติมรำข้าว ปรากฏว่ามันสำปะหลังอย่างเดียวกันให้โปรตีน 14.5% ใช้เวลาหมัก 40 ชั่วโมง (HARVESTING TIME) ซึ่งเหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บมันหมัก สำหรับมันสำปะหลังที่เติมรำข้าวและถั่วเหลือง จะเก็บมันหมักได้หลังการหมัก 33 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสม และให้ปริมาณโปรตีน 18.8% และ 17.7% ตามลำดับ แต่เขาพบว่า มันสำปะหลังหมักอย่างเดียวกันจะให้ FUNGAL PROTEIN สูงสุด BAUTISTA ใช้แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียเป็นแหล่ง NITROGEN SOURCE โดยศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารทั้งสอง ปรากฏว่า 1 : 1 RATIO ของ TOTAL NITROGEN WEIGHT ของแอมโมเนียมซัลเฟตกับยูเรีย จะให้โปรตีนสูงสุดในทุก PROCESS ของการหมัก BAUTISTA ยังได้ทดลองหมักมันสำปะหลังโดยใช้ถังหมักแบบ TRAYS โดยใช้ถาดในลอน ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 95-99% ในอากาศโดยเป่าลมจากด้านล่างขึ้นด้านบนโดยพัดลม อุณหภูมิเท่ากับ 29-31°C ปรากฏว่าให้โปรตีนสูงกว่าการหมักในหองทดลอง โดยการหมักมันสำปะหลังอย่างเดียวกัน, เติมรำข้าว และเติมถั่วเหลือง จะให้โปรตีน 23%, 21% และ 21% ตามลำดับ

วิธีการทดลอง

1 วัสดุ และ อุปกรณ์

1.1 วัตถุดิบ

- (1) มันเส้นแห้ง
- (2) มันสำปะหลังสด

1.2 สารเคมี

- (1) แอมโมเนียมซัลเฟต
- (2) ยูเรีย
- (3) กรดซัลฟูริก

1.3 อุปกรณ์

- (1) กะละมังแสตนเลส
- (2) ริงถึง
- (3) ตะกร้าพลาสติก
- (4) ฟิล์มเปิด
- (5) กระจบอควาง
- (6) เทอร์โมมิเตอร์
- (7) ทุอบ
- (8) เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน
- (9) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
- (10) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
- (11) Aluminium can
- (12) เคซิเคเตอร์
- (13) Erlenmeyer Flask
- (14) ถังหมักขนาดเล็ก
- (15) เครื่องให้อากาศปลาตู้
- (16) ถาดคลุมิเยียม
- (17) ถังหมักขนาดใหญ่ที่ออกแบบขึ้นเป็นระบบปิด ประกอบด้วยชั้นตะแกรงหมักทั้งหมด 9 ชั้น มีช่องระบายอากาศ มีตัวปรับความชื้นสัมพัทธ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลอง

2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของการหมักในถังหมักขนาดเล็ก

2.1.1 ศึกษาผลของระยะเวลาการนิ่งที่มีต่อปริมาณโปรตีนในการหมักมันเส้นแห้ง
 ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ชั่งมันเส้นแห้งมา 3 ชุกาละ 500 กรัม แล้วนำมานิ่งเป็นเวลา 10 ,
 30 และ 50 นาทีตามลำดับ แล้วทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 1/2 ชม.

(2) เตรียม media โดยละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 50 กรัมในน้ำ 350
 มิลลิลิตร ในกะละมัง เติมกรดซัลฟูริก 2.0 มิลลิลิตร นำมันในข้อ (1) ผสมกับ media นี้
 แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชม. ซึ่งจะทำให้มันมีความเป็นกรด-ด่าง เริ่มต้นก่อนการหมักกับเชื้อรา pH
 ประมาณ 3.5 - 4.0 (media สูตรนี้ใช้กับมัน 1 ชุกหรือ 500 กรัม)

(3) เติมเชื้อรา (Aspergillus niger และ Mucor W252)
 0.5 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วใส่มันที่ลงตะกร้าหมัก เคลี่ยให้ผิวหน้าเรียบ และมีความ
 ชุ่มน้ำเสมอประมาณ 2 นิ้ว นำไปหมักในถังหมักขนาดเล็ก เป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อ
 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน , ความเป็นกรด-ด่าง , ความชื้น และอ่านค่าอุณหภูมิ และความ
 ชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน

(4) เมื่อครบ 3 วันแล้ว เติมกล้าเชื้อยีสต์ (Candida TK12 และ
S. cerevisiae) 25 มิลลิลิตรต่อมัน 1 ชุกหรือ 500 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วหมัก
 ต่อเป็นเวลา 2 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน , ความเป็นกรด-ด่าง ,
 ความชื้น และ อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน

(5) นำมันหมักที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 -
 24 ชั่วโมง

หมายเหตุ วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl Method
 ดังแสดงในภาคผนวก ก

2.1.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการทิ้งที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในการหมักมันสด
 ทั้งแสดงในแผนภาพที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) นำมันสำปะหลังสดมาล้างให้สะอาด นำมาหั่นให้โคขนาด 2×3
 หน้า 0.5 ซม. แล้วชั่งมันสำปะหลังสดมา 3 ชุดละ 500 กรัม นำไปทิ้งที่เวลา 10 , 30 ,
 และ 50 นาที ตามลำดับ แล้วหึ่งไว้ให้เย็นประมาณ $1/2$ ชม.

(2) เตรียม media โดยละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 24 กรัม และ
 ยูเรีย 11 กรัม ในน้ำ 50 มิลลิลิตร ในกะละมัง แล้วเติมกรดซัลฟูริก 0.8 มล. นำมันใน
 ข้อ (1) มาผสมกับ media นี้ แล้วหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชม. ซึ่งความเป็นกรด-ด่างเริ่ม
 ต้นของมันสำปะหลังนี้จะประมาณ 3.5 - 4.0 (media สูตรนี้ใช้ดัดมันสำปะหลัง 1 ชุด)

(3) เติมเชื้อรา (A. niger และ Mucor W252) 1 กรัม ต่อมัน
 สำปะหลัง 1 ชุดคลุกเคล้าให้ทั่ว แล้วเทมันสำปะหลังนี้ใส่ตะกร้าหมัก เกลี่ยให้ผิวหน้าเรียบ
 ความหนาสม่ำเสมอประมาณ 2 นิ้วนำไปหมักในถังหมักขนาดเล็กเป็นเวลา 2 วัน เก็บตัว
 อย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน , ความเป็นกรด-ด่าง , ความชื้น และอ่านค่าอุณหภูมิ
 และความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน

(4) เมื่อครบ 2 วันแล้วเติมกลายีสต์ 25 มล. ต่อมันสำปะหลัง 1 ชุด
 คลุกเคล้าให้ให้เข้ากัน แล้วหมักต่อเป็นเวลา 2 วันเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปร-
 ตีน , ความเป็นกรด-ด่าง , ความชื้น และอ่านค่าอุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน

(5) นำมันหมักที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 80° ซ. เป็นเวลา 20 - 24 ชม.

2.1.3 เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักระบบแห้งด้วยมันสำปะหลังสด และ มันเส้นแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

มันสำปะหลังสดมาล้างน้ำให้สะอาด นำไปหั่นให้ได้ขนาด 2x3 ตรซม.หนา 0.5 ซม. แล้วชั่งมา 500 กรัม พร้อมกับชั่งมันเส้นแห้งมา 226 กรัม (เปรียบเทียบน้ำหนักโดยฐานแห้ง) นำมันทั้งสองชนิดไปนึ่งเป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 1/2 ชม. แล้วนำไปหมักเช่นเดียวกับข้อ 2.1.2 โดยในสูตร media สำหรับมันสำปะหลังสดจะใช้น้ำ 50 มล. ส่วนมันเส้นแห้งจะใช้น้ำ 274 มล.

2.2: ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณโปรตีน เมื่อหมักในถังหมักขนาดใหญ่

ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ล้างมันสำปะหลังสดให้สะอาด นำมาหั่นเป็นชิ้นๆ ขนาด 2x3 ตรซม.หนา 0.5 ซม. แล้วชั่งมันสำปะหลังสดมา 9 ชุกๆ ละ 5 กิโลกรัม (มันสำปะหลัง 1 ชุกจะใช้น้ำหมักบนตะแกรง 1 ชั้น ซึ่งในถังหมักขนาดใหญ่จะมีตะแกรงทั้งหมด 9 ชั้น) นำมันสำปะหลังแต่ละชุกไปนึ่งเป็นเวลา 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ประมาณ 1/2 ชม.

(2) เตรียม media โดยละลายแอมโมเนียมซัลเฟต 240 กรัม และยูเรีย 110 กรัมในกะละมังซึ่งมีน้ำอยู่ 500 มล. แล้วเติมกรดซัลฟูริก 8 มล. นำมันสำปะหลังในข้อ (1) ลงผสมกับ media นี้ แฉมันทิ้งไว้ใน media เป็นเวลา 1 ชม. ซึ่งจะทำให้มันสำปะหลังมีความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นประมาณ 3.5 - 4.0

(สูตร media นี้ใช้ต่อมันสำปะหลัง 1 ชุก หรือ 5 กก.)

(3) เติมเชื้อรา (*A. niger* และ *Mucor W252*) 10 กรัมต่อมันสำปะหลัง 1 ชุก คลุกเคล้าให้ทั่ว แล้วหมักมันสำปะหลังนี้ใส่ตะแกรง เกลี่ยผิวหน้าให้เรียบ ให้มีความหนาสม่ำเสมอประมาณ 1 นิ้ว นำไปหมักในถังหมักขนาดใหญ่เป็นเวลา 2 วัน โดยเปิดพัดลมที่ความเร็วลมเบอร์ 1 (1.15m/s) เก็บตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน, ความเป็นกรด-ด่าง, ความชื้น, และอ่านค่าอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน

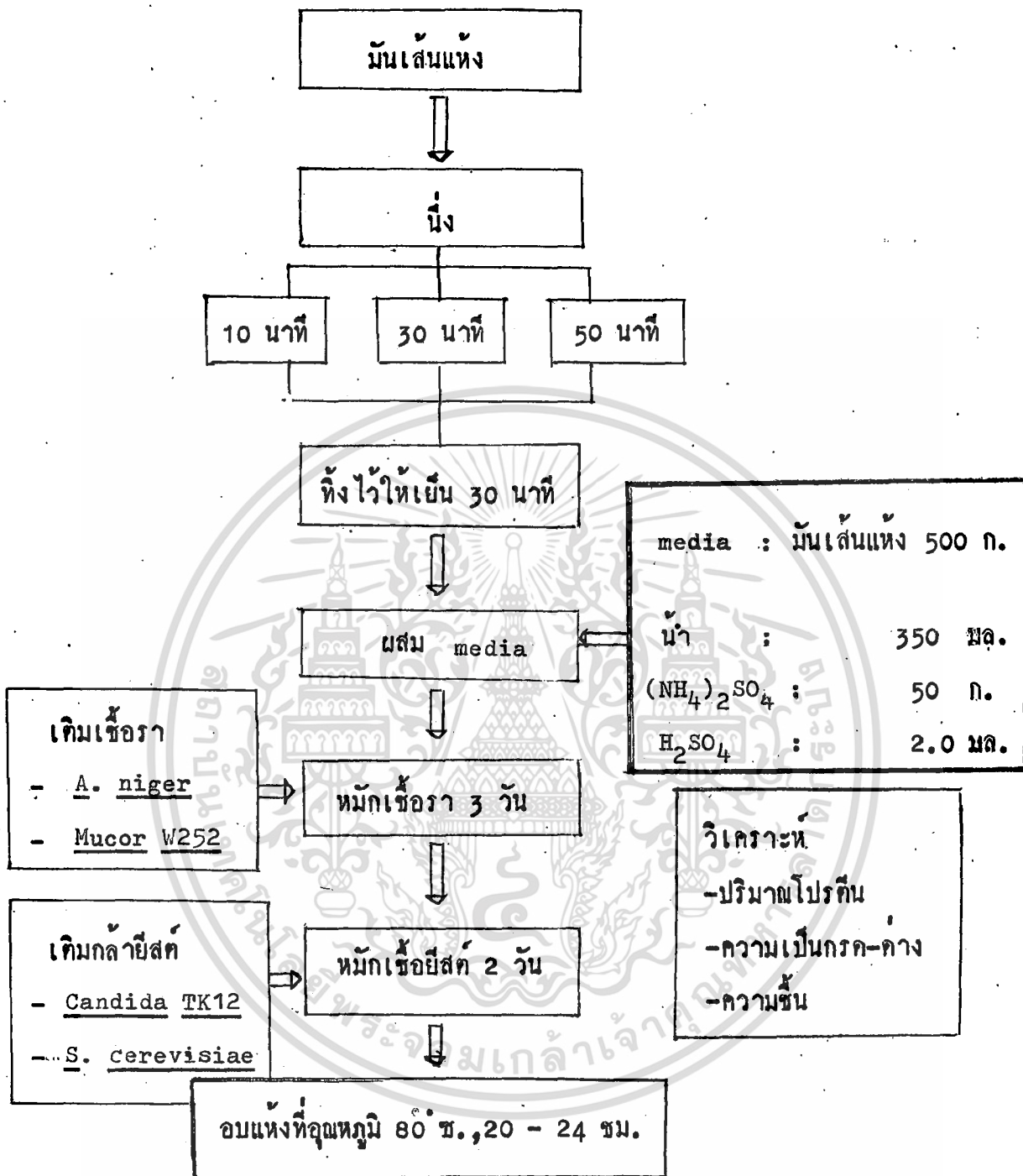
(4) เมื่อครบ 2 วันแล้วเติมกลัยสรี 250 มล. ต่อมันสำปะหลัง 1 ชุก คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วหมักต่อเป็นเวลา 2 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ

