

## ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิ เพื่อทำสารปรุงรส  
(Effect of Temperature and Ethanol Concentration on Hydrolysis of Glutinous Rice by Koji for Seasoning Making)

โดย

นายต่อพงษ์ ศรีเกษม

นางสาวนิตยัตติมา คงทวี

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

King Mongkut's Institute of Technology

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Chaokuntaharn Ladkrabang

กรุงเทพฯ 10520

Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิ เพื่อทำสารปรุงรส  
(Effect of Temperature and Ethanol Concentration on Hydrolysis of Glutinous Rice by Koji for Seasoning Making)

โดย

นายต่อพงษ์ ศรีเกษม  
นางสาวนิตยัตติมา คงทวี

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... ๑/๑๓/๕/ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

(.....)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

15445

(.....)

-7 ก.ค. 2541

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ลง

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

๒๕๔๑

๒๕๔๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิ เพื่อทำสารปรุงรส**  
(Effect of Temperature and Ethanol Concentration on Hydrolysis of Glutinous Rice by Koji for Seasoning Making)



T096768



ปพ.  
๓๒๙๗๗  
๒๕๔๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

**รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต**  
**ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง**  
**พ.ศ. ๒๕๔๐**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

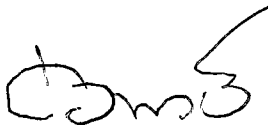
ต่อพงษ์ ศรีเกษม , นิตยติมา คงทวี : 2541: ผลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่อการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิ เพื่อทำสารปรุงรส ( Effect of Temperature and Ethanol Concentration on Hydrolysis of Glutinous Rice by Koji for Seasoning Making ) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง

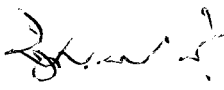
### บทคัดย่อ

การย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิของเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ที่อุณหภูมิ 50 ° ซ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้น้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวมีสีเข้มกว่าการย่อยที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณแอลกอฮอล์ 6.12% , 6.97% , 7.95% ที่อุณหภูมิต่ำ และปริมาณแอลกอฮอล์ 5.21% , 6.17% , 7.91% ที่อุณหภูมิ 50°ซ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการย่อย เมื่อเพิ่มปริมาณแอลกอฮอล์เป็น 18.25% ที่อุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการย่อย ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำที่ได้จากการย่อยเพิ่มขึ้นจากวันแรกที่ 8.0% อย่างช้าๆ จนถึง 21.13% ในวันที่ 14 ของการย่อย โดยปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรด และ pH จะคงที่ตลอดการทดลอง

เมื่อนำน้ำที่ได้จากการย่อยมาทดลองทำเป็นสารปรุงรสเปรียบเทียบกับมิริน ผู้ชิมจะยอมรับอาหารที่ปรุงรสด้วยมิรินจากประเทศญี่ปุ่นมากกว่าอาหารที่ปรุงรสด้วยน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวที่ได้จากการทดลองและผู้ชิมจะยอมรับตัวอย่างน้ำที่ได้จากการทดลองมากกว่าตัวอย่างที่ปรุงรสด้วยที่ไม่ได้ใส่สารปรุงรส

  
.....  
.....

ลายมือชื่อนักศึกษา

  
.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

๑๖/๑๒/๕๕

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบ  
ขอขอบคุณท่านอาจารย์ บุญเทียม พันธุ์เพ็ง เป็นอย่างสูงที่กรุณามาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้  
คำแนะนำ ตลอดจนการตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งท่านอาจารย์  
ชมพูนุท สีหไสภณ อาจารย์อพัชชา วงศ์เจริญสถิตย์ และอาจารย์นิตติยา บุญมี ที่กรุณาเสียสละ  
เวลามาเป็นกรรมการในการประเมินผลปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกๆ  
ท่านในภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ทางคณะผู้จัดทำสามารถนำความรู้  
ที่ได้มาใช้ประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษตลอดจนนำติดตัวไปใช้ในวิถีการทำงาน ขอขอบคุณที่  
ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและห้องธุรการที่กรุณาอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำในการปฏิบัติ  
งานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และ คุณแม่ เป็นอย่างสูง ที่ทำให้ทางคณะผู้จัดทำได้  
มีวันนี้เกิดขึ้น

ต่อพงษ์ ศรีเกษม

นิตยติมา คงทวี

30 มี.ค.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ                                | ก    |
| กิตติกรรมประกาศ                         | ข    |
| สารบัญตาราง                             | ง    |
| สารบัญรูปภาพ                            | จ    |
| บทที่                                   |      |
| 1. บทนำ                                 | 1    |
| 2. วารสารปริทัศน์                       | 2    |
| 3. วัตถุประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง | 8    |
| 4. ผลการทดลอง                           | 15   |
| 5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง             | 20   |
| เอกสารอ้างอิง                           | 22   |
| ภาคผนวก                                 |      |
| ภาคผนวก ก.                              | 24   |
| ภาคผนวก ข.                              | 26   |
| ภาคผนวก ค.                              | 34   |
| ภาคผนวก ง.                              | 38   |
| ภาคผนวก จ.                              | 42   |
| ประวัติผู้เขียน                         | ๗    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 1. องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่าง ๆ  | 2    |
| 2. ปริมาณแร่ธาตุในข้าวสารเหนียว  | 2    |
| 3. ผลการทดลองบ่มน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่อุณหภูมิห้อง                  | 15   |
| 4. ผลการทดลองบ่มน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส      | 16   |
| 5. องค์ประกอบทางเคมีของมิริน และน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวจากการทดลอง                 | 17   |
| 6. ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของหมูย่าง   | 18   |
| 7. ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของน้ำจิ้มไก่  | 19   |
| 8. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสีประเภทหมูย่างทั้ง 3 สูตร              | 26   |
| 9. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นรสประเภทหมูย่างทั้ง 3 สูตร         | 27   |
| 10. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสลักษณะปรากฏประเภทหมูย่างทั้ง 3 สูตร       | 28   |
| 11. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชอบรวมประเภทหมูย่างทั้ง 3 สูตร     | 29   |
| 12. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสีประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร          | 30   |
| 13. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นรสประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร     | 31   |
| 14. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลักษณะปรากฏประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร | 32   |
| 15. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชอบรวมประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร  | 33   |
| 16. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นรสเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร          | 34   |
| 17. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร               | 34   |
| 18. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร      | 35   |
| 19. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชอบรวมเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร       | 35   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|  |      |
|--|------|
|  | หน้า |
| 20.การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีและของกลินเปรียบเทียบระหว่าง<br>น้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร | 36   |
| 21.การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏเปรียบเทียบระหว่าง<br>น้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร  | 37   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

| ภาพที่   | หน้า |
|--|------|
| 1. การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิกของเชื้อรา <i>Aspergillus oryzae</i> เมื่อเติมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิห้อง | 17   |
| 2. ตัวอย่างน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวก่อนผ่านการกรอง และหลังผ่านการกรองด้วย Suction   | 42   |
| 3. ตัวอย่างมิรินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด   | 42   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1 บทนำ

สารปรุงรสเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งสำหรับการปรุงรส เพื่อให้อาหารมีรสชาติที่ดี และทำให้อาหารมีรสชาติแตกต่างกันออกไป จึงได้มีการพัฒนาน้ำข้าวเหนียวมาเรื่อยๆด้วยเอนไซม์ที่ได้จากการหมักเชื้อ *Aspergillus oryzae* ในข้าว ในการทำน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียว โดยนำน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา มาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ สารปรุงรส ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นขบวนการหมักที่คล้ายคลึงกับกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตสารปรุงรสมิริน (Mirin) ของประเทศญี่ปุ่น

มิรินเป็นสารปรุงรสของประเทศญี่ปุ่น ที่มีราคาแพง และมีคุณสมบัติในการช่วยปรุงรสอาหาร คือ เป็นสารให้รสชาติ ทำให้อาหารมีรสชาติหวาน กลมกล่อมขึ้น และทำให้มีลักษณะมันวาวเคลือบอยู่ที่ผิวของอาหาร สำหรับอาหารที่ใช้วิธีการปิ้ง หรือย่าง ก็จะช่วยทำให้อาหารมีสีน้ำตาลเข้มเป็นมันวาว ช่วยทำให้อาหารดูน่าบริโภคยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวมาผลิตเป็นสารปรุงรสคล้ายมิริน

## บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

### 2.1 ข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวจัดเป็นพืชหลักที่มีความสำคัญของประเทศชนิดหนึ่ง พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากประชากรทั้ง 2 ภาคส่วนใหญ่ นิยมรับประทานเป็นส่วนใหญ่ ข้าวเหนียวนอกจากเป็นอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญแล้ว ในข้าวเหนียวยังพบ โปรตีน ไขมัน และเกลือแร่ อีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่าง ๆ

| ชนิดของแป้ง | ไขมัน (%) | โปรตีน (%) | ความชื้น (%) | เส้นใย *% | เถ้า (%) | คาร์โบไฮเดรต (%) |
|-------------|-----------|------------|--------------|-----------|----------|------------------|
| ข้าวฟ่าง    | 5.68      | 8.45       | 6.08         | 2.14      | 2.24     | 75.41            |
| ข้าวเจ้า    | 0.65      | 6.64       | 9.88         | 0.39      | 0.51     | 81.53            |
| ข้าวเหนียว  | 1.37      | 7.33       | 9.57         | 0.41      | 0.12     | 81.02            |
| ถั่วเขียว   | 0.36      | 5.20       | 11.8         | 0.31      | 0.26     | 82.05            |
| ข้าวสาลี    | 0.96      | 11.2       | -            | -         | 0.42     | -                |

ที่มา : สุมิตรา และ ศักดิชัย (2535)

ตารางที่ 2 : ปริมาณแร่ธาตุในข้าวสารเหนียว

| ปริมาณแร่ธาตุ | ปริมาณ (มิลลิกรัม) |
|---------------|--------------------|
| แคลเซียม      | 4.4                |
| ฟอสฟอรัส      | 62.1               |
| เหล็ก         | 0.4                |
| โซเดียม       | 1.98               |
| โปแตสเซียม    | 87.8               |

ที่มา : สุมิตรา และ ศักดิชัย (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ข้าวเหนียวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญประเภทหนึ่ง ซึ่งนำเงินตราเข้าสู่ประเทศด้วย ทั้งในรูปข้าวสารและสินค้าแปรรูป เช่น แป้งข้าวเหนียว เป็นต้น ในส่วนที่บริโภคภายในประเทศนั้น ประชากรนิยมบริโภคควบคู่กับอาหารคาวแล้ว ข้าวเหนียวยังสามารถนำมาทำเป็นอาหารหวานได้มากมาย ผลผลิตจากข้าวเหนียวที่รู้จักกันมาแต่โบราณคือ ข้าวหมาก จึงเป็นอาหารพื้นบ้านของไทย นิยมบริโภคเป็นของหวานกันทั่วไป โดยเฉพาะภาคกลาง เช่น ที่จังหวัดราชบุรี ข้าวหมากไม่ถือว่าเป็นของมีนเมา ลักษณะที่ดีต้องมีรสหวานจัด ไม่มีรสเปรี้ยว เมล็ดข้าวอ่อนนุ่ม เกาะกันเป็นก้อนขาวนวล ไม่มีแอลกอฮอล์ มีน้ำเชื่อมออกมาจากเมล็ดข้าวเล็กน้อย เรียกว่า น้ำต้อย หรือ น้ำตาลข้าว มีกลิ่นหอมเฉพาะคุณค่าทางอาหารจากข้าวหมากจะต่ำกว่าข้าวเหนียวที่รับประทาน โดยมีสารอาหารดังนี้

|                    |        |         |
|--------------------|--------|---------|
| น้ำ                | ประมาณ | 60%     |
| โปรตีน             | ประมาณ | 2%      |
| คาร์โบไฮเดรต       | ประมาณ | 37%     |
| ไขมัน              | ประมาณ | 0.1%    |
| เกลือแร่และวิตามิน | ประมาณ | น้อยมาก |