97052

โปรตีน , ความเป็นกรด-ด่าง , ความชื้น และอ่านค่าอุณหภูมิ , ความชื้นสัมพัทธ์ ทุกวัน
 (5) น้ำมันหมักที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 80° ซ. เป็นเวลา 20 - 24 ชม.
 (6) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนอัตราเร็วลมจากเบอร์ 1 (1.15 m/s)
 เป็นเบอร์ 2 (1.3 m/s)

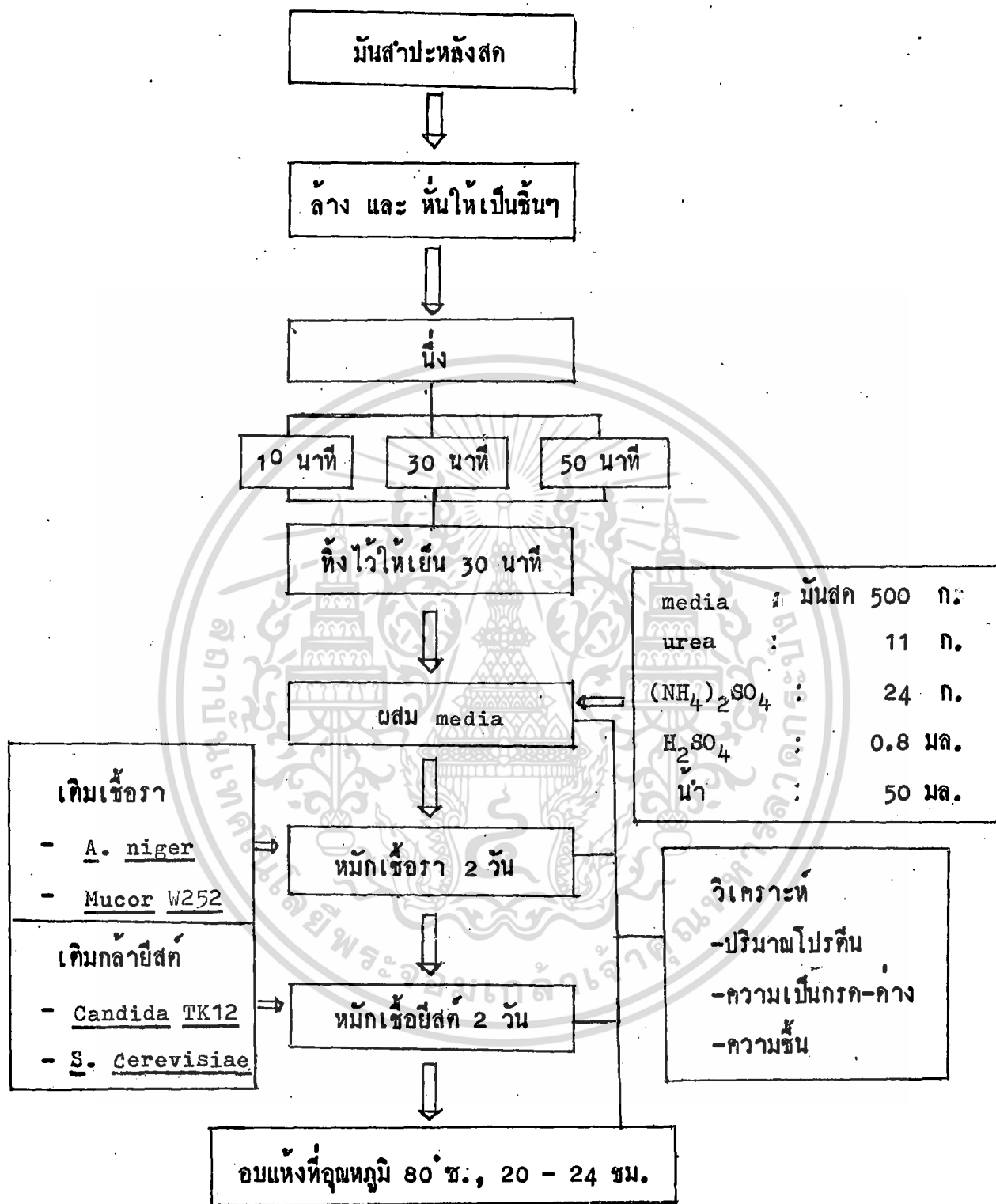
หมายเหตุ ก่อนการหมักในถังหมักขนาดใหญ่ ควรทำความสะอาดภายในถังหมักเสียก่อน แล้วพ่นน้ำลงบนผิวกระดาษสอบให้เปียกน้ำหลายๆ เมื่อน้ำตะแกรงมันสำปะหลัง หมักในข้อ (3) มาวางบนชั้นในถังหมักครบ 9 ชั้นแล้ว ปิดประตูถังหมักให้เรียบร้อย แล้วเปิดพัดลม ปรับอัตราการหยกน้ำจากสายยางลงบนผิวกระดาษสอบให้พอเหมาะ โดยให้ผิวกระดาษสอบชื้นอยู่เสมอ กังแสงในภาพที่



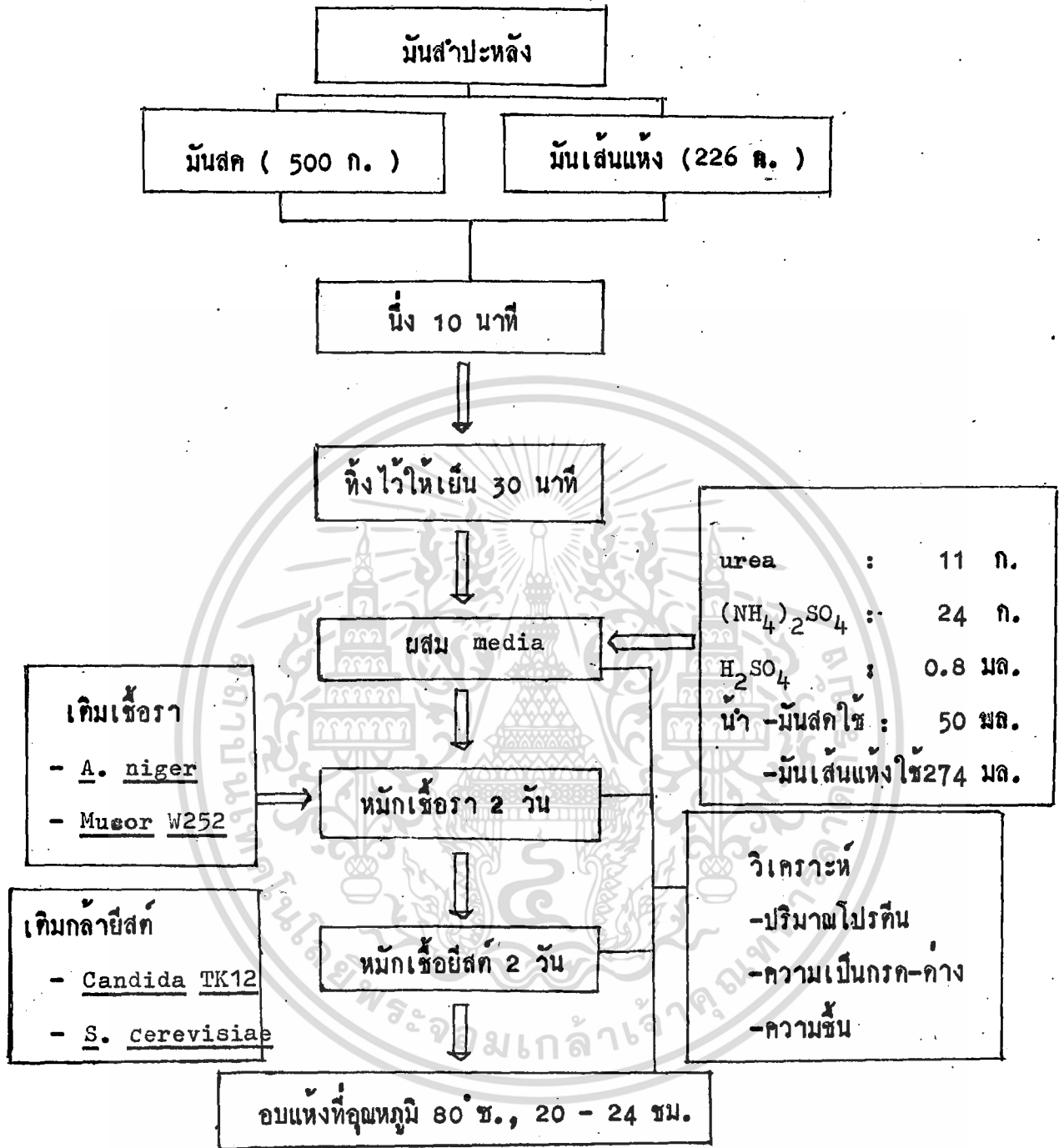


ภาพที่ 1 แผนภาพการหมักมันเส้นแห้ง เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนที่หนึ่งเวลาต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แผนภาพการหมักมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนที่หนึ่ง เวลาต่างๆกัน

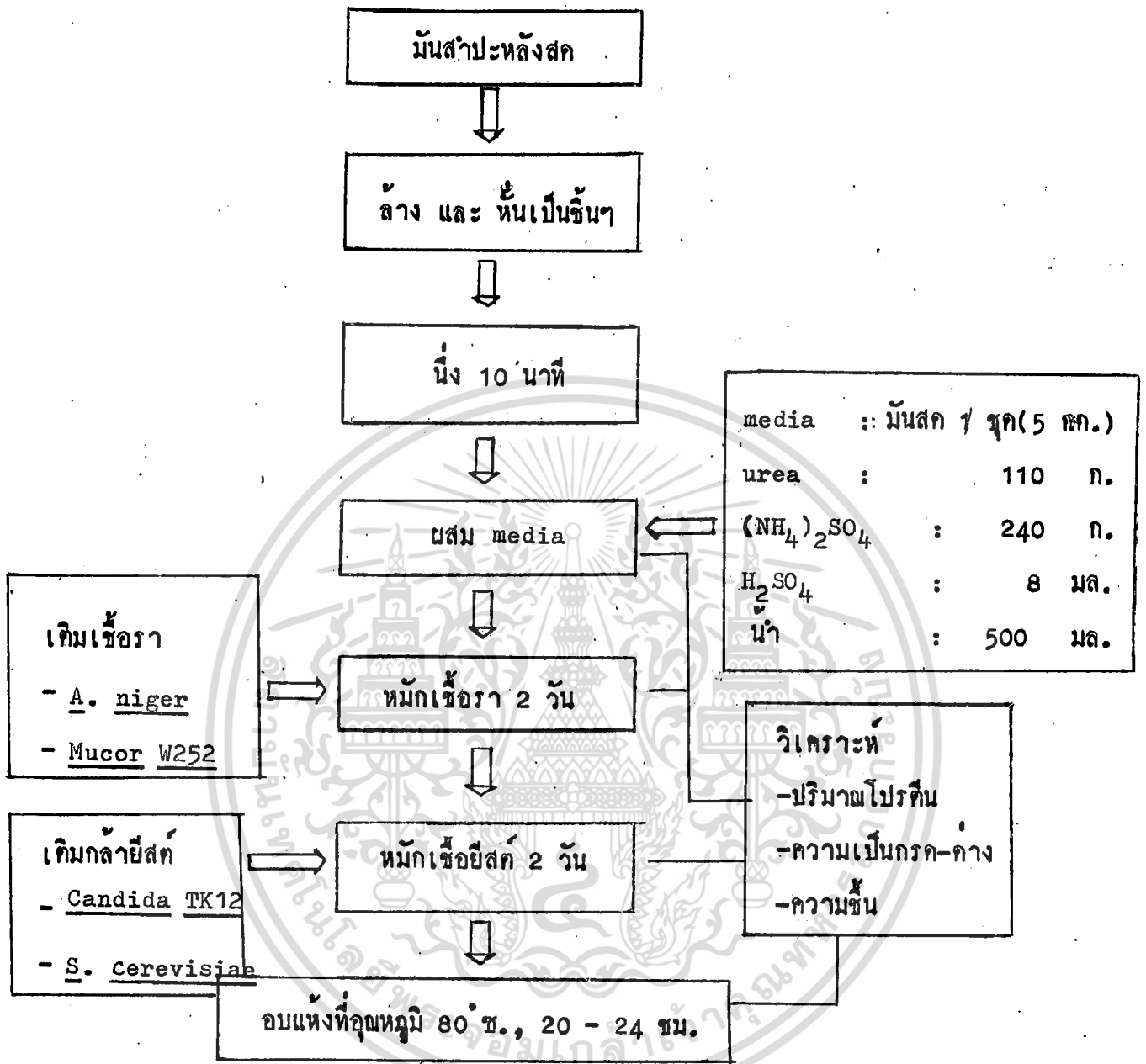


ภาพที่ 3 แผนภาพเปรียบเทียบการหมักเพื่อเพิ่มโปรตีนระหว่างมันสดและมันเส้นแห้ง

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

ศูนย์ส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรภายในเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แผนภาพการหมักมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่มโปรตีนในถังหมักขนาดใหญ่

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

1. ระยะเวลาการหนึ่งที่มีต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีนในการหมักมันสำปะหลังในถังหมักขนาดเล็ก

ตารางที่ 1 ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังที่ระยะเวลาการหนึ่งต่าง ๆ กัน *

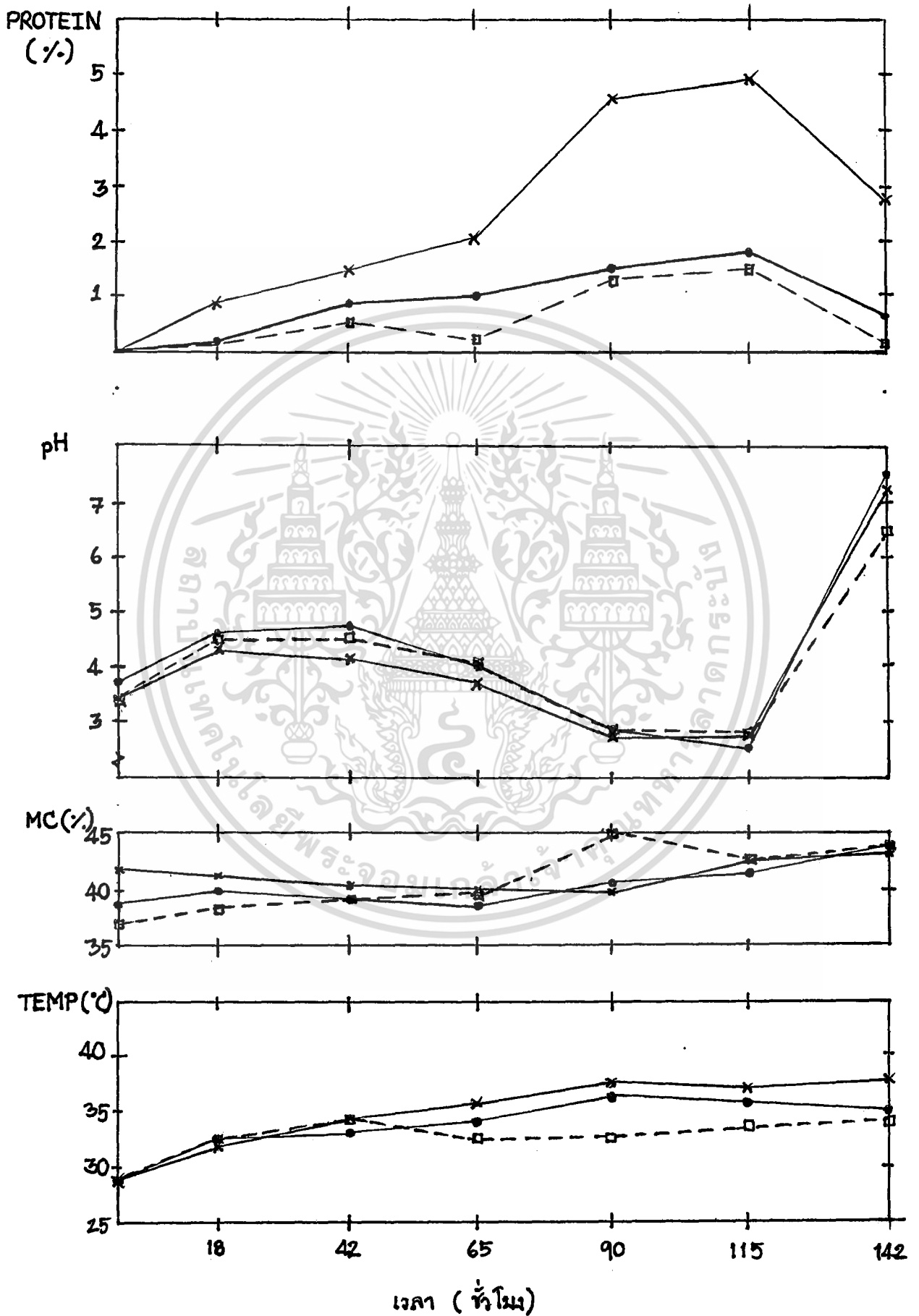
คุณสมบัติ	ครั้งที่	ระยะเวลาการหนึ่ง , นาที		
		10	30	50
ปริมาณโปรตีน ** (% ฐานแห้ง)	1	4.46	2.48	0.96
	2	5.41	1.80	2.08
	ค่าเฉลี่ย	4.94 a	2.14 b	1.52 b

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** วิเคราะห์ด้วย Kjeldahl Method ภายหลังจากการหมักสิ้นสุดลงในระยะเวลา 115 ชั่วโมง

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการหนึ่งต่าง ๆ กันมีผลต่อปริมาณโปรตีนสุดท้ายที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังคือ ที่เวลาหนึ่ง 10 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 24.30 % ที่เวลาหนึ่ง 30 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 18.87 % และที่เวลาหนึ่ง 50 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 19.95 % จากการคำนวณทางสถิติพบว่าที่เวลาหนึ่ง 10 นาที ให้ค่าความแตกต่างของปริมาณโปรตีนสุดท้ายจากที่เวลาหนึ่ง 30 และ 50 นาทีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณโปรตีนสุดท้ายที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังนั้นเลือกเวลาในการหนึ่งที่ 10 นาทีเพราะให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH และปริมาณโปรตีน ในการหมักมันเส้นแห้งที่เวลานึ่ง 10(x-x), 30(●-●), และ 50(□-□) นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังสดที่ระยะเวลาหนึ่งต่าง ๆ กัน*

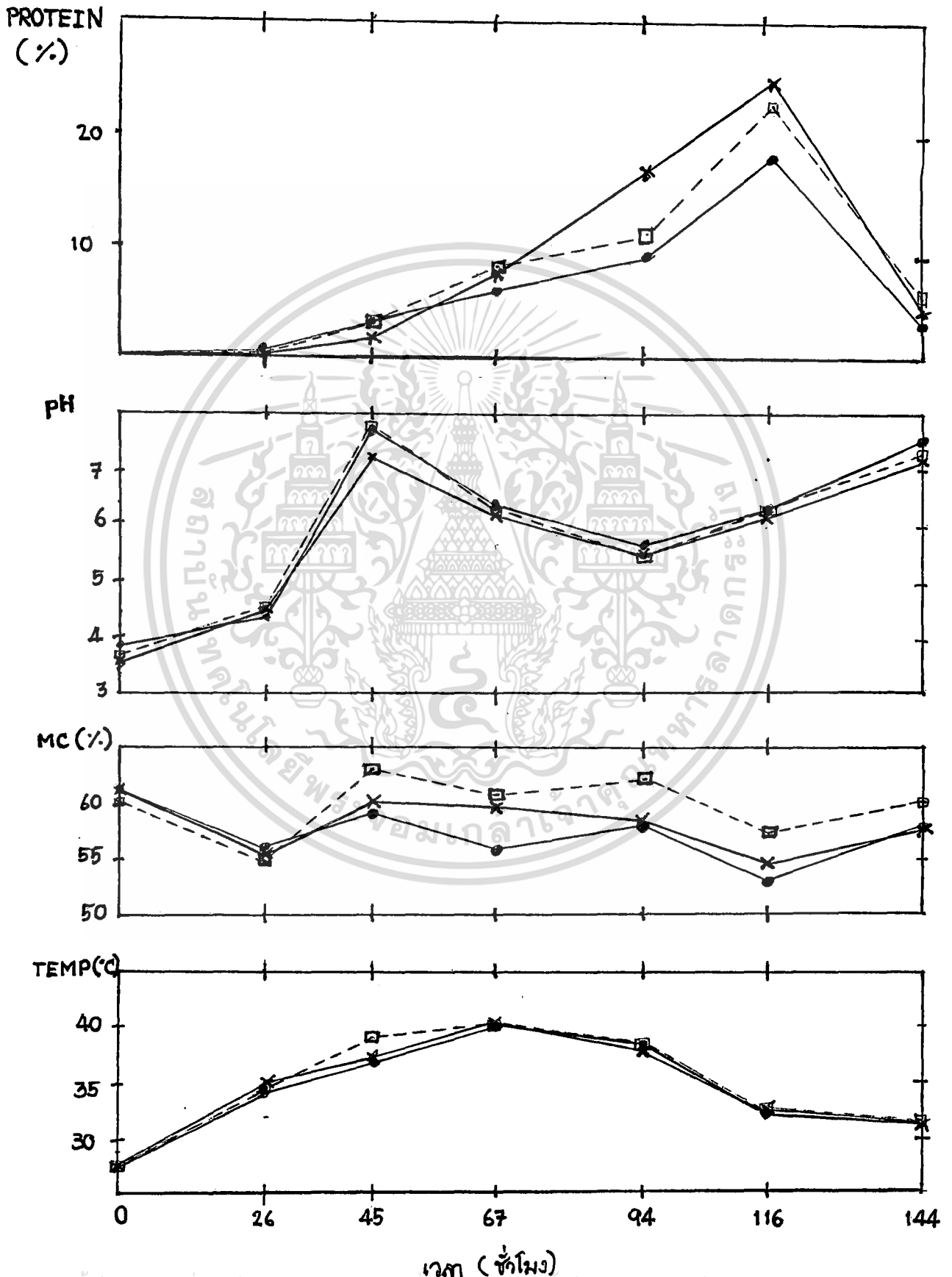
คุณสมบัติ	ครั้งที่	ระยะเวลาการนึ่ง , นาที		
		10	30	50
ปริมาณโปรตีน** (% ฐานแห้ง)	1	25.39	19.95	22.69
	2	24.69	17.95	23.12
	ค่าเฉลี่ย	25.04 a	18.47 b	22.91 a