## 2.2 เชื้อรา *Aspergillus oryzae*

เป็นเชื้อราที่สามารถย่อยแป้งเป็นน้ำตาล เพื่อให้เชื้อยีสต์หมักน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ต่อไป การย่อยแป้งอาจใช้เชื้อราเหล่านั้น หมักรวมกับเชื้อยีสต์โดยตรง ทำเป็นลูกแป้ง อีกวิธีหนึ่งทำโดยการเลี้ยงเชื้อราให้เจริญในแป้งเสียก่อน เรียกว่า โคจิ ซึ่งจะผลิตเอนไซม์มาย่อยแป้ง แล้วนำมาหมักและเติมเชื้อยีสต์ตามทีหลัง เช่น การหมักสาเก

วิธีใหม่เป็นการเลี้ยงเชื้อราเพื่อสร้างเอนไซม์แล้วสกัดเอนไซม์ออกมา หรือวิธีการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์โดยตรง โดยไม่ต้องใช้เชื้อราจะทำให้ย่อยแป้งทำมาจากแบคทีเรีย เรียกว่า แอลฟาอมิเลส จะช่วยย่อยแป้งลดความหนืดลง แล้วเติมเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อรา กลูโคสอไมเลสไปย่อยต่อทำให้ได้น้ำตาลกลูโคส

แนวโน้มของการใช้เอนไซม์ในการย่อยแป้งเพื่อหมักแอลกอฮอล์กำลังจะมีบทบาทมากขึ้น เพราะราคาเอนไซม์ไม่แพงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้เชื้อราหมักโดยตรง และเมื่อคำนึงถึงความสะอาดและความแน่นอนของการย่อยแป้ง ความนิยมคงเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อรายังมีความจำเป็นต่อกลิ่น และรสของเครื่องดื่มอยู่มาก ดังจะเห็นได้จากโรงงานสุรบางแห่งยังคงใช้การเลี้ยงเชื้อราบนเมล็ดข้าวในช่วงแรก แล้วจึงเติมลงไปในถังหมักกาน้ำตาลเป็นวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นรสของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์มาจากหลายแหล่ง คือ ประการแรกมาจากวัตถุดิบที่ใช้หมัก กลิ่นจากน้ำตาล กลิ่นข้าวหมัก กลิ่นจากจุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา เชื้อยีสต์ และเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น กลิ่นถึงไม่ในช่วงการบ่ม กลิ่นหอมของเหล้าที่เกิดขึ้นนับว่ามีความซับซ้อน กลิ่นรสบางชนิดปรุงแต่งได้หลายชนิดต้องได้มาจากกาหมักโดยตรง

กลิ่นที่ได้จากเชื้อรานับว่าเด่นชัด ผู้ดื่มที่มีรสนิยมสามารถจะจำแนกได้โดยง่าย เช่น กลิ่นของเหล้าสาเกและสาโท เป็นต้น เชื้อราแต่ละชนิดให้กลิ่นหอมที่ต่างกัน เช่น ราเขียวอมเหลือง *Aspergillus oryzae* ให้กลิ่นหอมแบบเหล้าสาเก เชื้อราที่ใช้ในโรงสุราบางแห่งในประเทศไทย คือ *Rhizopus oryzae* ให้กลิ่นหอมที่แตกต่างไปอีกแบบหนึ่ง ในลักษณะที่เราคุ้นเคยกัน เชื้อราข้าวหมาก *Amylomyces rouxii* ซึ่งมีสีขาวเป็นนุ่ย จะให้กลิ่นหอมแบบข้าวหมากในขณะที่เชื้อราพวก *Mucor* ให้กลิ่นหอมแต่การย่อยแป้งไม่ดีเท่าที่ควร

การหมักโดยเชื้อราต้องคำนึงถึงลักษณะที่สำคัญต่อความสามารถของเชื้อราในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล ความสามารถในการสร้างกลิ่นรสที่ดี ลักษณะการเจริญที่รวดเร็ว และการเตรียมสปอร์ของเชื้อราได้ง่าย เชื้อราต้องมีความสามารถในการย่อยแป้งอย่างคงที่ อย่างไรก็ตาม โรงงานจะต้องมีการคัดเลือกเชื้อราอยู่เสมอ เพราะเมื่อเก็บไว้ใช้นาน ๆ และถ่ายเชื้อต่อ ๆ ไปอาจทำให้ความสามารถในการย่อยแป้งของเชื้อราน้อยลง โดยเฉพาะถ้าเลี้ยงเชื้อในอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคส เช่น อาหารพีดีเอ (PDA medium) โอกาสที่เชื้อราจะมีความสามารถในการย่อยแป้งลดลงเป็นไปได้มาก ดังนั้นการใช้น้ำต้มจากหัวมันฝรั่งเพียงอย่างเดียวผสมงุ่น โดยไม่ต้องเติมกลูโคสจะเหมาะสำหรับการเลี้ยงเชื้อราพวกนี้ ข้อสำคัญก็คือ เชื้อราพวกนี้ย่อยแป้งได้ดีอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องเติมน้ำตาลลงไป เมื่อมีน้ำตาลอยู่ในอาหารจะทำให้เชื้อราไม่จำเป็นต้องย่อยแป้ง ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการย่อยแป้งค่อย ๆ หดไป นอกจากนี้เชื้อราเองก็อาจเกิดการกลายพันธุ์โดยธรรมชาติ เชื้อราที่กลายพันธุ์ และมีลักษณะด้อยลงมีโอกาสที่จะเพิ่มจำนวนได้ดีในอาหารพีดีเอเมื่อถ่ายเชื้อไปเรื่อย ๆ ก็จะได้เชื้อที่มีความสามารถลดลง

เชื้อรามีคุณลักษณะพิเศษคือ มีความสามารถในการสร้างสปอร์เพื่อการขยายพันธุ์ สปอร์สีดำที่เห็นเกาะอยู่บนเมล็ดข้าว เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ก็จะพบว่ามันมีล้านสปอร์ การแพร่กระจายของเชื้อราจึงง่ายและไปได้ไกลกว่าเชื้ออื่น ดังนั้นปัญหาของเชื้อราบนเบียร์ที่ไม่ต้องการจึงมีมาก การป้องกันเชื้อปนเปื้อนจึงเป็นเรื่องยาก การทำต้องเตรียมที่มิดชิด การฆ่าเชื้อที่มีอยู่ในห้อง และการใช้ปริมาณกลูโคสสปอร์ให้สูงพอที่จะช่วยให้เชื้อราที่ต้องการย่อยแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เชื้อราโดยทั่วไปต้องการอากาศ หรือออกซิเจนเพื่อการเจริญเติบโตซึ่งผิดกับเชื้อยีสต์ และเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดถึงแม้ไม่มีออกซิเจนก็สามารถเจริญได้ดี การเลี้ยงเชื้อราจึงต้องคำนึงถึงการให้มีอากาศถ่ายเท การให้อากาศผ่านเครื่องกรองฝุ่นละอองจะช่วยให้ราเจริญได้ดี และมีกิจกรรมสูงขึ้น เชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* ซึ่งมีสปอร์เขียวแกมเหลืองหรือสีดำ ต้องการออกซิเจนมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา *Rhizopus* ข้อแตกต่างนี้จะเห็นได้ว่าเป็นการเตรียมโคจิ เพื่อหมักเหล้าสาเกของญี่ปุ่นจะเลี้ยงเชื้อรา *A. oryzae* ในภาคที่เกลี่ยข้าวหนาเพียง 2 - 3 นิ้ว แล้ววางบนชั้นเพื่อให้เชื้อเจริญหลายวัน ส่วนการหมักสาเก หรือน้ำข้าวนั้น จะหมักข้าวกับลูกแป้งในไหหรือหม้อ หรือในกระดังที่ฝังไว้ค้างคืน แล้วนำใส่ไหในวันรุ่งขึ้น เพราะถ้าทิ้งไว้นานไปก็จะมีน้ำค้อย (น้ำเชื่อมที่เกิดจากการย่อยแป้งด้วยเชื้อราให้เป็นน้ำตาล) เยิ้ม

## ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราที่ใช้ในการหมักแอลกอฮอล์

### 1. ความชื้น

เป็นปัจจัยสำหรับการเจริญของเชื้อรา การที่มีความชื้นหรือน้ำมากเกินไป จะทำให้มีช่องว่างอากาศน้อย ความชื้นสูงจะทำให้เชื้อแบคทีเรียเจริญขึ้นมาได้ง่าย โอกาสที่จะเสียก็มีมากขึ้น ความชื้นที่เหมาะสมจะประมาณร้อยละ 50 เชื้อราจะเจริญขึ้นมาเป็นปูขาวทั่วเมล็ด เมื่อหักเมล็ดข้าวนั้นจะเห็นเส้นใยแทงเข้าไปในเมล็ดข้าว ถ้ามีความชำนาญเพียงพอจะทราบว่ามีเมล็ดข้าวนั้นสามารถนำไปใช้หมักได้แล้ว

### 2. อุณหภูมิ

นับว่ามีความสำคัญสำหรับการเจริญ และการสร้างเอนไซม์ของเชื้อรา อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25 - 30 องศาเซลเซียส สำหรับ *Aspergillus* และ 30 - 35 องศาเซลเซียส สำหรับ *Rhizopus* ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปการเจริญ และการสร้างเอนไซม์จะลดลง และปัญหาเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรียจะมีมากขึ้น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจึงเป็นวิธีป้องกันการเสื่อมเสียเพราะเกิดเปรี้ยว ซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย

### 3. pH

การเจริญของเชื้อราค่อนข้างมาทางกรด ดังเช่น เชื้อรา *Aspergillus* ชอบ pH ที่อยู่ช่วง 4.5 - 5.5 และสำหรับ *Rhizopus* อยู่ในช่วง 4 - 5 ในช่วงแรกของการเจริญ เชื้อราจะสร้างกรดจำนวนมาก จึงทำให้ pH ลดลงไปถึง 3.2 ในช่วงวันแรก แล้วเพิ่มขึ้นช้า ๆ จนสูงกว่า 4 หรือ 5 ปัญหาหมักจะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อแบคทีเรียเจริญขึ้นมา และสร้างกรดจน pH ต่ำกว่า 3.5 ทำให้การสร้างเอนไซม์ของเชื้อราไม่ดี และเอนไซม์ที่สร้างแล้วก็ไม่สามารถทำงานได้