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** วิเคราะห์ด้วย Kjeldahl Method ภายหลังจากการหมักสิ้นสุดลงในระยะเวลา 115 ชั่วโมง

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาหนึ่งต่าง ๆ กันมีผลต่อปริมาณโปรตีนสุดท้ายที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังสดคือ ที่เวลานึ่ง 10 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.04 % ที่เวลานึ่ง 30 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 18.47 % และที่เวลานึ่ง 50 นาทีได้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 22.91 % เมื่อคำนวณทางสถิติจะเห็นว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังนั้นจะเห็นว่าที่เวลานึ่ง 10 และ 50 นาที ปริมาณโปรตีนสุดท้ายที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน การเลือกใช้เวลานึ่งจึงควรเลือกที่เวลานึ่ง 10 นาที เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่ได้สูง เมื่อเทียบกับโปรตีนที่ได้จากการนึ่งมันสำปะหลังสดที่เวลา 30 และเป็นกรช่วยลดเวลาในการหมักมันให้สั้นลงดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, ความชื้น, pH , และปริมาณโปรตีนในการหมักมันส์คที่เวลานึ่ง 10 นาที(x-x), 30 นาที(●-●), 50 นาที(□-□)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักมันสำปะหลังสดและมันเส้นแห้งที่เวลานึ่ง 10 นาที*

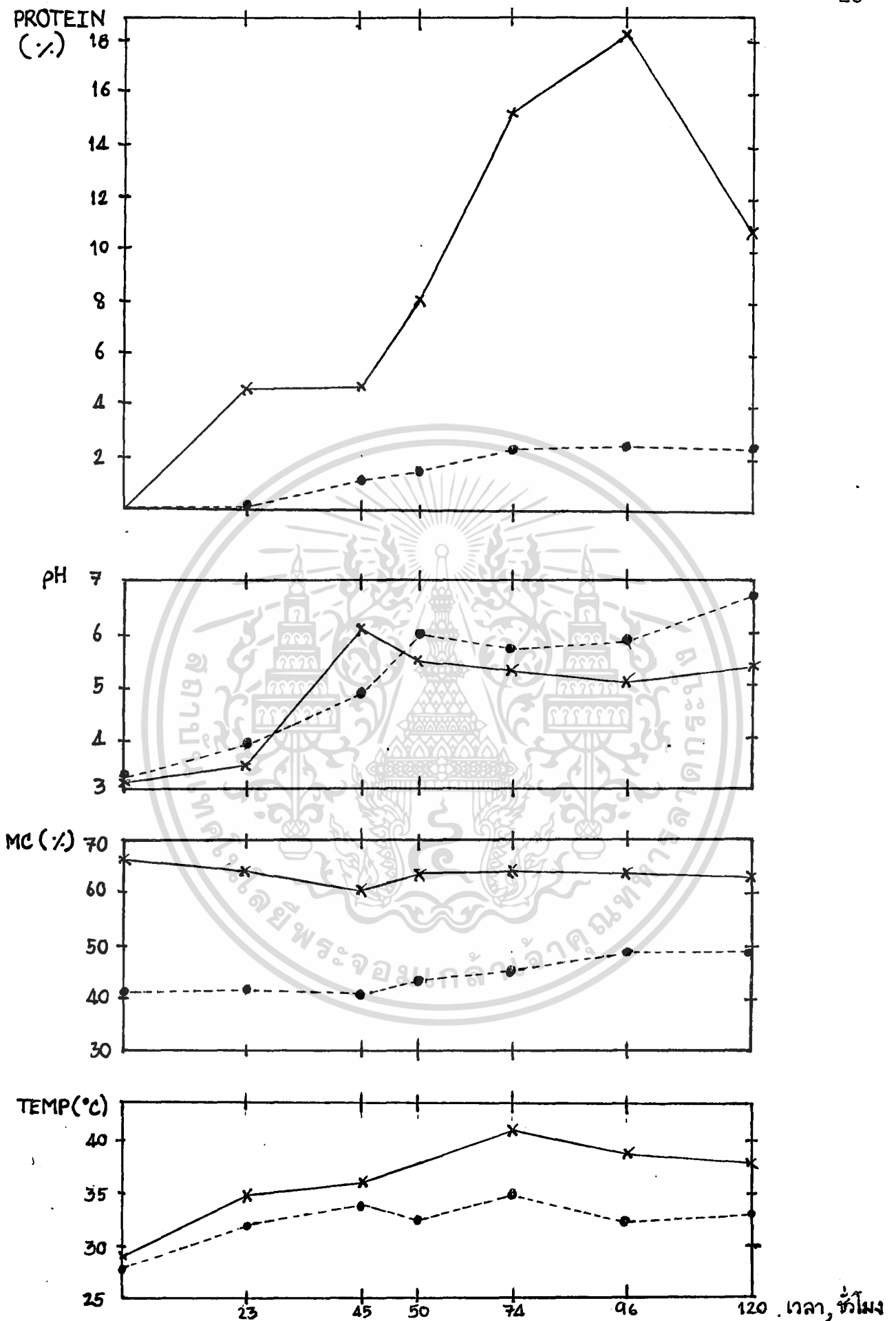
คุณสมบัติ	ครั้งที่	ชนิดของมันสำปะหลัง	
		มันสด	มันเส้นแห้ง
ปริมาณโปรตีน** (% ฐานแห้ง)	1	18.45	2.49
	2	15.20	4.15
	ค่าเฉลี่ย	16.83 a	3.32 b

หมายเหตุ * ตัวอักษรต่างกันแสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** เปรอร์เซนต์โปรตีนโดยน้ำหนักหลังจากการหมักสิ้นสุดลงในระยะเวลา 96 ชั่วโมง วิเคราะห์ด้วย Kjeldahl Method

จากตารางที่ 1 และ 2 เวลานึ่ง 10 นาทีจะเหมาะสมที่สุดในการเปรียบเทียบ

ปริมาณโปรตีนที่ได้จากการหมักเมื่อใช้วัตถุดิบในสภาพที่ต่างกัน จากตารางที่ 3 พบว่าในการหมักที่สภาวะเดียวกัน โปรตีนสุดท้ายที่ได้จากการหมักมันสดมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 42.15% และโปรตีนสุดท้ายที่ได้จากการหมักมันเส้นแห้งมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 24.55 % นั่นคือในการหมักมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มโปรตีนควรเลือกใช้มันสดเพราะ ให้ปริมาณโปรตีนสุดท้ายที่ต้องการสูงกว่าการใช้มันเส้นแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH , และปริมาณโปรตีนในการหมักมันเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้โดยไม่ขอรับค่า
 แม้ว่าการคัดลอกทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟผลการทดลอง

จากกราฟผลการทดลอง สามารถวิเคราะห์ และ สรุปได้ว่า

(1) ในขบวนการหมัก กวอร์เปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเติมยีสต์แล้ว ปริมาณโปรตีนจะลดลงเมื่อหมักมันสำปะหลังไว้นานเกินกว่า 115 ชม. ทั้งนี้เนื่องจาก การเกิด DEMINATION. เกิดการย่อยโปรตีนของเชื้อ ในขบวนการหมัก ความธรรมชาติ ไข่เป็นแอมโมเนีย ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง

(2) แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของมันสำปะหลังสด และ มันเส้นแห้ง ที่หนึ่งใช้เวลาต่างๆกัน จะคล้ายคลึงกัน คือค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงแรกของการหมักจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น หลังจากเติมยีสต์แล้วค่าความเป็นกรด-ด่างจะค่อยๆ ลดลง และในช่วงสุดท้ายของการหมัก ประมาณชั่วโมงที่ 115 ของการหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่างจะสูงขึ้น เนื่องจากแอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยโปรตีนดักไคกลาวไว้ข้างต้น

(3) ความชื้นในระหว่างการหมักมันสำปะหลังจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และลดลงเพียงเล็กน้อย

(4) อุณหภูมิในขบวนการหมักมันสำปะหลังจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการหมัก และ จะสูงสุดหลังจากเติมยีสต์แล้ว ในช่วงสุดท้ายของการหมักอุณหภูมิจะลดลง การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ จะขึ้นกับกิจกรรมการเจริญเติบโตของเชื้อรา และ ยีสต์ในขบวนการหมัก

2. ปัจจัยต่าง ๆ ในระหว่างการหมักมันสำปะหลังสดในถังหมักขนาดใหญ่

ในถังหมักขนาดใหญ่จะหมักมันสำปะหลังสดที่เวลานึ่ง 10 นาที เนื่องจากเป็นเวลานึ่งที่เหมาะสมให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดจากข้อมูลของถังหมักขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพ 8 ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นในถังหมักที่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ กันเมื่อสิ้นสุดการหมัก ค่ายเชื่อมรา*

คุณสมบัติ	ชั้นที่	ความเร็วลม , เมตร/วินาที	
		1.15	1.3
ความชื้น** (%)	1	58.10	59.50
	2	58.68	58.16
	3	56.12	57.14
	4	59.21	60.87
	5	52.88	58.71
	6	61.46	58.10
	7	68.28	59.05
	8	62.79	59.43
	9	60.31	57.15
	ค่าเฉลี่ย	59.76 a	58.68 a

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** เปอร์เซ็นต์ความชื้น ภายหลังจากการหมักสิ้นสุดลงในระยะเวลา 48 ชั่วโมง จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้ง 9 ชั้นของความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาทีมีค่าเท่ากับ 59.76 % และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์

ความชื้นทั้ง 9 ชั้นของความเร็วลม 1.3 เมตรต่อวินาทีที่มีค่าเท่ากับ 58.68 % และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความชื้นในถังหมักที่ความเร็วลมทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 5 เปรอ์เซนต์ความชื้นที่ระดับความเร็วลมต่างกันเมื่อสิ้นสุดการหมักกล้วย เชื้อยีสต์*

คุณสมบัติ	ชั้นที่	ความเร็วลม , เมตร/วินาที	
		1.15	1.3
ความชื้น ** (%)	1	56.16	40.73
	2	45.88	43.97
	3	47.04	48.07
	4	43.06	43.56
	5	50.19	45.58
	6	52.29	56.83
	7	54.59	49.79
	8	59.24	45.72
	9	53.72	47.07
		ค่าเฉลี่ย	51.35 a

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** เปรอ์เซนต์ความชื้นภายหลังการหมักสิ้นสุดลงในระยะเวลา 96 ชั่วโมง จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์ความชื้นทั้ง 9 ชั้นของความเร็วลม 1.15 เมตรต่อวินาทีที่มีค่าเท่ากับ 51.35 % และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์ความชื้นทั้งชั้น 9 ชั้นของความเร็วลม 1.3 เมตรต่อวินาทีที่มีค่าเท่ากับ 47.92 % จากการ

วิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ผลของความเร็วลมทั้งสองต่อความชื้นในถังหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 6 ปริมาณโปรตีน (% BSA) ในแต่ละวันของการหมักมันสำปะหลังสดในถังหมักขนาดใหญ่วัดที่ระดับความเร็วลมต่างกัน*

คุณสมบัติ	ชั้นที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	วันที่		ชั้นที่	
			1	2	3	4
โปรตีน **	1	1.15	15.00	20.00	59.00	45.00
		1.3	7.50	7.80	34.00	40.00
	2	1.15	15.50	23.75	56.25	50.00
		1.3	6.50	7.40	37.00	20.50
	3	1.15	13.00	22.00	31.25	26.00
		1.3	8.00	7.20	24.00	16.00
	4	1.15	13.25	17.00	35.50	24.00
		1.3	8.10	12.00	23.00	12.00
	5	1.15	16.25	18.50	11.00	24.00
		1.3	7.00	7.00	9.50	29.50
	6	1.15	15.00	18.50	31.25	40.00
		1.3	7.50	14.00	36.00	10.50
	7	1.15	17.50	19.50	18.75	5.00
		1.3	4.50	6.00	13.50	25.50
	8	1.15	15.00	17.00	10.00	8.00
		1.3	5.70	8.50	28.00	22.50
	9	1.15	15.25	20.50	16.00	8.50
		1.3	4.50	6.50	40.00	21.50

ตารางที่ 6 (ต่อ)

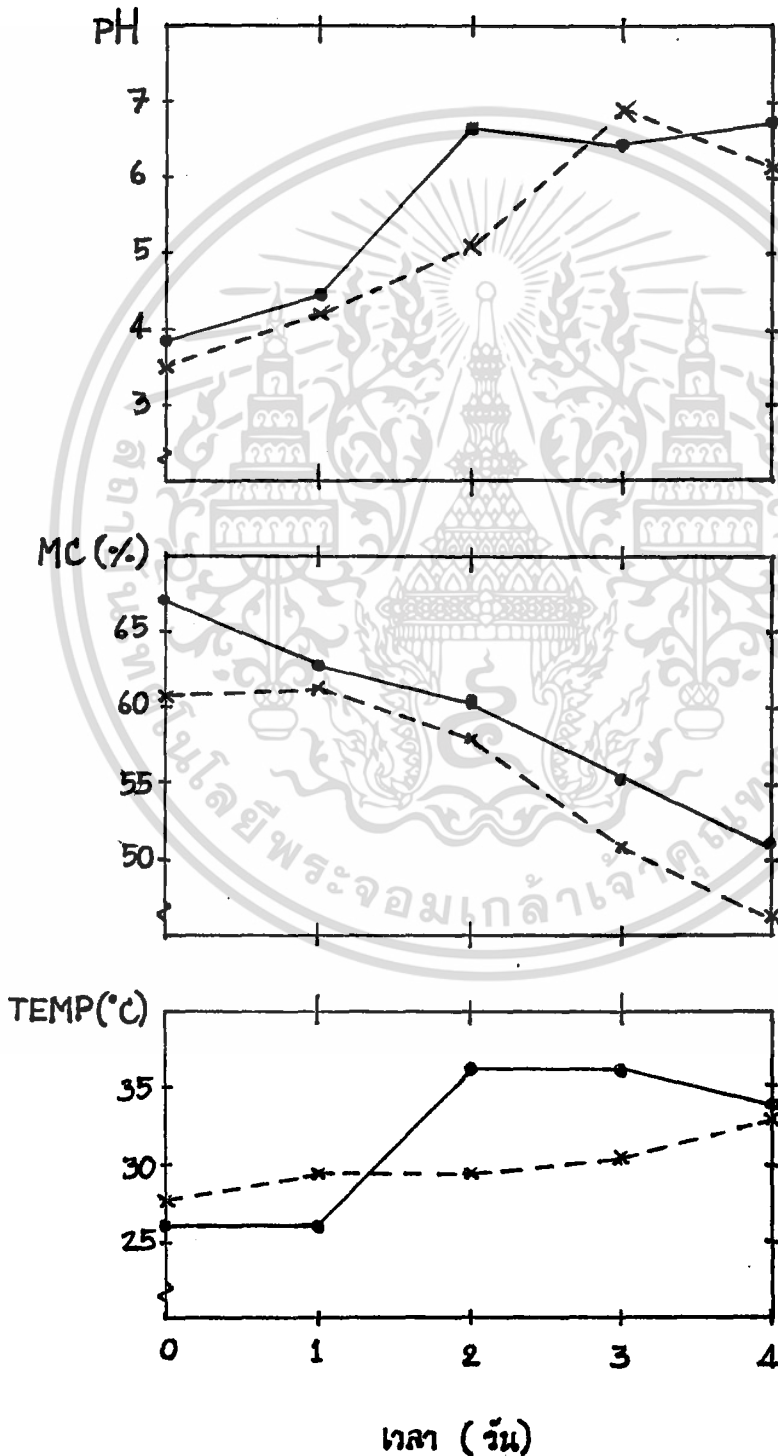
คุณสมบัติ	ชั้นที่	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	วันที่	วันที่	วันที่	วันที่
			1	2	3	4
โปรตีน	ค่าเฉลี่ย	1.15	15.08 ^a	19.64 ^c	28.89 ^e	25.61 ^f
		1.3	6.59 ^b	8.49 ^d	27.22 ^e	22.00 ^f

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** ปริมาณโปรตีนคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ของ BSA (Bovin Serum Albumin) เมื่อวิเคราะห์ด้วย Biuret Method ดังแสดงในภาคผนวก ก

จกตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ในวันแรกของการหมักที่ความเร็วลม 1.15 เมตร/วินาทีให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) เฉลี่ยเท่ากับ 15.08 % ซึ่งแตกต่างจากการหมักวันแรกที่ความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาทีให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) เฉลี่ยเท่ากับ 6.59 เมตร/วินาที ในวันที่ 2 ของการหมักที่ความเร็วลม 1.15 เมตร/วินาทีให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) เฉลี่ยเท่ากับ 19.64 % ซึ่งแตกต่างจากที่ความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาทีให้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.49 % สำหรับในวันที่ 3 ของการหมักที่ความเร็วลม 1.15 เมตร/วินาที ให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) เฉลี่ยเท่ากับ 28.89 % และที่ความเร็วลมเท่ากับ 1.3 เมตร/วินาที ให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 27.22 % จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และในวันสุดท้ายของการหมัก ที่ความเร็วลม 1.15 เมตร/วินาทีให้ปริมาณโปรตีน (% BSA) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.61 % และที่ระดับความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาที ให้ปริมาณโปรตีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 22.00 % จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 8 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, pH ตลอดช่วงเวลาการหมักมันสดในถังหมักขนาดใหญ่ ที่ความเร็วลม 1.15 เมตร/วินาที (●—●) และที่ความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาที (*---*)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะการหมักมันสำปะหลังสดในถังหมัก



ถังหมักขนาดเล็ก



ถังหมักขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของมันสำปะหลังสดที่เวลานึ่ง 10, 30, 50 นาที



มันสำปะหลังสดหมักภายหลังจากสุกขึ้นก่อนการหมักและอบแห้งแล้ว

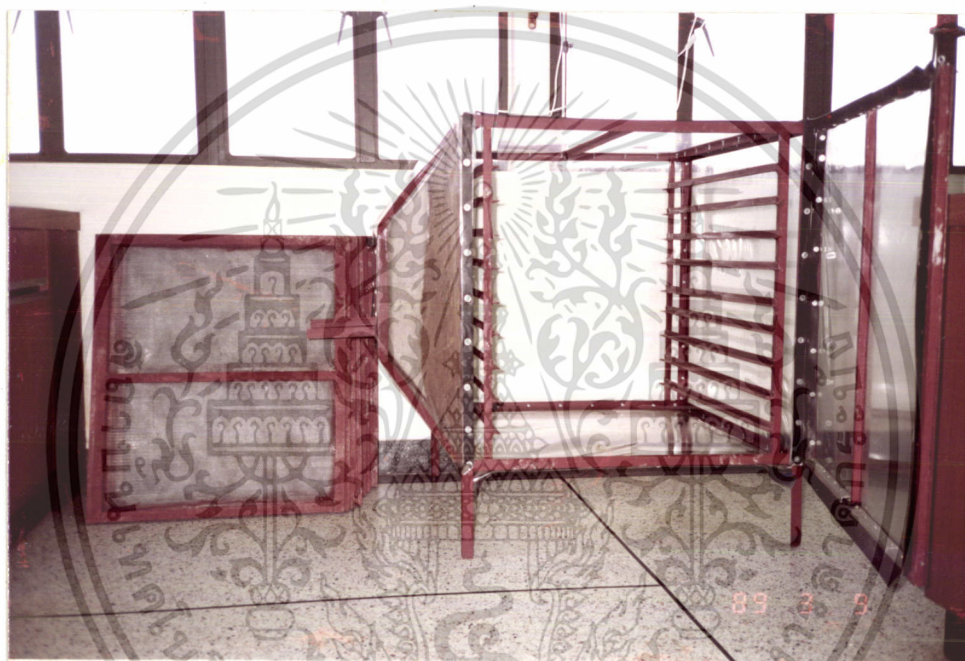
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะมันสำปะหลังหมักภายใต้การเค็มยีสต์ ในถังหมักขนาดเล็ก



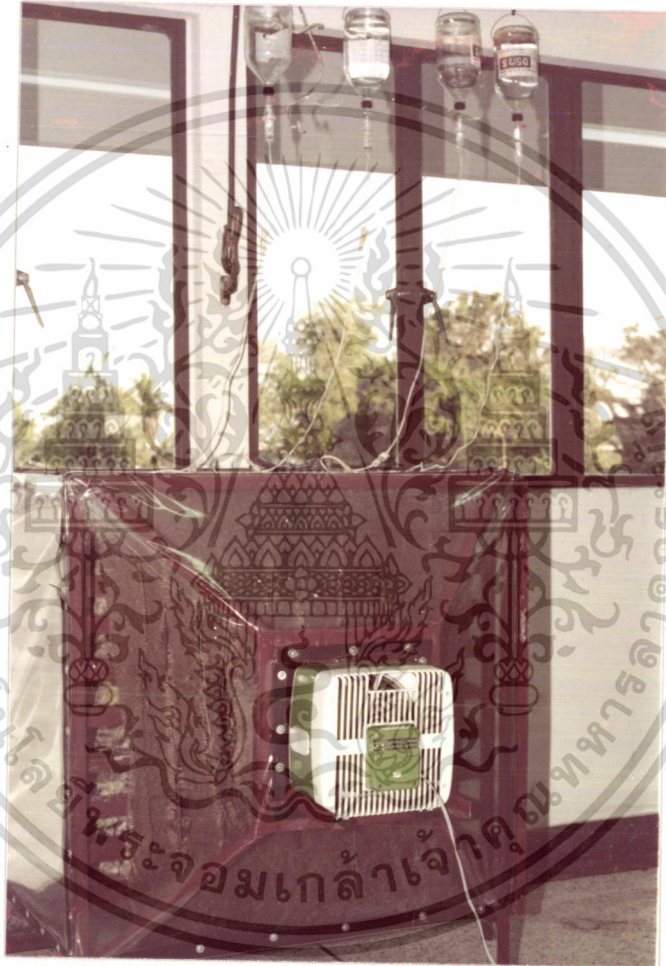
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะภายในดงหมักขนาดใหญ่ และ ตะแกรงที่ใช้สำหรับรอง
มันสำปะหลังหมักแต่ละชั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และ การควบคุมระบบความชื้น (การให้น้ำ) ในถังหมักขนาดใหญ่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 แสดงการเจริญของเชื้อรา 2 วันก่อนการเคี้ยวสัตว์ในการหมักมันสำปะหลังสด บนชั้นต่าง ๆ ในถังหมักขนาดใหญ่

ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



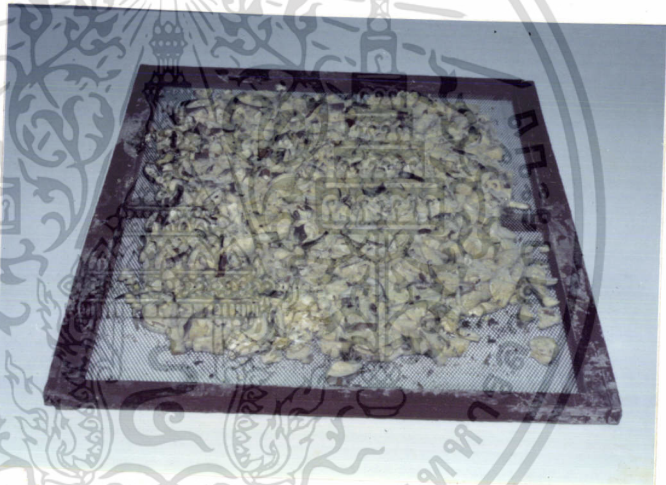
ชั้นที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชั้นที่ 4