เนื่องจากเป้าหมายในการเลี้ยงเชื้อรา เพื่อสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยแป้งให้มากที่สุด ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบการหมักเชื้อราที่ใช้ทำเหล้าสาเกกับเชื้อราที่ทำสาโทของไทยแล้ว จะเห็นว่าสาเกมีประสิทธิภาพสูงกว่าสาโทของไทยมาก เนื่องจากเชื้อราที่เจริญบนเมล็ดข้าวแล้วที่เรียกว่าโคจิ จะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์อยู่เป็นปริมาณมาก พอที่จะเติมข้าวหนึ่งลงไปอีกส่วนหนึ่งก็ย่อยได้หมด ในขณะที่หมักสาโท แม้แต่ข้าวที่ใช้หมักเองก็ยังย่อยไปไม่หมด ยิ่งคงมีแป้งเหลืออยู่มากจึงไม่สามารถเติมข้าวหนึ่งลงไปได้อีก ที่เป็นเช่นนี้มีสาเหตุหลายประการ เช่น เชื้อที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำไม่ได้ผ่านการคัดเลือกที่ดีพอ กระบวนการและขั้นตอนการผลิตตลอดจนการควบคุมปัจจัยที่สำคัญยังไม่เพียงพอ รวมถึงความสะอาดไม่เพียงพอจนมีแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่มากเกินไป เป็นต้น

สำหรับการเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิตเอนไซม์ทางการค้า นั้น ส่วนใหญ่เลี้ยงโดยใช้รำข้าวสาลี ชนิดหยาบที่มีการเสริมอาหารและเกลือแร่บางชนิด หรือเลี้ยงในอาหารเหลวแล้วนำมาสกัดเอนไซม์ออกมา ดังนั้นกลีนาสที่ได้จากเชื้อราจึงน้อยกว่าที่ใช้หมักข้าวโดยตรง แต่วิธีการผลิตเอนไซม์ทางการค้าจะผลิตเอนไซม์ได้มากกว่าการหมักข้าว และมักจะใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่าได้

เอนไซม์ที่เชื้อราสร้างขึ้นมาจากการหมักข้าวจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาล และเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญหรือตายไป แต่เอนไซม์ของเชื้อราจะทำการย่อยแป้งต่อไปเรื่อย ๆ จนแป้งหมด หรือเอนไซม์เสื่อมสภาพไป ดังนั้นในช่วงการหมักโดยเชื้อยีสต์จะต้องควบคุม pH และอุณหภูมิให้เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์ด้วย

#### 4. เอนไซม์ทั้งหมด

เอนไซม์ทำหน้าที่ย่อยสลายแป้งจำพวกแป้ง ไกลโคเจน คือเอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ซึ่งแบ่งเป็น 3 ชนิด

##### 4.1 $\alpha$ -amylase

เป็นเอนไซม์ที่มีชื่อทางการค้าว่า Termamyl® และมีชื่อสเมาบ diastase และมีชื่อตามระบบว่า  $\alpha$ -1,4-glucan 4-glucanohydrolase, EC 3.2.1.1 พบทั่วไปในอาณาจักรพืช และอาณาจักรสัตว์ ตลอดทั้งในคน จะพบในส่วนของน้ำลาย ตับอ่อน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายแป้งเป็นโอลิโก-และได-แซคคาไรด์ ซึ่งจะถูกย่อยในลำไส้เล็กก่อนที่จะซึมผ่านผนังลำไส้สู่ร่างกาย เป็นเอนไซม์มีมวลโมเลกุลประมาณ 50,000 มี  $\text{Ca}^{2+}$  ตัวต่อเอนไซม์ 1 โมเลกุล จะถูกกระตุ้นด้วยฮาโลเจนไอออน เช่น  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{F}^-$  มีค่า pK ของหมู่แตกไอออนได้ในบริเวณแอมไอยูที่ 6.5-8.0 ซึ่งหมู่ที่ว่านี้อาจเป็นหมู่อิมิดาโซล หรือหมู่อะมิโน

ลักษณะสำคัญของเอนไซม์ในการย่อยสลายก็คือ เจาะจงต่อการย่อยสลายพันธะไกลโคซิดของแป้งที่  $\alpha$ -1,4 ในลักษณะตัดการในสายโพลีเมอร์อย่างอิสระ (endo-splitting amylase) ได้ผลผลิตเป็น glucan และ limit dextrin ที่มีหน่วยกลูโคสประมาณ 2-6 หน่วย และยังคงมี configuration เดิม ( $\alpha$  - configuration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 $\beta$ -amylase

มีชื่อเรียกตามระบบว่า  $\alpha$ -1,4-glucan Maltohydrolase, EC 3.2.1.1 ซึ่งพบทั่วไปในพืชชั้นสูง เช่น ข้าวบาร์เลย์ ในลักษณะกำลังงอก เป็นข้าวมอลท์, ข้าวสาลี, ข้าวไรย์, ถั่วเหลือง และมันเทศ และมักพบร่วมกับ  $\alpha$ -amylase มี pH optimum ที่ 5.6 จากการพิจารณาจาก pH activity profile มีลักษณะแบบรูปประฆังคว่ำ ที่มีหมู่ที่แตกออกได้ทีบริเวณแรงอยู่ 2 หมู่ คือ  $pK_1=2.5-3.5$  และ  $pK_2=8.0-8.5$  นอกจากนี้มีสารพวกซัลไฟด์ริล (sulphyaryl reagents) เป็นตัวยับยั้ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือมีหมู่ซัลไฟด์ริลอยู่ในบริเวณแรง

ปฏิกิริยาย่อยสลายของ  $\beta$ -amylase จะเจาะจงต่อพันธะไกลโคซิดของแป้งที่  $\alpha$ -1,4 ในลักษณะการตัดสายโพลีเมอร์ อย่างเป็นระเบียบจากปลายสาย ด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์เข้าสู่ภายในสายไปที่ละหน่วยมอลโตส หรือที่ละ 2 หน่วยของกลูโคส และจะหยุดปฏิกิริยาที่พันธะไกลโคซิด ที่  $\alpha$ -1,6 ดังนั้น ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้ง หรือไกลโคเจน จะเป็น glucan และ limit dextrin และส่วนใหญ่เป็นมอลโตสที่มี configuration ต่างไปจากเดิม คือได้  $\beta$ -configuration หรือ  $\beta$ -maltose

## 4.3 Glucoamylase

มีชื่อเรียกตามระบบว่า  $\alpha$ -1,4-glucan glucohydrolase, EC 3.2.1.3 เป็นเอ็นไซม์ที่พบโดยทั่วไปในจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย มี pH optimum ที่ 4.0-4.4 และมีหมู่ไอออนิก 2 หมู่คือ ที่  $pK_1=2.9$  และ  $pK_2=5.9$  ลักษณะที่สำคัญของปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งคือ สามารถย่อยสลายได้หลายพันธะ ไม่ว่าจะเป็นพันธะไกลโคซิดที่เป็น  $\alpha$ -1,4,  $\alpha$ -1,6 และ  $\alpha$ -1,3 แต่จะช้ากว่า  $\alpha$ -1,4 การตัดสายโพลีเมอร์จะเหมือนกับ  $\beta$ -amylase แต่ตัดปลายสายเข้าไปที่ละ 1 หน่วยของกลูโคส ดังนั้นผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นกลูโคสที่มี configuration คือได้  $\beta$ -configuration หรือ  $\beta$ -glucose และส่วนของ glucan, limit dextrin

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์ สารเคมี และการทดลอง

#### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

##### 3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา

1. ข้าวเหนียว
2. เชื้อ *Aspergillus oryzae*
3. เครื่องชั่งหยาบ 2 กิโลกรัม
4. เต้าแก๊ส
5. ขวดโหล
6. หม้อนึ่ง
7. กระละมั่งสเตนเลสขนาดกลาง
8. ถาด
9. ผ้าขาวบาง
10. ถุงพลาสติก
11. ช้อน

##### 3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา

1. น้ำ
2. แอลกอฮอล์ 40 %

##### 3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

1. บิวเรต
2. เครื่องวัด pH
3. Flask 250 ml.
4. Volumetric flask 100 ml., 500 ml และ 1,000 ml.
5. Beaker 100 ml, 200 ml, 400 ml และ 1,000 ml
6. กระบอกน้ำกลั่น
7. บีเปต 1 ml, 5ml และ 10 ml
8. เครื่องชั่งหยาบและเครื่องชั่งละเอียด
9. Hot Plate
10. ตู้บ่ม Incubate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Micro kjeldahl apparatus
12. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
13. ขวดเก็บน้ำยา 600 มล.

#### 3.1.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ผลทางเคมี

1. สารละลาย Potassium dichromate solution
2. สารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution
3. สารละลาย 1,10-phenanthroline indicator
4. สารละลาย Copper sulfate
5. สารละลาย Alkaline tartrate
6. สารละลาย glucose มาตรฐาน 0.25%
7. สารละลาย Methylene blue 1%
8. NaOH 0.1 N
9. Phenolphthalein 1%