ชั้นที่ 5



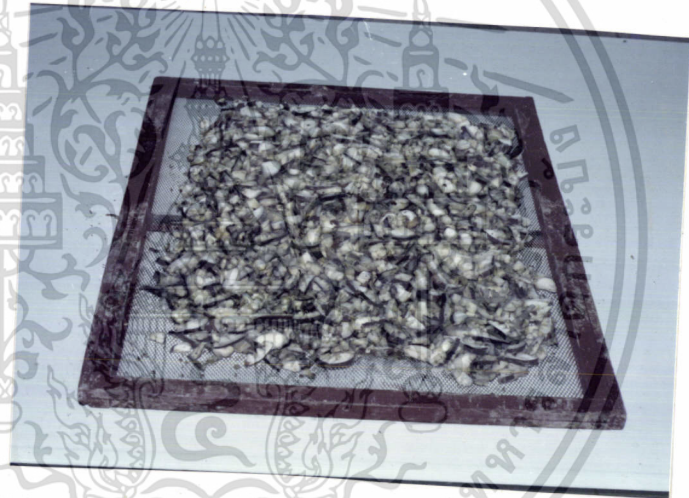
ชั้นที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 7



ชั้นที่ 8



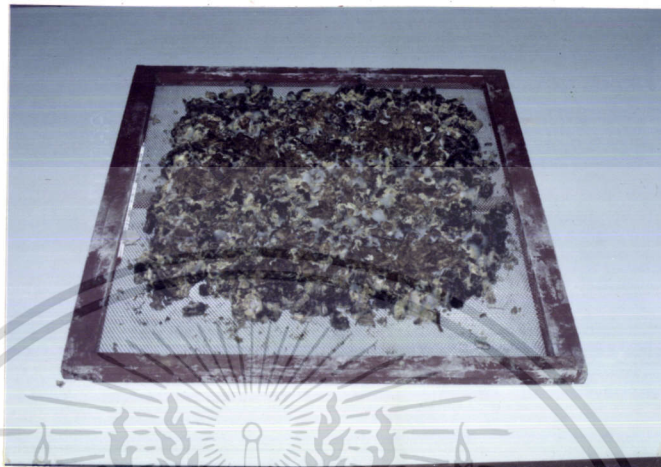
ชั้นที่ 9



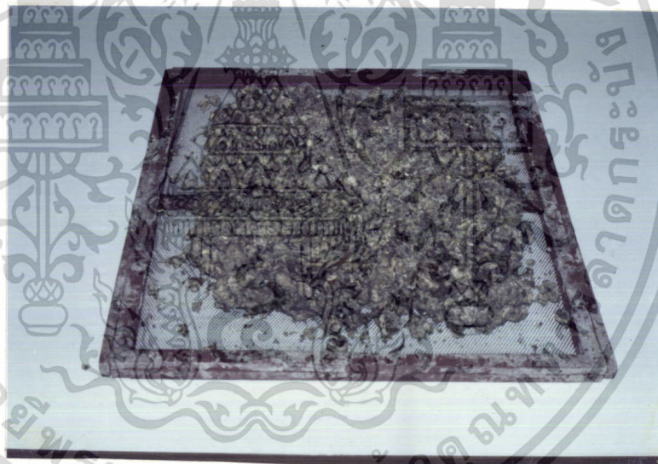
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 แสดงการเจริญของเชื้อราและยีสต์ในการหมักมันสำปะหลังสดหลังการเค็มยีสต์แล้ว 2 วัน บนชั้นต่าง ๆ ในถังหมักขนาดใหญ่

ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 4



ชั้นที่ 5



ชั้นที่ 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชั้นที่ 7



ชั้นที่ 8



ชั้นที่ 9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลกลลทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการนึ่งมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มโปรตีนควรใช้ 10 นาที
2. มันสำปะหลังสดมีความเหมาะสมที่จะใช้ เป็นวัตถุดิบในการหมัก เพื่อเพิ่มโปรตีนมากกว่ามัน เสนแห้ง เนื่องจากการหมักมันสำปะหลังสดจะให้ปริมาณโปรตีนมากกว่า
3. ในขบวนการหมักเพิ่มโปรตีนนี้ เชื้อราและยีสต์ที่เจริญบนมันสำปะหลังจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ ในช่วงแรกของการหมักด้วยรา A. niger และ Mucor W252 ปริมาณโปรตีนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นพร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นของ pH และอุณหภูมิ และหลังจาก เติมยีสต์แล้วปริมาณโปรตีนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมกับการลดลงของ pH และอุณหภูมิ และหลังจากหมักไปแล้ว เป็นเวลา 115 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีนจะลดลง ในขณะที่ pH จะสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกิด DEAMINATION เกิดการย่อยสลายโปรตีน ได้เป็นแอมโมเนีย อันเนื่องมาจากกิจกรรมของ เชื้อในการหมักตามธรรมชาติ ซึ่งเราจะโคกกลิ่นแอมโมเนียในช่วงสุดท้ายของการหมัก แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะมีผลทำให้ค่า pH ในช่วงนี้สูงขึ้น ด้วย
4. จากการหมักมันสำปะหลังสดเพื่อเพิ่มโปรตีน พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการหมักด้วยรา A. niger และ Mucor W252 ประมาณ 48 ชั่วโมง หรือ 2 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่เชื้อราให้เส้นใยขาวสวย ยึดเกาะมันแต่ละชนิดติดกันแน่นและมีสปอร์สีดำของ A. niger ขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับเวลาที่เหมาะสมสำหรับการหมักยีสต์คือ 67 ชั่วโมง หรือที่ 115 ชั่วโมง นับตั้งแต่เริ่มหมักด้วยราจะให้ปริมาณโปรตีนสูงสุด
5. จากการหมักมันสำปะหลังสด ซึ่ง เป็นการทดลองในถังหมักขนาดเล็ก จะให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่าการหมักในถังหมักขนาดใหญ่ ทั้งนี้อาจ เนื่องจากการหมักในถังหมักขนาดเล็ก จะมีการระบายความร้อน และการถ่ายเทอากาศได้ดีกว่า นอกจากนี้การควบคุมปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ทำได้ง่ายกว่า
6. ประสิทธิภาพของถังหมักขนาดใหญ่ยังไม่ดีเท่าที่ควร ลมจากพัดลมยังกระจายไม่ถึงถึง และเกิดการสะสมของน้ำส่วนเกินที่พื้นของถังหมัก ทำให้ช่วง 3 ชั้นสุดท้าย (ชั้นที่ 7, 8 และ 9) ของถังหมัก มีความชื้นสูงเกินไป ทำให้เชื้อราและยีสต์เจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจ เนื่องจากตำแหน่งของพัดลมยังไม่เหมาะสม

ขอเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาตำแหน่งของพืดลม หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพในการกระจายลมให้ทั่วทั้งถังหมัก และควรมีท่อระบายน้ำส่วนเกินออกจากพื้นกลางของถังหมัก เพื่อลดการสะสมของความชื้นในส่วนกลางของถังหมัก
2. ควรหาวิธีแก้ไขการวิเคราะห์หาโปรตีนโดยวิธี Biuret Method เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากสปอร์ของ A. niger มีสีน้ำตาล ทำให้สารละลายตัวอย่างที่จะนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสีน้ำตาลของสปอร์นี้อาจมีส่วนรบกวนการวัดการดูดกลืนแสงได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้ผิดพลาด



เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2520. การปลูกมันสำปะหลัง. เอกสารทางวิชาการที่ 15
 กฤษณาและมดจ. พิษณุตร สวัสดิวัฒน์. 2521. ปฏิบัติการและหลักการเบื้องต้นในวิชาซีอิ๊วเคมี.
 โครงการตำราศิริราช. 202 น.
- จัญญ คำนวนตา และ จัญญ เจกนะจิตร. 2529. สัมมนาการเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังโดย
 การหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
 ช่อทิพย์ หล่อรุ่งเรือง. 2530. การเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังโดยวิธี
 เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
 ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ทอสกุลแก้ว. 2524. อัลฟาโทกซิน. ภาควิชาสัตววิทยา
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 159 น.
- ประวิทย์ เพิ่มสินทวี. 2519. สัมมนาการใช้ยีสต์เพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลัง. ภาควิชา
 วิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- รุ่งโรจน์ มธุรส. 2523. การเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังโดยการหมัก. วารสารวิทยาศาสตร์
 การอาหาร 12(1). -22
- วิษุพร ว่องสุวรรณเลิศ. 2523. จุลินทรีย์โปรตีนจากมันสำปะหลังโดย
 กะยีสต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สาโรช คำเจริญและ เยาวมาลัย คำเจริญ. 2528. การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์
 สุกกร เบ็ค ไก่. วารสารเผยแพร่ฉบับที่ 1 ชุมนุมสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกรจำกัด. 34 นร
 สมคิด วันภาคจุฬ. 2521. การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์เพื่อผลิตเป็นอาหารสัตว์โดยวัดคุณสมบัติประ
 ประเภทแป้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สวัสดิ์ ชรรมนบุตร, เสริมชาติ ฉายประสาธ และ อุทัย พิสนเทศ. 2517. การเพิ่มโปรตีนของ
 มันสำปะหลังและข้าวโพดโดยใช้ยีสต์. รายงานประจำปี 2517 สำนักงานเกษตรภาค
 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น.
- ศุภพงศ์ ภูพานะพันธุ์. คร. 2529. สัมมนาการเพิ่มโปรตีนมันสำปะหลังโดยการหมักเพื่อเป็น
 อาหารสัตว์. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

- Adriano, F.T., H.T. Ramos. and T.A. Anaivez. 1931. The Proximate Chemical Analysis of Philippine Foods and Feeding Stuffs. III . In N.B.M. Mendiola (ed.) Cassava Culture and Preparation of Cassava Products. The Farmer's Guider Publishing, Philippines
- Banwart, G.T. 1979. Basic Food Microbiology. The AVI Publishing Co., Inc.,
- Brook, E.J. 1969. Fermentation Methods for Protein Enrichment of Cassava. Biotechnology and Bioengineering. 11: 1271-1282
- Cannel, E. and M. Moo Young. 1980. Solid State Fermentation Systems. Process Biochemistry. June/July, p 2-7
- Charlotte, B., G.W. Rambo and G.A. Bean. 1972. Inhibition of Aspergillus flavus Aflatoxin Production by Aspergillus niger Phytopath. 62: 668
- Gregory, K.F., A.E. Reade., G.L. Khor., J.C. Alexander., J.H. Lumsden and G. Loses. 1976. Conversion of carbohydrates to Protein by High Temperature Fungi. Food Technol. 30: 30-35
- Gregory, K.F. 1977. Cassava as a Substrate for Single Cell Protein Product. In Microbiological Aspects.
- Imrie, F.K.E. 1976. Carbohydrate as Substrate for SCP Production. Unpublished Paper UNESCO. Training Course Kasetsart University. 167 p
- Hesseltine, C.W. 1977. Solid State Fermentation Part 2. Process Biochemistry. November. 29
- Johnson, R.M. and W.D. Raymond. 1965. The Chemical Composition of some Tropical Food Plants 4. Manioc. Tropical Sci. 7(3): 109-115
- Kumnuanta, J. 1976. Choice of Microorganisms for Single Cell Protein. Regional/UNESCO/IDRC, Training Course Bangkok, Thailand
- Laukevics, J.J., A.F. Apsite., A.F. and U.E. Vieturs. 1984. Solid