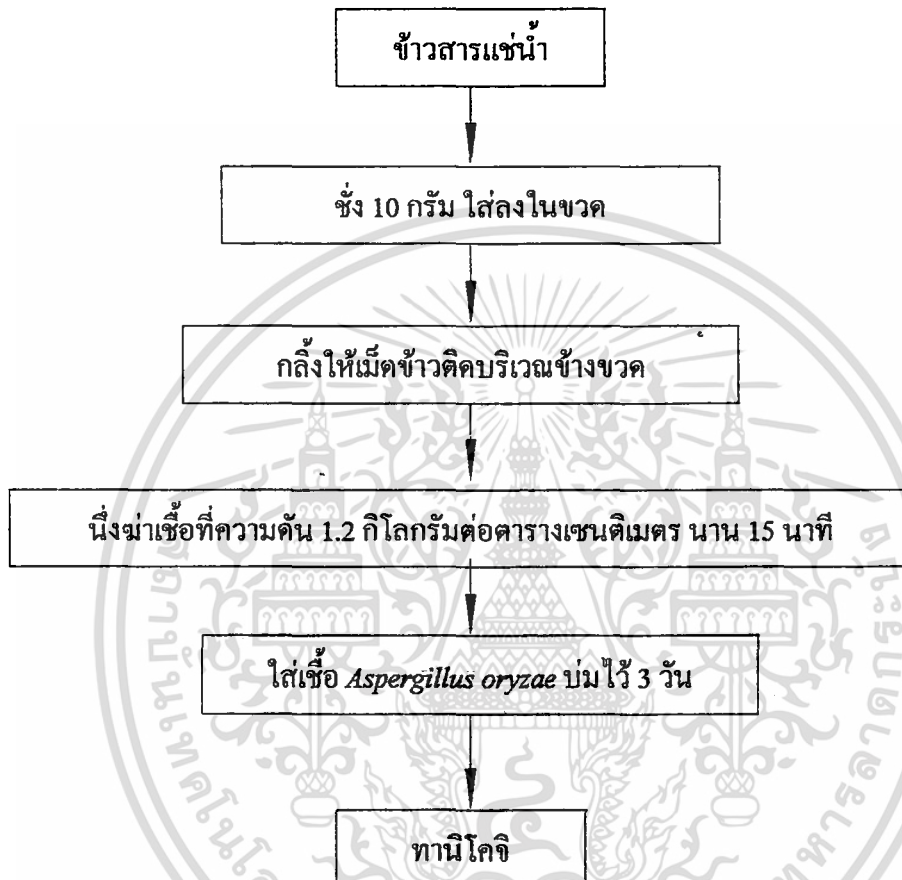


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

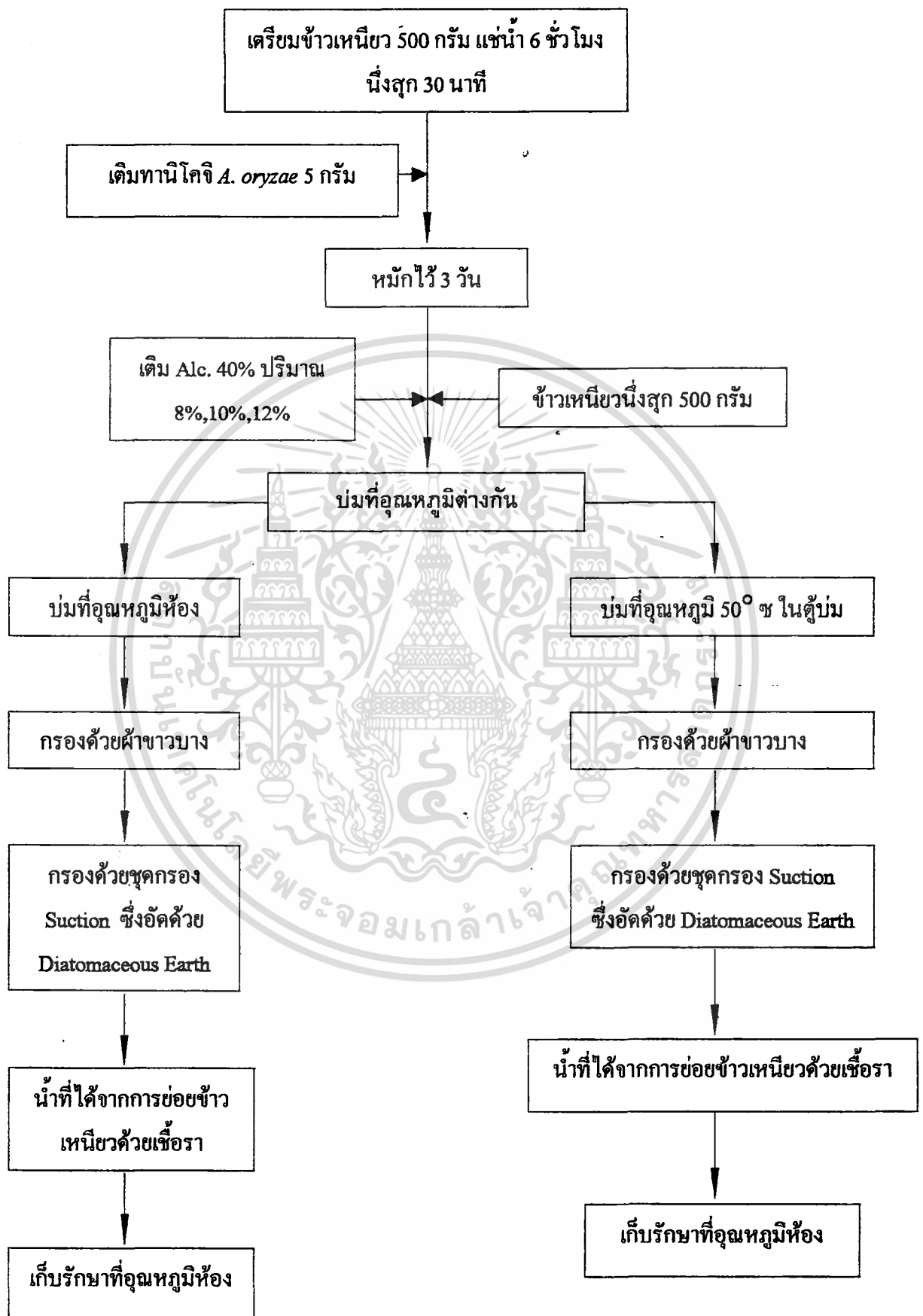
#### 3.2.1 การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียวเป็นน้ำที่ได้จากการข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา

##### 1.1 ขั้นตอนการเตรียม ทานิคोजิ (Tani-koji)



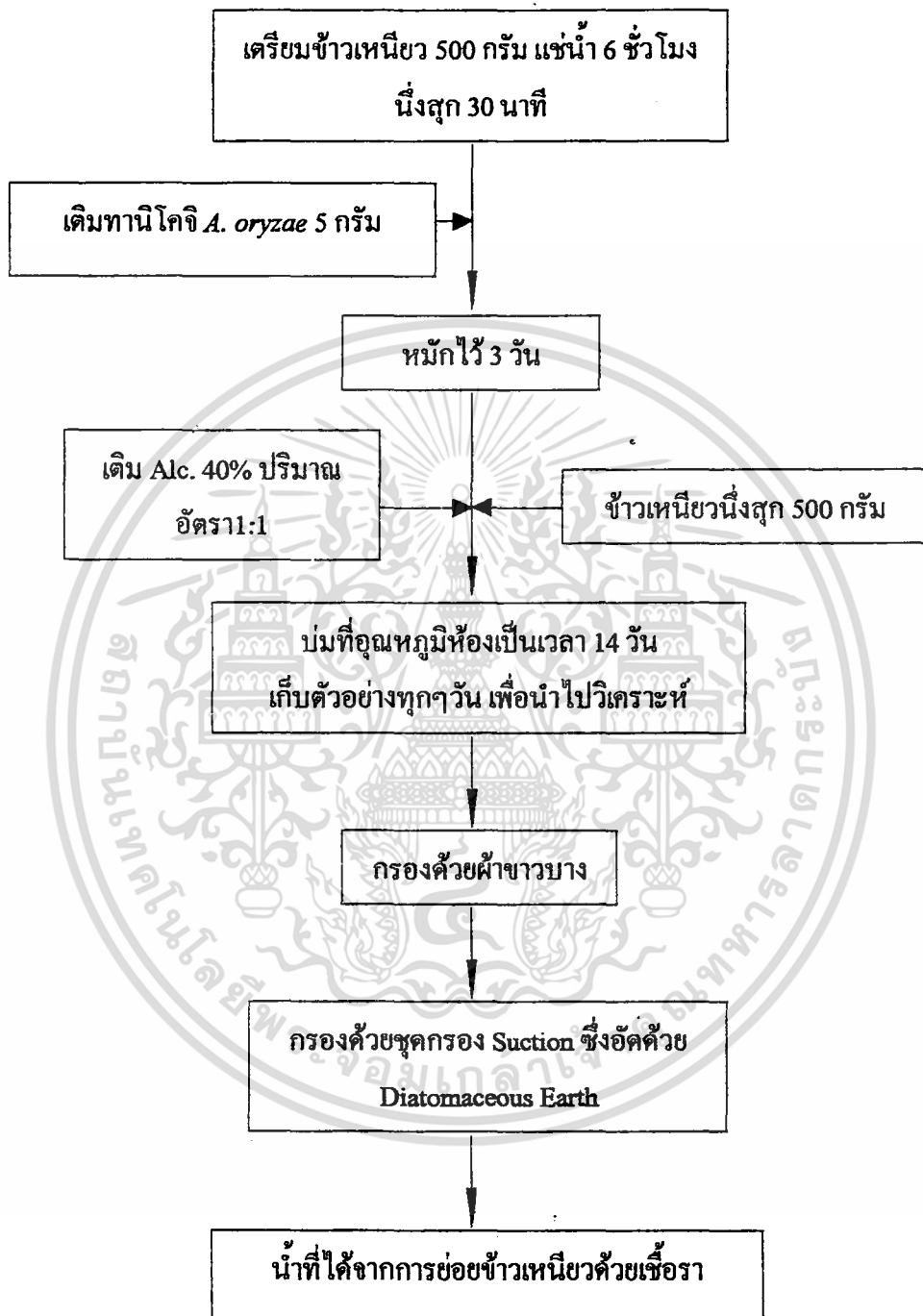
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขั้นตอนการย่อยข้าวเหนียวเป็นน้ำย่อยข้าวเหนียว ดังภาพที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

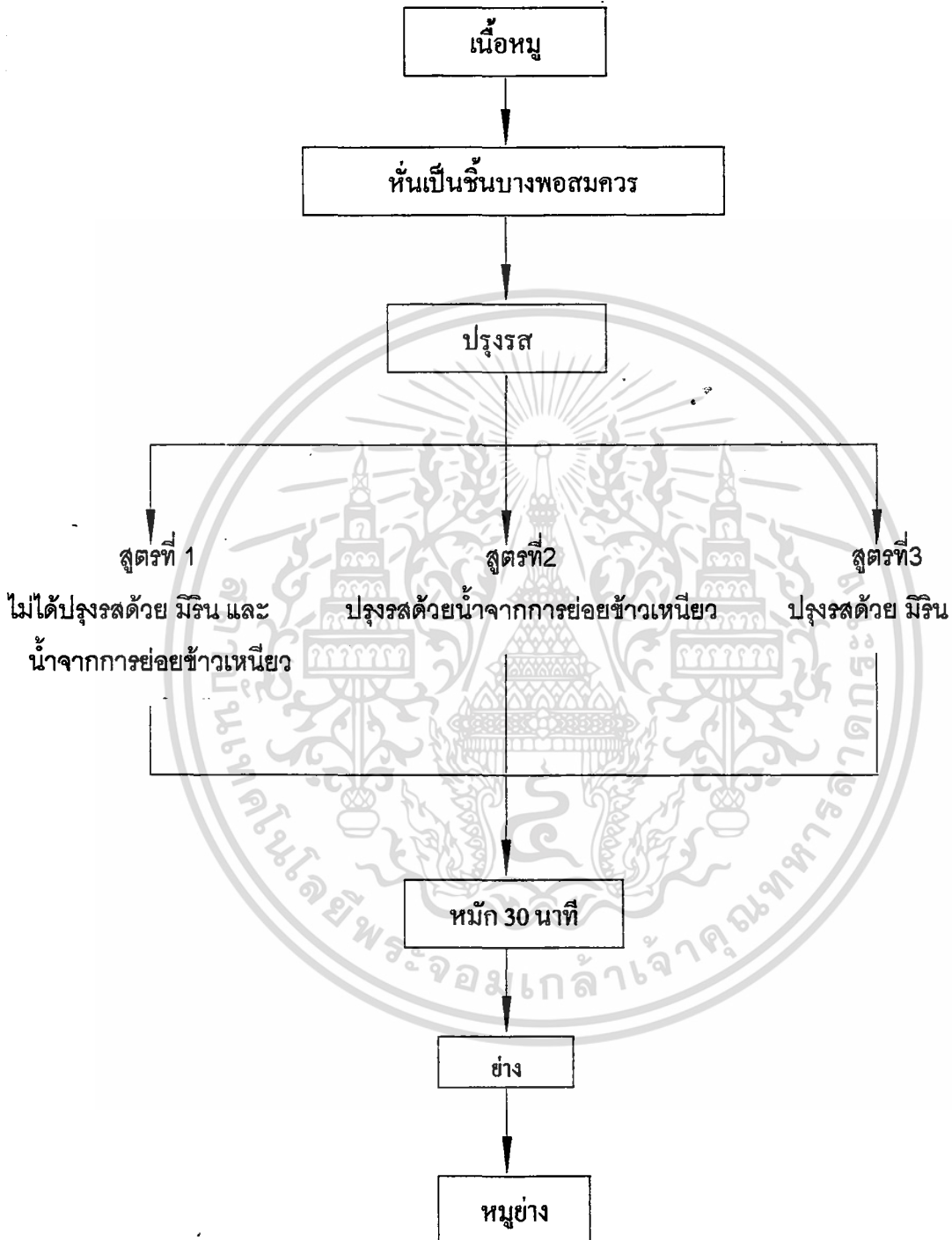
3.2.2 ศึกษาความเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณค่าความเป็นกรด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

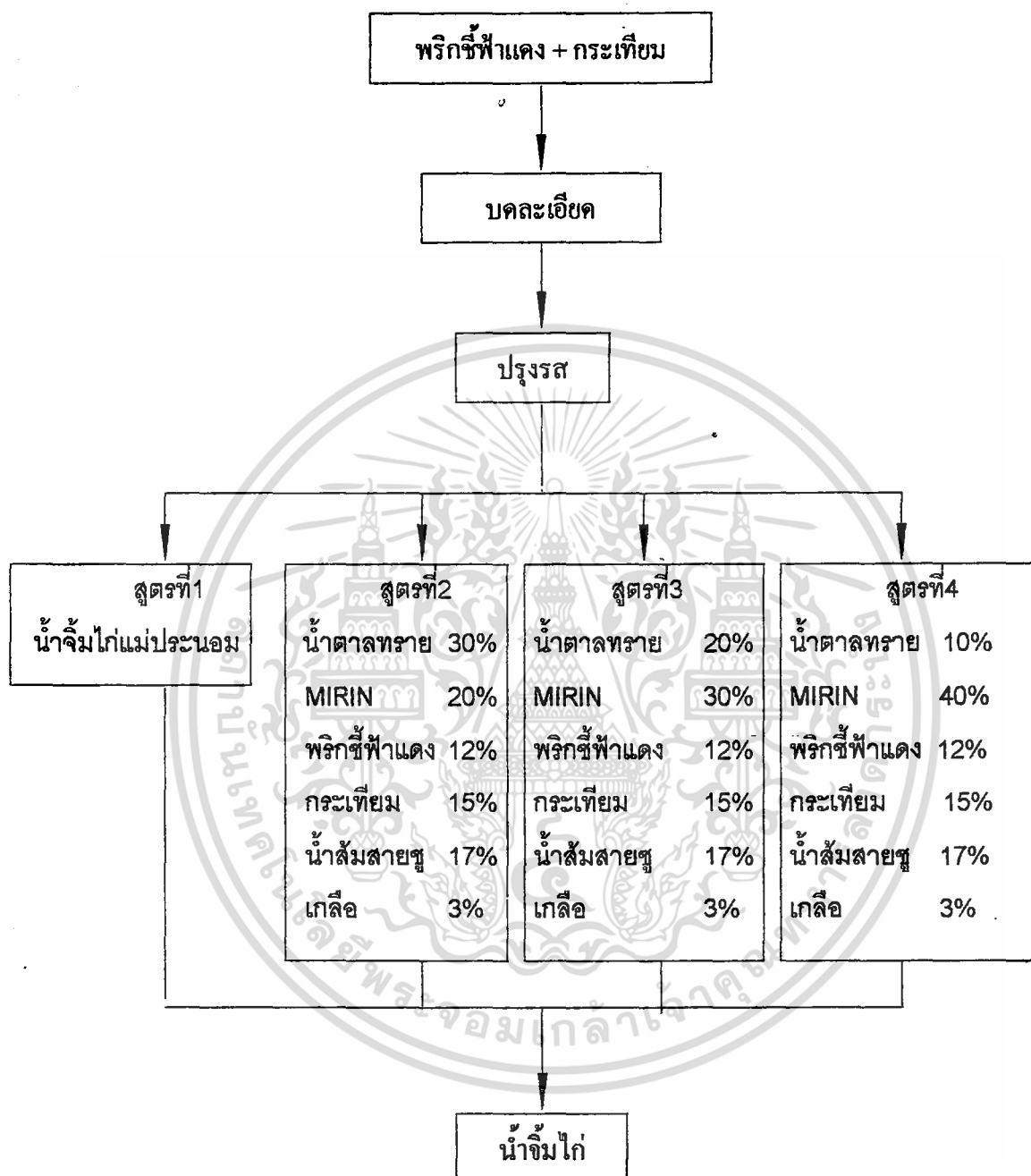
### 3.2.3 การทดลองนำน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวมาทำเป็นสารปรุงรส

#### 3.1 การทดลองนำน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเอนไซม์มาปรุงรสหมูย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การทดลองนำมีรินมาปรุงรสน้ำจิ้มไก่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา

จากการทดลองจะเห็นว่าน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง และนำมากรองผ่าน Suction จะได้น้ำที่มีสีเหลืองและใส เมื่อเก็บไว้นานจะทำให้เกิดฝ้าสีขาว และตกตะกอน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองบ่มน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่อุณหภูมิห้อง

| เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่เติม | เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้ | สี         | ความขุ่น-ใส | การเกิดฝ้า                        |
|-----------------------------|----------------------------|------------|-------------|-----------------------------------|
| 8%                          | 6.12%                      | เหลืองอ่อน | ใส          | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และตกตะกอน |
| 10%                         | 6.97%                      | เหลืองอ่อน | ใส          | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และตกตะกอน |
| 12%                         | 7.95%                      | เหลืองอ่อน | ใส          | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และตกตะกอน |

จากการทดลองจะเห็นว่า น้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา เมื่อนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และนำมากรองผ่าน Suction จะได้น้ำที่มีสีน้ำตาลเข้ม เพราะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล มีลักษณะขุ่นหนืดและไม่ใส เมื่อเก็บไว้นานจะเกิดฝ้าสีขาว และมีเชื้อราเกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4

จากการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิห้องเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มน้ำด้วยจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา เพราะลักษณะน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียว มีสีเหลืองอ่อน และใสมากกว่าการบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

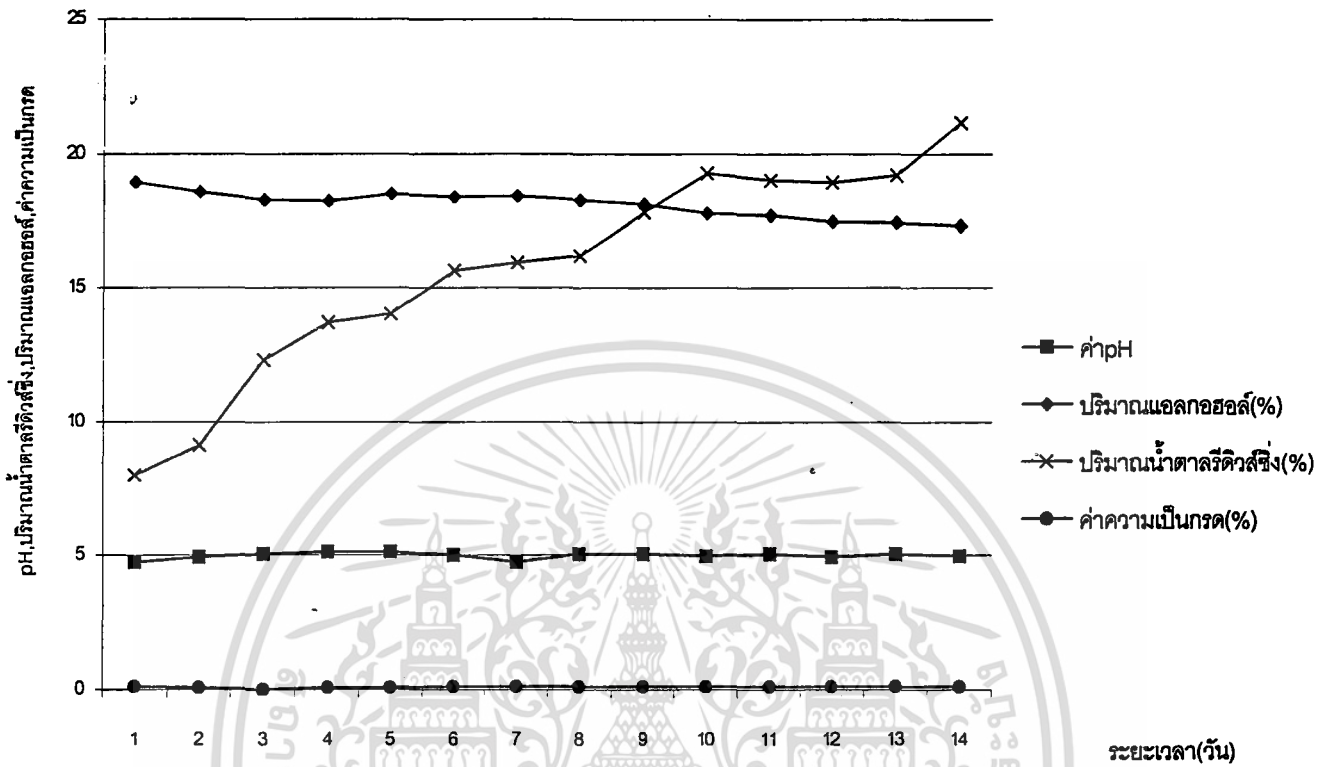
ตารางที่ 4 ผลการทดลองบ่มน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

| เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่เติม | เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้ | สี            | ความขุ่น-ใส | การเกิดฝ้า                                |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|-------------|---|
| 8%                          | 5.12%                      | น้ำตาลแดง     | ใสเล็กน้อย  | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และเชื้อราเกิดขึ้น |
| 10%                         | 6.17%                      | น้ำตาลส้มเข้ม | ขุ่น        | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และเชื้อราเกิดขึ้น |
| 12%                         | 7.91%                      | น้ำตาล        | ขุ่น-ข้น    | เก็บไว้นานเกิดฝ้าสีขาว และเชื้อราเกิดขึ้น |

4.2 ผลการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, ปริมาณความเข้มข้นกรด-ด่าง, ปริมาณค่าความเป็นกรด

จากกราฟจะเห็นว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Aspergillus oryzae* ให้มีการย่อยข้างเป็นแป้ง และย่อยแป้งเป็นน้ำตาล จึงเป็นเหตุให้น้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด และความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างจะคงที่ เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่เติมลงไปสามารถที่ยังจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1

กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการย่อยข้าวเหนียวด้วยโคจิจของเชื้อรา *Aspergillus oryzae* เมื่อเติมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของมิริน และน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวจากการทดลอง

| ปริมาณที่วัดได้ | มิริน | น้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียว<br>จากการทดลอง |
|-----------------|-------|--|
| น้ำตาลรีดิวซ์   | 24.7% | 21.1%  |
| แอลกอฮอล์       | 9.3%  | 18.2%  |
| ค่าความเป็นกรด  | 0.1%  | 0.1%   |
| ค่า pH          | 4.2%  | 5.0%   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 4.3 ผลการทดลองนำน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรามาทำเป็นสารปรุงรส

จากการทดลองจะเห็นว่า ผู้ชิมยอมรับหมูย่างที่มีการเติมมีรินมากกว่าสูตรอื่น ๆ และผู้ชิมจะยอมรับการปรุงด้วยน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรามากกว่าหมูย่างที่ไม่ได้ใช้สารปรุงรส ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของหมูย่าง

| สูตร        | 1                 | 2                 | 3                 |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| สี          | 3 <sup>c</sup>    | 3.2 <sup>b</sup>  | 5.13 <sup>a</sup> |
| กลิ่น-รส    | 2 <sup>c</sup>    | 3.86 <sup>b</sup> | 5.53 <sup>a</sup> |
| ลักษณะปรากฏ | 3.13 <sup>c</sup> | 3.66 <sup>b</sup> | 5.2 <sup>a</sup>  |
| ความชอบรวม  | 3.2 <sup>c</sup>  | 4.2 <sup>b</sup>  | 6 <sup>a</sup>    |

หมายเหตุ : ตัวอักษรเลขที่ไม่เหมือนกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

จากการทดลองจะเห็นว่า น้ำจิ้มไก่สูตรที่หนึ่ง ซึ่งเป็นน้ำจิ้มไก่แม่ประนอมจะได้รับการยอมรับมากกว่าน้ำจิ้มไก่สูตรอื่น ๆ และผู้ชิม ยอมรับน้ำจิ้มไก่สูตรที่ 4 ซึ่งมีการเติมมิรินลงไปร้อยละ 40 มากกว่าน้ำจิ้มไก่สูตรอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำจิ้มไก่

| สูตร        | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| สี          | 5.6 <sup>a</sup>  | 4.7 <sup>b</sup>  | 4.4 <sup>c</sup>  | 4.45 <sup>c</sup> |
| กลิ่น-รส    | 5.75 <sup>a</sup> | 4.7 <sup>b</sup>  | 4.2 <sup>d</sup>  | 4.4 <sup>c</sup>  |
| ลักษณะปรากฏ | 5.9 <sup>a</sup>  | 4.65 <sup>b</sup> | 4.35 <sup>c</sup> | 4.3 <sup>c</sup>  |
| ความชอบรวม  | 6.05 <sup>a</sup> | 4.75 <sup>b</sup> | 4.4 <sup>d</sup>  | 4.85 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : 1.ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 จากการทดลองหา อุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวเหนียว เป็นน้ำตาลด้วยเชื้อรา จะเห็นได้ว่าการปมน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิห้อง เหมาะกว่าการปม น้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะมีการย่อยเร็วกว่าก็ตาม แต่ลักษณะน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราไม่ดี เพราะว่าน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา จะมีลักษณะขุ่นหนืด เมื่อนำมากรองด้วย suction จะทำให้กรองได้ยาก น้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล มีลักษณะขุ่นไม่ใส เมื่อเก็บไว้นานก็จะเกิดฝ้า และมีเชื้อราเกิดขึ้น จำเป็นเหตุให้เลิกการปมน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราอุณหภูมิห้อง เพราะน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน และใส มีลักษณะคล้ายมรินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่ปริมาณแอลกอฮอล์ที่เติมลงไป ไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ จึงเป็นเหตุให้เกิดฝ้าที่ผิวน้ำน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา

5.1.2 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอลกอฮอล์, ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเป็นกรด พบว่าแอลกอฮอล์ที่เติมลงไปในอัตราส่วน 1:1 สามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ได้ แต่เอนไซม์ที่เกิดจากการทำงานของเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ยังทำงานต่อไปได้ จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งซึ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์สามารถย่อยข้าวเป็น แป้ง และย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ส่วนแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเป็นกรด ค่อนข้างจะคงที่ เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่เติมลงไป สามารถยับยั้งการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ได้

5.1.3 จากการทดลองทางประสาทสัมผัสทางสถิติ เพื่อหาความยอมรับ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการนำน้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา มาปรุงในหมูย่าง จะเห็นว่าผู้ชิมยอมรับหมูย่างที่ปรุงรสด้วยมรินที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมากกว่าสูตรอื่น ๆ และผู้ชิมจะยอมรับน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรามากกว่าหมูย่าง ที่ไม่ได้ใช้สารปรุงรส ส่วนการนำมรินมาปรุงรสในน้ำจิ้มไก่ จะเห็นว่าผู้ชิมยอมรับน้ำจิ้มไก่แม่ประนอมมากกว่าสูตรอื่น ๆ และผู้ชิมยอมรับน้ำจิ้มไก่ที่เติมมริน ร้อยละ 40 มากกว่าสูตรอื่น ๆ



5.2 ข้อเสนอแนะ ในการกรองน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา หลังจากกรองด้วยผ้าขาวบางแล้ว ควรนำน้ำไ้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราไปแช่ตู้เย็นก่อน เพื่อให้น้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อราตกตะกอนทำให้การนำไปกรองผ่าน section ได้ง่ายขึ้น และใสมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง**

## เอกสารอ้างอิง

- ปราณี อานเป็รื่อง. 2535 เอ็นไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 1 ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
- วรารุณี ครูส่ง 2539 เทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย 2536 เคมีอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- สุมิตรา บุญบำรุง และ ศักดิ์ชัย สองแคว 2535 การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวหมากโดยใช้ เชลจุลินทรีย์มีชีวิตตรึงไนโตรเจน ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- Patricia Cunniff editor 1995 Official Method of AOAC International, 16 th ed 28.1.07  
AOAC Official Method 969.12 AOAC International, Virginia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก.**  
**การทดสอบทางประสาทสัมผัส**  
**แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส**  
**หมูย่าง**

ชื่อ.....

วันที่.....

การพิจารณาการยอมรับแบ่งคะแนนตาม

| สี                         | กลิ่นรส               |
|----------------------------|-----------------------|
| 7 สีน้ำตาลเข้มมากที่สุด    | 7 หอมหวานมากที่สุด    |
| 6 สีน้ำตาลเข้มมาก          | 6 หอมหวานมาก          |
| 5 สีน้ำตาลเข้มปานกลาง      | 5 หอมหวานปานกลาง      |
| 4 สีน้ำตาลเข้ม             | 4 หอมหวาน             |
| 3 สีน้ำตาลไม่ค่อยเข้ม      | 3 ไม่ค่อยหอมหวาน      |
| 2 สีน้ำตาลไม่เข้มมาก       | 2 ไม่หอมหวานมาก       |
| 1 สีน้ำตาลไม่เข้มมากที่สุด | 1 ไม่หอมหวานมากที่สุด |
| ลักษณะปรากฏ                | การยอมรับรวม          |
| 7 เนื้อแห้งเข้มมากที่สุด   | 7 ชอบมากที่สุด        |
| 6 เนื้อแห้งเข้มมาก         | 6 ชอบมาก              |
| 5 เนื้อแห้งเข้มปานกลาง     | 5 ชอบปานกลาง          |
| 4 เนื้อแห้ง                | 4 เฉย ๆ               |
| 3 เนื้อแห้งไม่ค่อยเข้ม     | 3 ไม่ค่อยชอบ          |
| 2 เนื้อไม่แห้งมาก          | 2 ไม่ค่อยชอบมาก       |
| 1 เนื้อไม่แห้งมากที่สุด    | 1 ไม่ค่อยชอบมากที่สุด |

| ตัวอย่าง | สี | กลิ่น-รส | ลักษณะปรากฏ | ความชอบรวม |
|----------|----|----------|-------------|------------|
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส  
น้ำจิ้มไก่

ชื่อ.....

วันที่.....

การพิจารณาการยอมรับแบ่งคะแนนตาม

- สี**
- 7 เข้มมากที่สุด
  - 6 เข้มมาก
  - 5 เข้มปานกลาง
  - 4 เข้ม
  - 3 ไม่เข้ม
  - 2 ไม่เข้มนัก
  - 1 ไม่เข้มนักที่สุด

- ลักษณะปรากฏ**
- 7 ชั้นหนืดมากที่สุด
  - 6 ชั้นหนืดมาก
  - 5 ชั้นหนืดปานกลาง
  - 4 ชั้นหนืด
  - 3 ไม่ค่อยชั้นหนืด
  - 2 ไม่ชั้นหนืดมาก
  - 1 ไม่ชั้นหนืดมากที่สุด

- กลิ่นรส**
- 7 หอมหวานมากที่สุด
  - 6 หอมหวานมาก
  - 5 หอมหวานปานกลาง
  - 4 หอมหวาน
  - 3 ไม่หอมหวาน
  - 2 ไม่หอมหวานมาก
  - 1 ไม่หอมหวานมากที่สุด

- การยอมรับรวม**
- 7 ชอบมากที่สุด
  - 6 ชอบมาก
  - 5 ชอบปานกลาง
  - 4 เฉย ๆ
  - 3 ไม่ชอบ
  - 2 ไม่ชอบมาก
  - 1 ไม่ชอบมากที่สุด

| ตัวอย่าง | สี | กลิ่น-รส | ลักษณะปรากฏ | ความชอบรวม |
|----------|----|----------|-------------|------------|
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |
|          |    |          |             |            |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข.**  
**ระดับคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส**