- Substrate fermentation of Wheat Straw to Fungal Protein.
Biotech Bioeng. 29: 1465-1474
- lodder, J. 1974. The Yeast, a Taxonomy. Study North Holland Publishing Co., Amsterdam. 1385 pp
- Moore Landecker, E. 1972. Fundamentals of Fungi. Prentice-Hall. Inc Englewood Cliffs. New Jersey.
- Onwueme, I.C. 1978. The Tropical Tuber Crops. John Wiky and Sons. New York. 571 p
- Raimbault, M., A. deschampa., F. Meyer., F. and J.C. Senez. 1977. Direct Protein Enrichment of Starchy Products by Fungal Solid Fermentation. Proc Giam V. Marseille, France
- Rose, A.S. and J.S. Harrison. 1971. The Yeast Volume 2. Academic Press. Inc. New York. 571 p
- Senez, J.C. 1980. Solid State Fermentation of Starchy Substrate. Bioconversion of Organic Residues for Rural Communities. The United States University
- Silman, R.W. 1980. Enzyme Formation During Solid Substrate Fermentation on Rotating Vessls. Biotech Bioeng. 22: 411-420
- Strasser, J., J.A. Abbott and R.F. Battey. 1970. Process Enriched Cassava with Protein. Food Eng. 42(5): 112-116
- Suga, K. 1975. Biotech Bioeng. 17: 185
- Synder, E.E. 1970. Microbial Source of Protein. Adv. Food Res. 18: 85-140
- Trerelyan, W.E. 1970. The Enrichment of Cassava with Protein by Moist Solids Fermentation. Tropical Science. 16(4): 179-194
- Windish, W.W. and N.S. Mhatre. 1965. Microbial Amylase. Adv. in Appl Microbial. 7: 273-304

Kushner, D.J. 1978. Microbial Life in Extreme Enrichments University
of Ottawa

Bautista. 1988. Protein Enrichment of Cassava by Solid Substrate
Fermentation. A Thesis for the Degree of Master of Science.
AIT Bangkok Thailand



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์การวิเคราะห์หาความชื้น

นำตัวอย่างมาประมาณ 3 - 5 กรัม (ชั่งละเอียด) ใส่ใน

ซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°ซ. เป็นเวลา 3 ชม. แล้วนำตัวอย่างมาทิ้งไว้ให้เย็นในเคสเคเตอร์ ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักสุดท้าย คำนวณหาน้ำหนักมัน และความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 10 มล. บดตัวอย่างให้ละเอียดในน้ำกลั่น ทิ้งไว้ประมาณ 1/2 ชั่วโมง นำไปวัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธีของ Kjeldahl Method (ดัดแปลง จาก AOAC 2.055, 1984) และวิธี Biuret Method (กฤษณาและคณะ, 2524)

KJELDAHL METHOD

1. อุปกรณ์

- 1) Kjeldahl flask
- 2) Erlenmeyer flask, 500 ml
- 3) ปิวเรต
- 4) บีกเกอร์, 250 ml
- 5) เตาสำหรับยอนพร้อมด้วยเครื่องดูดควัน
- 6) เตาสำหรับต้มน้ำพร้อมด้วยหลอดกลั่น

2. สารเคมี

- 1) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)
- 2) ค่ะตะลีสผสม
ผสม 7 ส่วนของคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และ 100 ส่วนของโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- 3) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) 45%
- 4) สารละลายกรดบอริก (HBO_3) 4%
- 5) สารละลายมาตรฐาน 0.1N. กรดซัลฟูริก
- 6) อินดิเคเตอร์ผสม
ผสม 100 ml ของ 0.1% methyl red และ 200 ml ของ 0.2% bromogresol green ในสารละลาย 95% ethanol

3. วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม (โดยละเอียด) ห่อด้วยกระดาษกรองที่ปราศจาก N_2 ใส่ลงใน Kjeldahl flask เติมค่ะตะลีสผสมประมาณ 10 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 ml

- 2) นำไปย่อยบนเตาย่อยที่เปิดเครื่องดูดควันไว้เรียบร้อยแล้ว ใช้ความร้อนต่ำในตอนแรก แล้วค่อย ๆ เพิ่มความร้อนหลังย่อยไปแล้วประมาณ 5 นาทีจนกระทั่งได้สารละลายเป็นสีฟ้าใสไม่มีตะกอน ปิดเตาย่อยและทิ้งให้เย็นและหมกควัน
- 3) บีเบตกรบอริก 4% 100 ml ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 ml หยดอินดิเคเตอร์ขมลงไป 2-3 หยด ได้สารละลายสีชมพู นำไปวางใต้เครื่องกลั่น เอาปลายหลอดนำก๊าซจุ่มไว้ที่อยู่ในสารละลาย
- 4) เค็มน้ำกลั่นใน 100 ml ใน Kjeldahl flask ที่เย็นและหมกควันแล้ว ค่อยรินสารละลาย NaOH 45% จำนวน 100 ml ให้ไหลไปตามข้างของ flask ใส่ชิ้นสังกะสีประมาณ 2-3 ชิ้นเพื่อเร่งปฏิกิริยา รินน้ำ flask ต่อเข้าเครื่องกลั่นทันที
- 5) กลั่นประมาณ 15 นาที หรือนานกว่านี้จนแน่ใจว่า N_2 ออกมาหมด สารละลายบอริกจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวใส (อาจทดสอบโดยใช้กระดาษลิตมัส ถ้าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าก๊าซแอมโมเนียออกมาไม่หมด) ยก flask ที่ใส่บอริกออก เอา flask ใหม่ที่ใส่น้ำกลั่น 100 ml ไปวางแทน แล้วปิดเตา ทิ้งให้เย็นจะเกิดตกกลับเอง
- 6) นำกรบอริกสีเขียวที่ได้ไปไทเทรตกับ H_2SO_4 0.1 N อ่านปริมาตร (V_1) จะให้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน
- 7) ทำ Blank โดยทำการทดลองเช่นเดิมโดยไม่ใส่ตัวอย่าง ไทเทรตกับ H_2SO_4 ได้ปริมาตรเป็น (V_2)

4. การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณแอมโมเนีย (V)} &= V_2 - V_1 \\
 \text{ความเข้มข้นกรบอริก} &= N \\
 \text{น้ำหนักตัวอย่าง (ละเยือก) , g} &= W_s \\
 \% \text{ Crude Protein} &= \frac{1.4(6.25VN)}{W_s}
 \end{aligned}$$

BIURET METHOD

1. อุปกรณ์

- 1) Volumetric flask, 25 ml
- 2) Test tube
- 3) Pipette
- 4) Water bath
- 5) Spectrophotometer
- 6) Erlenmayer flask

2. สารเคมี

- 1) สารละลายโปรตีนมาตรฐาน (10mg/ml) โดยใช้ Bovin Serum Albumin
- 2) สารละลายโปรตีนสำหรับใช้ทดสอบ
- 3) Biuret reagent
ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ 1.5 กรัม และ Rochelle Salt
(Sodium potassium tartrate, $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) 6.0 กรัม ในน้ำกลั่น
500ml คอย ๆ เติมสารละลาย 10% NaOH 300 ml ลงไปในขณะที่คน
อยู่เรื่อย ๆ ทำให้ได้ปริมาตรเป็น 1 ลิตร คายน้ำกลั่น

3. วิธีการทดลอง

- 1) บรรจุน้ำสารละลายโปรตีนมาตรฐาน 0.1 กรัมลงใน Volumetric flask 25 ml
ทำเป็น stock ของโปรตีนมาตรฐาน
- 2) บรรจุน้ำสารละลายโปรตีนมาตรฐาน 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30,
0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 1.00, ml. ลงในหลอดทดลอง แค
ละปริมาตรควรทำซ้ำ เติมน้ำลงไปปรับปริมาตรให้แน่นอนในแต่ละหลอดเท่ากับ
1 ml จึงตารางต่อไปนี้

หลอดที่	ปริมาตรโปรตีน (ml)	ความเข้มข้นโปรตีน (mg/ml)	ปริมาตรน้ำ (ml)
1	0	0	1.0
2	0.05	0.5	9.5
3	0.10	1.0	9.0
4	0.15	1.5	8.5
5	0.20	2.0	8.0
6	0.25	2.5	7.5
7	0.30	3.0	7.0
8	0.40	4.0	6.0
9	0.50	5.0	5.0
10	0.60	6.0	4.0
11	0.70	7.0	3.0
12	0.80	8.0	2.0
13	1.00	10.0	0.0

- ในขณะที่เดียวกันสำหรับโปรตีนที่ต้องการทดสอบ แต่ละตัวอย่างเตรียมอีกสองหลอด แต่ละหลอดบรรจุสารละลายโปรตีน 1 ml สำหรับ alkali ใช้ 2 ml
- 3) ทำ Blank ของโปรตีนมาตรฐานโดยใช้โปรตีนมาตรฐาน 1 ml ผสม น้ำกลั่น 4 ml สำหรับตัวอย่าง * ใช้ตัวอย่าง 1 ml ผสมน้ำกลั่น 4 ml เช่นกัน
- 4) เติมสารละลาย Biuret 4.0 ml ลงไปในแต่ละหลอด เขย่า ให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 570 nm. ถ้า การดูดกลืนแสงที่ได้จากสารที่ต้องการทดสอบสูงกว่า 0.8 ควรทำซ้ำโดยใช้ ปริมาตรสารละลายโปรตีนน้อยลงหรือเจือจางก่อนใช้ และถ้าการดูดกลืนแสงน้อยกว่า 0.05 ควรทำซ้ำโดยใช้ปริมาตรโปรตีนเพิ่มมากขึ้นหรือเตรียมสารละลายที่ ทดสอบเข้มข้นกว่านี้

4. วิธีแสดงผลการทดลอง

เขียนกราฟมาตรฐาน (Standard curve) ระหว่างการดูดกลืนแสง และปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 1

* การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่าง 10.5 กรัม เติมสารละลาย NaOH 0.1N 25 ml นำไปแช่ใน water bath นาน 60 นาที กรองแล้วบีบตัวอย่างมา 1ml เติมสารละลาย Biuret 4 ml เขย่า ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร



ภาพที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์โดย BIURET METHOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การ เตรียมสปอร์ เชื้อรา

เชื้อราที่ใช้ใช้ในการหมักมันสำปะหลังสด ใช้เชื้อผสมระหว่าง Aspergillus niger และ Candida sp ซึ่งเป็นเชื้อที่แยกได้จากมันสำปะหลัง เส้นตากแห้ง

เวลา เตรียมสปอร์กล่าเชื้อ (Seed Spore)

ซึ่งปลายข้าวประมาณ 10-15 กรัม ใส่พลาสติกหรือชวคขนาดประมาณ 200-250 ม.ล. เติมน้ำลงไปใหม่มีความชื้น 30-35 เปอร์เซ็นต์ นำไปนึ่งให้สุก แล้วนำมาแช่ในภาคน้ำตาล ผสมน้ำอครา 2 ต่อ 1 เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้เส็ดคหน้า นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 121° ซ 15 นาที ใส่น้ำละลายสปอร์ลงไป 1 ม.ล. (10^9 เซล.) เข้าให้สปอร์กระจาย แล้วล้างพลาสติกหรือชวคให้เมล็ดข้าว เกาะติดข้าวพลาสติกหรือชวคให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิเหมาะสม 4-5 วัน

การ เตรียมสปอร์

นำปลายข้าวประมาณ 5 ก.ก มาชอน้ำให้สะอาด แล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 1 ช.ม. หอควยผาขาวบาง แขนงทิ้งไว้ให้เส็ดคหน้า นำมาคลุกควยเกลบ 1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ในรังถึงนึ่งให้สุก ใช้เวลาประมาณ 40 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นซึ่งคลุกควยสปอร์กล่าเชื้อที่เตรียมไว้ ใส่ถาดกลมมึนเนียม ขนาดประมาณ 50×25×2.5 ช.ม. นำไปบ่มในตู้ความชื้น 4-5 วันสปอร์จะเกิดขึ้น เต็มผิวหนานำไปทำแห้งในตู้ 40-45° ซ เมื่อแห้งแล้วนำไปบดควยเครื่องให้ละเอียด บรรจุลงพลาสติกปิดปากถุงให้สนิท เพื่อถนอมความชื้น