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสีประเภทหมูอย่างทั้ง 3 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1  | 2   | 3    | คะแนนรวม |
|-------------|----|-----|------|----------|
| 1           | 4  | 2   | 6    | 12       |
| 2           | 1  | 4   | 7    | 12       |
| 3           | 2  | 3   | 6    | 11       |
| 4           | 6  | 5   | 7    | 18       |
| 5           | 3  | 3   | 5    | 11       |
| 6           | 4  | 5   | 6    | 15       |
| 7           | 2  | 3   | 4    | 9        |
| 8           | 5  | 3   | 6    | 14       |
| 9           | 3  | 4   | 5    | 12       |
| 10          | 1  | 1   | 3    | 5        |
| 11          | 5  | 4   | 6    | 15       |
| 12          | 2  | 3   | 4    | 9        |
| 13          | 2  | 2   | 3    | 7        |
| 14          | 4  | 4   | 6    | 14       |
| 15          | 1  | 2   | 3    | 6        |
| คะแนนรวม    | 45 | 48  | 77   | 170      |
| คะแนนเฉลี่ย | 3  | 3.2 | 5.13 | 11.3     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นรสประเภทหมูย่างทั้ง 3 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1  | 2    | 3    | คะแนนรวม |
|-------------|----|------|------|----------|
| 1           | 3  | 5    | 7    | 15       |
| 2           | 1  | 5    | 7    | 13       |
| 3           | 2  | 3    | 6    | 11       |
| 4           | 1  | 3    | 6    | 10       |
| 5           | 3  | 4    | 5    | 12       |
| 6           | 4  | 6    | 6    | 16       |
| 7           | 1  | 4    | 7    | 12       |
| 8           | 5  | 4    | 6    | 15       |
| 9           | 3  | 4    | 5    | 12       |
| 10          | 1  | 3    | 5    | 9        |
| 11          | 4  | 5    | 6    | 15       |
| 12          | 1  | 3    | 5    | 9        |
| 13          | 1  | 3    | 4    | 7        |
| 14          | 3  | 4    | 5    | 12       |
| 15          | 1  | 2    | 3    | 6        |
| คะแนนรวม    | 30 | 58   | 83   | 171      |
| คะแนนเฉลี่ย | 2  | 3.86 | 5.53 | 11.39    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสลักษณะปรากฏประเภทหมุย่างทั้ง 3  
สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1    | 2    | 3   | คะแนนรวม |
|-------------|------|------|-----|----------|
| 1           | 4    | 5    | 7   | 16       |
| 2           | 2    | 3    | 7   | 12       |
| 3           | 3    | 4    | 7   | 14       |
| 4           | 4    | 4    | 5   | 13       |
| 5           | 4    | 4    | 5   | 13       |
| 6           | 1    | 5    | 7   | 13       |
| 7           | 4    | 4    | 4   | 16       |
| 8           | 5    | 5    | 5   | 15       |
| 9           | 4    | 3    | 5   | 12       |
| 10          | 1    | 1    | 2   | 4        |
| 11          | 5    | 4    | 6   | 15       |
| 12          | 3    | 4    | 5   | 12       |
| 13          | 2    | 3    | 5   | 10       |
| 14          | 4    | 4    | 5   | 13       |
| 15          | 1    | 2    | 3   | 6        |
| คะแนนรวม    | 47   | 55   | 78  | 180      |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.13 | 3.66 | 5.2 | 11.99    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชอบรวมประเภทหมูอย่าง  
ทั้ง 3 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1   | 2   | 3  | คะแนนรวม |
|-------------|-----|-----|----|----------|
| 1           | 4   | 4   | 7  | 15       |
| 2           | 3   | 5   | 7  | 15       |
| 3           | 1   | 4   | 7  | 12       |
| 4           | 3   | 5   | 7  | 15       |
| 5           | 3   | 4   | 5  | 12       |
| 6           | 5   | 6   | 7  | 18       |
| 7           | 2   | 3   | 4  | 9        |
| 8           | 6   | 5   | 7  | 18       |
| 9           | 5   | 6   | 7  | 18       |
| 10          | 1   | 2   | 3  | 6        |
| 11          | 5   | 4   | 6  | 15       |
| 12          | 4   | 5   | 6  | 15       |
| 13          | 1   | 4   | 7  | 12       |
| 14          | 4   | 4   | 7  | 15       |
| 15          | 1   | 2   | 3  | 6        |
| คะแนนรวม    | 48  | 63  | 90 | 201      |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.2 | 4.2 | 6  | 13.4     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสีประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1   | 2   | 3    | 4    | คะแนนรวม |
|-------------|-----|-----|------|------|----------|
| 1           | 7   | 2   | 1    | 3    | 13       |
| 2           | 6   | 5   | 4    | 4    | 12       |
| 3           | 5   | 4   | 5    | 4    | 18       |
| 4           | 6   | 5   | 5    | 6    | 22       |
| 5           | 4   | 4   | 4    | 5    | 18       |
| 6           | 3   | 6   | 5    | 5    | 19       |
| 7           | 6   | 3   | 4    | 4    | 17       |
| 8           | 2   | 3   | 6    | 5    | 16       |
| 9           | 7   | 5   | 6    | 5    | 23       |
| 10          | 6   | 5   | 5    | 5    | 21       |
| 11          | 2   | 6   | 6    | 6    | 25       |
| 12          | 7   | 5   | 5    | 5    | 22       |
| 13          | 6   | 5   | 5    | 5    | 21       |
| 14          | 7   | 5   | 4    | 3    | 19       |
| 15          | 6   | 7   | 3    | 5    | 21       |
| 16          | 7   | 6   | 5    | 4    | 22       |
| 17          | 6   | 5   | 5    | 3    | 19       |
| 18          | 4   | 3   | 2    | 3    | 12       |
| 19          | 4   | 5   | 4    | 4    | 17       |
| 20          | 6   | 5   | 4    | 4    | 19       |
| คะแนนรวม    | 112 | 94  | 82   | 89   | 383      |
| คะแนนเฉลี่ย | 5.6 | 4.7 | 4.45 | 4.45 | 19.15    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของกลิ่นรสประเภทน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1    | 2   | 3   | 4   | คะแนนรวม |
|-------------|------|-----|-----|-----|----------|
| 1           | 7    | 5   | 6   | 7   | 25       |
| 2           | 6    | 4   | 4   | 5   | 19       |
| 3           | 5    | 4   | 4   | 4   | 17       |
| 4           | 5    | 5   | 3   | 3   | 16       |
| 5           | 4    | 4   | 4   | 4   | 16       |
| 6           | 3    | 5   | 5   | 4   | 17       |
| 7           | 6    | 4   | 5   | 5   | 20       |
| 8           | 5    | 5   | 3   | 5   | 18       |
| 9           | 7    | 3   | 4   | 6   | 20       |
| 10          | 7    | 3   | 3   | 3   | 16       |
| 11          | 7    | 6   | 6   | 6   | 25       |
| 12          | 7    | 5   | 5   | 5   | 22       |
| 13          | 6    | 5   | 5   | 3   | 21       |
| 14          | 7    | 5   | 4   | 5   | 19       |
| 15          | 6    | 7   | 3   | 4   | 21       |
| 16          | 7    | 6   | 5   | 3   | 22       |
| 17          | 6    | 5   | 5   | 3   | 19       |
| 18          | 4    | 3   | 2   | 4   | 12       |
| 19          | 4    | 5   | 4   | 4   | 17       |
| 20          | 6    | 5   | 4   | 4   | 19       |
| คะแนนรวม    | 119  | 94  | 84  | 88  | 381      |
| คะแนนเฉลี่ย | 5.75 | 4.7 | 4.2 | 4.4 | 19.05    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลักษณะปรากฏประเภทน้ำจิ้มไก่  
ทั้ง 4 สูตร

| ลำดับผู้ชิม | 1   | 2    | 3    | 4   | คะแนนรวม |
|-------------|-----|------|------|-----|----------|
| 1           | 7   | 5    | 3    | 3   | 18       |
| 2           | 5   | 3    | 3    | 3   | 14       |
| 3           | 5   | 4    | 4    | 4   | 17       |
| 4           | 5   | 5    | 4    | 2   | 17       |
| 5           | 4   | 4    | 4    | 4   | 16       |
| 6           | 2   | 5    | 6    | 3   | 15       |
| 7           | 6   | 4    | 4    | 4   | 18       |
| 8           | 3   | 3    | 5    | 5   | 16       |
| 9           | 7   | 4    | 5    | 6   | 22       |
| 10          | 7   | 3    | 3    | 3   | 16       |
| 11          | 7   | 6    | 6    | 6   | 25       |
| 12          | 7   | 6    | 5    | 4   | 22       |
| 13          | 7   | 6    | 5    | 5   | 23       |
| 14          | 7   | 6    | 5    | 5   | 23       |
| 15          | 7   | 6    | 3    | 5   | 21       |
| 16          | 7   | 5    | 5    | 5   | 22       |
| 17          | 7   | 5    | 3    | 6   | 21       |
| 18          | 6   | 4    | 4    | 4   | 18       |
| 19          | 5   | 5    | 5    | 5   | 20       |
| 20          | 7   | 4    | 5    | 4   | 20       |
| คะแนนรวม    | 118 | 93   | 87   | 86  | 384      |
| คะแนนเฉลี่ย | 5.9 | 4.65 | 4.35 | 4.3 | 19.2     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชอบรวมประเภทน้ำจิ้มไก่ ทั้ง 4 สูตร

| ลำดับผู้ชิม        | 1           | 2           | 3          | 4           | คะแนนรวม     |
|--------------------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|
| 1                  | 7           | 5           | 3          | 6           | 21           |
| 2                  | 5           | 3           | 3          | 4           | 15           |
| 3                  | 7           | 4           | 4          | 3           | 18           |
| 4                  | 5           | 3           | 3          | 5           | 16           |
| 5                  | 4           | 5           | 4          | 4           | 19           |
| 6                  | 3           | 4           | 4          | 5           | 16           |
| 7                  | 6           | 5           | 5          | 7           | 23           |
| 8                  | 4           | 5           | 3          | 4           | 16           |
| 9                  | 7           | 4           | 6          | 5           | 22           |
| 10                 | 7           | 3           | 3          | 3           | 16           |
| 11                 | 7           | 6           | 6          | 6           | 25           |
| 12                 | 7           | 6           | 4          | 5           | 22           |
| 13                 | 6           | 5           | 5          | 5           | 21           |
| 14                 | 7           | 6           | 5          | 4           | 22           |
| 15                 | 7           | 6           | 4          | 5           | 22           |
| 16                 | 7           | 6           | 4          | 5           | 22           |
| 17                 | 7           | 3           | 7          | 5           | 22           |
| 18                 | 6           | 4           | 4          | 3           | 17           |
| 19                 | 5           | 7           | 6          | 6           | 26           |
| 20                 | 7           | 5           | 5          | 5           | 22           |
| <b>คะแนนรวม</b>    | <b>121</b>  | <b>55</b>   | <b>88</b>  | <b>97</b>   | <b>401</b>   |
| <b>คะแนนเฉลี่ย</b> | <b>6.05</b> | <b>4.75</b> | <b>4.4</b> | <b>4.85</b> | <b>20.05</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.  
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นรสเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS     | MS    | F       |
|-----------|------|--------|-------|---------|
| TREATMENT | 2    | 93.73  | 46.87 | 104.15* |
| BLOCK     | 14   | 64.86  | 4.63  | 10.29*  |
| ERROR     | 28   | 12.61  | 0.45  |         |
| TOTAL     | 44   | 171.62 |       |         |

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีเปรียบเทียบระหว่างหมูย่างทั้ง 3 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS     | MS     | F      |
|-----------|------|--------|--------|--------|
| TREATMENT | 2    | 41.646 | 20.223 | 28.64* |
| BLOCK     | 14   | 61.78  | 4.413  | 6.070* |
| ERROR     | 28   | 20.354 | 0.727  |        |
| TOTAL     | 44   | 123.78 |        |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏเปรียบเทียบระหว่างหมุย่างทั้ง 3 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS    | MS     | F       |
|-----------|------|-------|--------|---------|
| TREATMENT | 2    | 34.53 | 17.265 | 28.82*  |
| BLOCK     | 14   | 86    | 6.143  | 10.255* |
| ERROR     | 28   | 16.47 | 0.599  |         |
| TOTAL     | 44   | 137   |        |         |

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชอบรวมเปรียบเทียบระหว่างหมุย่างทั้ง 3 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS    | MS   | F      |
|-----------|------|-------|------|--------|
| TREATMENT | 2    | 60.4  | 30.2 | 39.22* |
| BLOCK     | 14   | 71.2  | 5.08 | 6.60*  |
| ERROR     | 28   | 21.6  | 0.77 |        |
| TOTAL     | 44   | 153.2 |      |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสีเปรียบเทียบระหว่างน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS     | MS    | F     |
|-----------|------|--------|-------|-------|
| TREATMENT | 3    | 18.64  | 6.213 | 9.59* |
| BLOCK     | 19   | 48.64  | 2.56  | 3.94* |
| ERROR     | 57   | 37.11  | 0.65  |       |
| TOTAL     | 79   | 104.39 |       |       |