ปริมาณสปอร์ของ เชื้อชนิดต่างๆบนขานึ่ง

ชนิดของ เชื้อ	ความชื้นของขานึ่ง	จำนวนสปอร์ต่อกรัม
<u>Aspergillus oryzae</u> Y	30	8.6×10^8
<u>Aspergillus niger</u>	32	4.7×10^9
<u>Mucor sp.</u>	34	8.9×10^8
<u>Aspergillus oryzae</u> T.	30	1.6×10^9
<u>Aspergillus oryzae</u> KI	29	1.3×10^9



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงการเตรียมสปอร์กล่าเชื้อ A. niger และ Candida sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

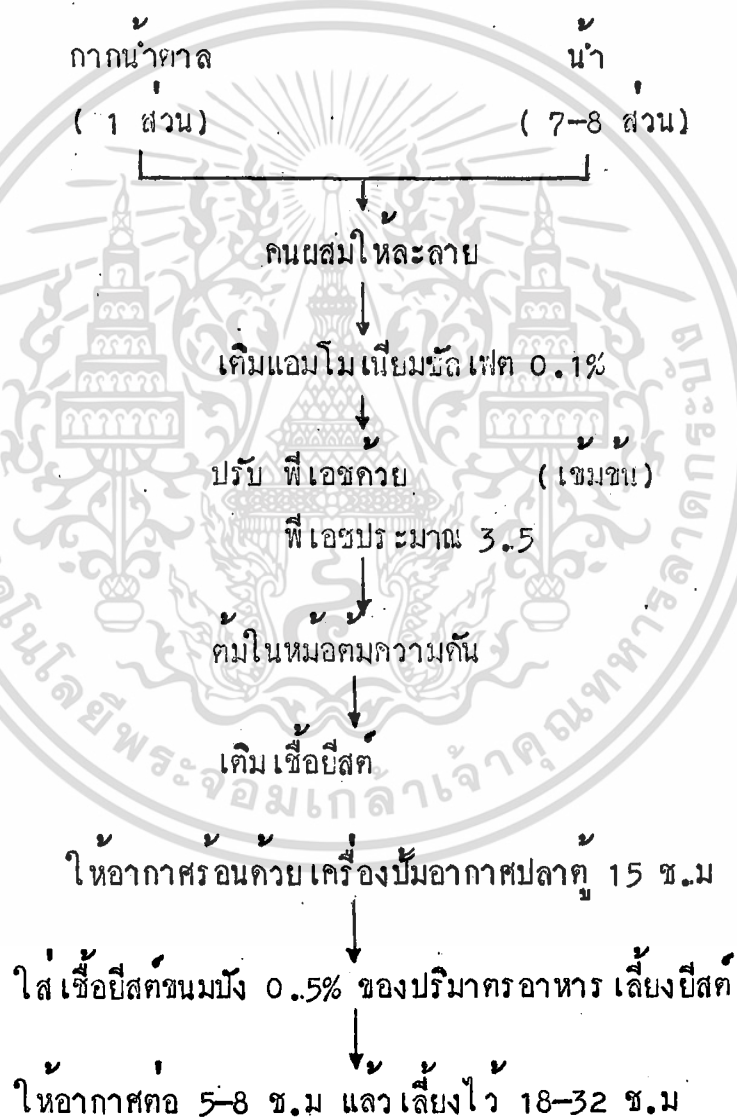


ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงวิธีการผลิตสปอร์เชื้อ A. niger และ Candida sp. ที่มา จริญ และ จริญ (2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมกล้า เชื้อยีสต์

ใช้กากน้ำตาลผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 7-8 เติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต 0.1% แล้วปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟิวริกให้ค่า พีเอช 3.5 นำไปต้มในหม้อความดันเพื่อฆ่า จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมา ตั้งไว้ให้เย็น แล้วเติมเชื้อยีสต์ *Candida sp* อายุ 24 ชั่วโมง ซึ่งเลี้ยงไวบน Potato Dextrose Agar ในอากาศควยเครื่องปัมอากาศปลาตู้ 15 ชั่วโมง แล้วเติมยีสต์ขนมปัง 0.5% ในอากาศต่อ 5-8 ชั่วโมง และเลี้ยงยีสต์ไว้ 18-32 ชั่วโมง



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ค1 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนสุดท้ายในการหมักมันสกของตั้งหมักเล็กที่เวลาดำเนินต่างกัน

ANOVA

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	2	13.24	6.62	15.05	5.79
ERROR	3	1.31	0.44		
TOTAL	5	14.55			

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค2 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนสุดท้ายในการหมักมันเส้นแห้งของตั้งหมักเล็กที่เวลาดำเนินต่างกัน

ANOVA

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	2	38.20	19.10	24.49	5.79
ERROR	3	2.33	0.78		
TOTAL	5	40.53			

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค 3 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีนในการหมักมันสำปะหลัง
มันเส้นแห้งในถังหมักเล็กที่เวลาหนึ่ง 10 นาที

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	182.39	182.39	54.77	10.13
ERROR	2	6.66	3.33		
TOTAL	3	189.05			

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค4 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับความชื้นของมันสำปะหลังสดหมัก เมื่อสิ้นสุดการหมักด้วยเชื้อรา ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	5.25	5.25	0.52	NS
ERROR	16	161.26	10.08		4.49
TOTAL	17	166.51			

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค5 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับความชื้นของมันสำปะหลังเมื่อสิ้นสุดการหมักด้วย
เชื้อ YEAST ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
					NS
TREATMENT	1	3.55	3.55	0.06	4.49
ERROR	16	894.67	55.92		
TOTAL	17	898.22			

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค6 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน (% BSA) ในถังหมักขนาด
ใหญ่ เมื่อหมักด้วยรา 1 วัน ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	324.70	324.70	159.12	* 4.49
ERROR	16	30.75	1.92		
TOTAL	17	355.45			

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค7 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน (% BSA) ในถัหมักใหญ่
เมื่อหมักด้วยรา 2 วัน ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	Ms	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	559.45	559.45	91.12 *	4.49
ERROR	16	98.28	6.14		
TOTAL	17	657.73			

หมายเหตุ * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค8 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน (% BSA) ในถัหมักใหญ่
เมื่อหมักด้วยรา 2 วันและด้วยยีสต์อีก 1 วัน ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	12.50	12.50	0.07 NS	4.45
ERROR	16	3107.9	194.25		
TOTAL	17	3120.44			

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง ค9 การวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน (% BSA) ในถังหมักใหญ่
เมื่อสิ้นสุดการหมัก ที่ความเร็วลมต่างกัน

SOV	d.f	SS	MS	F _{cal}	F _{table(0.05)}
TREATMENT	1	58.68	58.68	0.32	NS 4.49
ERROR	16	2874.39	179.65		
TOTAL	17	2933.07			

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ภาคผนวก ง

ตาราง ง1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น, อุณหภูมิ, % CRUDE PROTIEN ของมันแห้งในถัหมักเล็ก

เวลา (ชม.)	เวลาการนึ่ง (นาที)	พีเอช pH	ความชื้น %	อุณหภูมิ C	% CRUDE PROTIEN
0	10	3.47	42.48	28.0	19.36
	30	3.71	38.73	28.0	17.03
	50	3.52	37.00	28.0	18.43
18	10	4.20	41.90	32.0	20.23
	30	4.52	40.21	32.5	17.21
	50	4.47	38.62	32.5	18.59
42	10	4.18	40.88	34.0	20.86
	30	4.89	39.60	33.0	17.88
	50	4.69	39.71	34.0	18.96
65	10	3.81	40.44	35.0	21.45
	30	4.12	38.48	33.5	18.06
	50	4.25	39.95	34.5	18.62
90	10	2.76	40.04	37.0	23.95
	30	2.79	41.19	36.0	18.59
	50	2.70	45.00	34.5	19.76
115	10	2.85	43.38	36.5	24.30
	30	2.62	42.02	35.5	18.87
	50	2.70	43.41	33.5	19.95

ตาราง ง1 (ต่อ) ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น, อุณหภูมิ, % CRUDE PROTIEN ของมันแห้งในถัสดำเล็ก

เวลา (ช.ม)	เวลาการนึ่ง (นาที)	พีเอช pH	ความชื้น %	อุณหภูมิ c	% CRUDE PROTIEN
142	10	7.27	43.50	37.0	22.13
	30	7.67	44.13	35.0	17.70
	50	6.68	44.35	34.0	18.60

ตาราง ง2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น, อุณหภูมิ, % CRUDE PROTIEN ของมันสดในถัสดำขนาดเล็ก

เวลา (ช.ม)	เวลาการนึ่ง (นาที)	พีเอช pH	ความชื้น %	อุณหภูมิ c	% CRUDE PROTIEN
0	10	3.59	61.42	28.0	24.51
	30	3.88	61.48	28.0	23.92
	50	3.73	60.73	28.0	25.39
26	10	4.50	55.92	35.0	24.53
	30	4.44	56.08	34.0	24.51
	50	4.55	55.52	34.5	25.54
45	10	7.36	61.38	38.0	26.25
	30	7.72	59.27	37.5	26.88
	50	7.85	63.46	39.0	28.79
67	10	6.19	59.95	40.5	32.24
	30	6.40	56.46	40.0	30.08
	50	6.31	61.62	40.0	31.04

ตาราง ง2 (ต่อ) ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น, อุณหภูมิ, % CRUDE PROTIEN ของมันสดในถัสดเล็ก

เวลา (ช.ม)	เวลาการนึ่ง (นาที)	พีเอช pH	ความชื้น %	อุณหภูมิ ° C	% CRUDE PROTIEN
94	10	5.66	59.38	38.5	41.53
	30	5.65	58.72	38.0	32.94
	50	5.53	62.36	38.5	36.51
116	10	6.32	54.67	33.0	49.55
	30	6.29	53.29	32.0	42.39
	50	6.27	55.54	33.0	48.30
144	10	7.41	58.23	32.0	28.82
	30	7.52	58.71	32.0	27.46
	50	7.26	60.11	32.5	31.09

ตาราง ง3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมักกับ pH , ความชื้น, อุณหภูมิ, % CRUDE PROTIEN ของมันสดและมันเส้นแห้ง ที่เวลานึ่ง 10 นาทีในถังหมักเล็ก

เวลา (ช.ม)	ชนิดมัน	พีเอช pH	ความชื้น %	อุณหภูมิ °C	% CRUDE PROTIEN
0	มันสด	3.14	66.19	29.0	25.32
	มันเส้น	3.20	41.11	28.0	21.21
23	มันสด	3.53	64.71	35.0	29.77
	มันเส้น	3.89	42.74	32.0	21.72
45	มันสด	6.12	61.72	36.0	30.01
	มันเส้น	4.94	41.32	34.0	22.39
50	มันสด	5.55	64.56	38.0	33.41
	มันเส้น	6.04	44.07	32.5	22.77
74	มันสด	5.32	65.46	41.0	40.59
	มันเส้น	5.77	46.19	35.0	23.59
96	มันสด	5.92	65.26	39.0	43.57
	มันเส้น	5.92	50.32	32.5	23.70
120	มันสด	5.46	64.70	38.0	36.02
	มันเส้น	6.78	50.13	33.0	23.62

ตาราง ง4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH, อุณหภูมิ, ความชื้น, Relative Humidity ของเวลานึ่ง 10 นาทีในความเร็วมต่างกัน

เวลา (นาที)	ความเร็วม (m/s)	พีเอช pH	ความชื้น (%)	อุณหภูมิ (°C)	RH (%)
0	1.15	3.91	65.20	26.0	90
	1.30	3.69	60.48	27.5	90
1	1.15	4.44	63.01	26.0	90
	1.30	4.38	60.19	29.0	95
2	1.15	6.79	59.76	36.0	95
	1.30	5.15	58.68	29.0	97
3	1.15	6.58	55.30	36.0	98
	1.30	6.92	51.74	30.5	99
4	1.15	6.86	51.35	34.0	100
	1.30	6.24	46.81	33.5	100