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลิ่นรสเปรียบเทียบระหว่างน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS     | MS    | F      |
|-----------|------|--------|-------|--------|
| TREATMENT | 3    | 28.54  | 9.513 | 11.14* |
| BLOCK     | 19   | 47.24  | 2.49  | 2.91*  |
| ERROR     | 57   | 48.71  | 0.854 |        |
| TOTAL     | 79   | 124.49 |       |        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะปรากฏเปรียบเทียบระหว่างน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS    | MS    | F     |
|-----------|------|-------|-------|-------|
| TREATMENT | 3    | 33.7  | 11.23 | 6.53* |
| BLOCK     | 19   | 45.1  | 2.374 | 1.38* |
| ERROR     | 57   | 98    | 1.72  |       |
| TOTAL     | 79   | 176.8 |       |       |

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชอบรวมเปรียบเทียบระหว่างน้ำจิ้มไก่ทั้ง 4 สูตร

| SOURCE    | D.F. | SS    | MS    | F      |
|-----------|------|-------|-------|--------|
| TREATMENT | 3    | 30.95 | 10.32 | 28.98* |
| BLOCK     | 19   | 70.75 | 3.724 | 10.46* |
| ERROR     | 57   | 20.3  | 0.336 |        |
| TOTAL     | 79   | 122   |       |        |

หมายเหตุ

\* มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ง.**  
**วิธีตรวจสอบ และวิเคราะห์ทางเคมี**

**1. การวัดความเป็นกรด-ด่าง**

1.1 นำตัวอย่างน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา ใส่ลงบีกเกอร์ในปริมาณที่พอเหมาะ

1.2 ทำการวัด pH โดยใช้ pH-meter ที่ปรับด้วย buffer solution pH 4 และ pH 7

1.3 อ่านค่า pH เมื่อตัวเลขหยุดนิ่ง

**2. การวิเคราะห์ acidity**

อุปกรณ์ และสารเคมี

-Standard Sodium hydroxide (0.1N)

-Phenolphthalein 1% indicator

-Burette 50 ml

-Erlenmeyer flask 250 ml

วิธีการ

2.1 ดูดสารละลายน้ำจากการย่อยข้างเหนียวด้วยเชื้อราจำนวน 5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร หยด Phenolphthalein 1% จำนวน 2-3 หยด เขย่าให้เข้ากัน

2.2 นำสารละลายไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH จนสารละลายเปลี่ยนสีชมพูอ่อน ทำการทดลองซ้ำ

2.3 คำนวณความเป็นกรดจาก

$$\% \text{ความเป็นกรด} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{Normality NaOH} \times \text{Equivalent wt of Acid} \times 100}{\text{ml (or gm) Sample} \times 100}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี Lane-Eynon Method

#### อุปกรณ์ และสารเคมี

##### -Fehling Solution A

ละลาย  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  34.659 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร

โดยใช้ Volumetric flask กรองผ่านใยแก้ว

##### -Fehling Solution B

ละลาย Potassium tartrate  $4\text{H}_2\text{O}$  (Rochelle salt) 173 กรัม และ NaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ Volumetric flask กรองผ่านใยแก้ว

-สารละลายกลูโคสมาตรฐาน 0.25%

-สารละลาย Methylene blue 1%

-Hot plate

- ปิเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร

#### วิธีการ

##### 3.1 การหาปริมาณของกลูโคสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Soxhlet 10 ml

ปิเปตสารละลาย Fehling อย่างละ 5 มิลลิลิตร ลง Erlenmeyer flask ผสมให้เข้ากัน ไตรเตรทกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน โดยเติมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน 15 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดปานกลางนาน 2 นาที เติม Methylene blue 3-4 หยด ถ้าสีของ Methylene blue จางหายไปเป็นไม่มีสี แสดงว่าเกินจุดยุติ ให้เจือจางสารละลายกลูโคสมาตรฐานอีกครั้ง

ถ้าสีของ Methylene blue ยังคงอยู่ให้ไตรเตรทต่อไป ให้ถึงจุดยุติภายใน 3 นาที ถ้าถึงจุดยุติที่ปริมาตร มากกว่า 50 มิลลิลิตร ให้ใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานที่เข้มข้นมากขึ้น

ถ้าไตรเตรทได้จุดยุติมีปริมาตรอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร ภายใจเวลา 3 นาที ให้ทำซ้ำ โดยเติมสารละลายกลูโคสมาตรฐานครั้งแรกในปริมาตรที่น้อยกว่าปริมาตรจุดยุติที่ได้ 0.5-1.0 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดปานกลางนาน 3 นาที เติม Methylene blue 3-4 หยด แล้วไตรเตรทต่อที่ละหยด จนถึงจุดยุติในเวลาไม่เกิน 3 นาที บันทึกปริมาตรที่ได้ ทำซ้ำอีกครั้ง

##### 3.2 การคำนวณ

ปริมาณกลูโคสเป็นมิลลิกรัมที่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Soxhlet 10 ml = ปริมาตรที่ไตรเตรทได้ x

ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

### 3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ใส่สารละลายตัวอย่าง (น้ำจากการย่อยข้าวเหนียวด้วยเชื้อรา) ทำการไตเตรท เช่นเดียวกับวิธีวิเคราะห์ในข้อ 1 บันทึกปริมาตรที่ไตเตรทได้ ทำซ้ำอีก จนได้ค่าที่เที่ยงตรง คำนวณ ปริมาณน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างจาก

$$\text{ปริมาตรกลูโคสในตัวอย่าง} = \frac{(\text{ปริมาณกลูโคสที่พอกกับสารละลาย Soxhlet}) \times 100}{\text{ปริมาตรที่ไตเตรทได้ (fiter)}} \quad (\text{มิลลิกรัมต่อ } 100 \text{ มิลลิลิตร})$$

### 4. การวิเคราะห์แอลกอฮอล์โดยวิธี Dichromate Oxidation

#### อุปกรณ์ และสารเคมี

- สารละลาย Potassium dichromate solution

เติมกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (conc.) 325 ml. ลงในน้ำกลั่น 400 ml. อย่างช้า ๆ ในบีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร คนเบา ๆ ทำให้เย็น อุณหภูมิ 80-90 องศา เติม  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (Potassium dichromate) 33.768 กรัม (เป็น primary standard) คนให้ละลาย ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเกือบถึงขีด ทำให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

- สารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution

ละลาย  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (ammonium ferrous sulfate) 135.5 กรัม ในน้ำ 500 ml. ในบีกเกอร์ขนาด 1000 ml. เติมกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (conc.) 30 ml. ถ่ายใส่ Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร

- สารละลาย 1,10 -Phenanthroline indicator

ละลาย  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Ferrous sulfate) 0.695 กรัม ในน้ำกลั่น 50 ml. แล้วเติม 1,10- Phenanthroline  $\text{H}_2\text{O}$  1.485 กรัม คนให้ละลาย แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml.

- Micro kjeldahl apparatus

- อ่างควบคุมอุณหภูมิ  $60 \pm 2$  องศาเซลเซียส

- Erlenmeyer flask 250 ml.

- บิวเรต 50 ml.

#### วิธีการ

##### 4.1 การกลั่นตัวอย่างโดยใช้ micro kjeldahl apparatus

ต้มน้ำใน steam generator ให้เดือด แล้วเปิดให้น้ำเย็นไหลผ่าน condenser ใส่ สารละลาย  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ปริมาตร 25 ml. ลงใน Erlenmeyer flask 250 ml. แล้วนำมาวางรองรับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condenser โดยให้ปลาย condenser จุ่มอยู่ในสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  ปิดเปิดตัวอย่าง 1 ml. ใส่ในหลอดกลับตัวอย่าง ใช้ขวดน้ำล้างรอบ ๆ จนแน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างติดค้าง

ปิดปากหลอด แล้วเปิดให้ไอน้ำไหลเข้าข้างกลับตัวอย่าง ทำการกลั่นจนกระทั่งปริมาณของสารละลาย ที่มี  $K_2Cr_2O_7$  ที่ใช้รองรับสารละลายที่กลั่นได้มีปริมาตร เพิ่มเป็นประมาณ 40 ml. ให้เอา Erlenmeyer flask ออก โดยใช้ขวดน้ำล้างฉีดที่ปลาย condenser ให้สารละลายที่ติดอยู่ไหลลงมาใน Erlenmeyer flask ปิดจุกแล้วนำ Erlenmeyer flask ไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ นาน 20-30 นาที เพื่อให้การ Oxidation สมบูรณ์

#### 4.2 การไตเตรท

นำสารละลายที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้การ Oxidation สมบูรณ์แล้ว มาไตเตรทกับสารละลาย Ferrous ammonium จนได้สารละลายสีเขียวใส แล้วเติมสารละลาย 1,10-Phenanthroline 3 หยด แล้วไตเตรทต่อไปจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาตรเป็น V มิลลิลิตร

ทำการไตเตรท blank โดยใช้สารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  ปริมาตร 25 ml. นำมาไตเตรทกับสารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution โดยตรง ให้ปริมาตรที่ไตเตรทได้เป็น V' มิลลิลิตร

เนื่องจากสารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution จะถูก Oxidize อย่างช้า ๆ โดยอากาศ ดังนั้นจึงควรหาค่า blank ทุกวันที่ทำการวิเคราะห์ และควรทิ้งสารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution ที่ปล่อยทิ้งไว้ในบิวเรตเกิน 30 นาที

#### 4.3 การคำนวณหาแอลกอฮอล์จากสูตร

$$\text{ปริมาณแอลกอฮอล์ (\% น้ำหนัก/ปริมาตร)} = 25 - [(25)(V/V')]$$

หมายเหตุ : ในกรณีที่ต้องการเป็น % ปริมาตร / ปริมาตร ให้หาค่าได้ด้วยความถ่วงจำเพาะของ Ethyl alcohol (0.7933) ดังนี้

$$\text{ปริมาณแอลกอฮอล์(\%ปริมาตร/ปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาณแอลกอฮอล์(\% น้ำหนัก/ปริมาตร)}}{0.7933}$$



ภาคผนวก จ.  
รูปภาพ



ภาพภาคผนวกที่ 2 : ตัวอย่างน้ำที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียวก่อนผ่านการกรอง(ซ้าย)  
และหลังผ่านการกรองด้วย Suction(ขวา)



ภาพภาคผนวกที่ 3 : ตัวอย่างมิรินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นาย ต่อพงษ์ ศรีเกษม เกิดเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2519 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ จากโรงเรียนเซนต์จอห์นโปลีเทคนิค จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ.2537 สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจาก ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อ พ.ศ. 2540

นางสาว นิตยัตติมา คงทวี เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2517 ที่จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสุรินธร เมื่อ พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะเทคโนโลยีการอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ เมื่อ พ.ศ.2538 และสำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อ พ.ศ.2540



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้