



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอัตราส่วนข้าวแดงต่อข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการผลิตสาโทข้าวแดง  
(Study on optimal Retion of Ang-kak and Glutinous Rice in Red Sato Rermentation)

โดย

นางสาวกิตติมา	จังกพานิช	รหัส 45045022
นางสาวดวงเดือน	เดชะวงศ์	รหัส 45045030
นายอภิวัฒน์	วาดเขียน	รหัส 45045060

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

(ดร.นุชเทียม พันธุ์เพ็ง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาอัตราส่วนข้าวแดงต่อข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการผลิตสาโทข้าวแดง  
(Study on Optimal Retion of Ang-kak and Glutinous Rice in Red Sato Fermentation)



T096561

นางสาวกิตติมา จังพานิช รหัส 45045022

นางสาวดวงเดือน เตชะวงศ์ รหัส 45045030

นายอภิวัฒน์ วาดเขียน รหัส 45045060

ปพ.  
กบ75ก  
2546

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 96561  
วัน เดือน ปี..... 7 8 2546

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ.2546

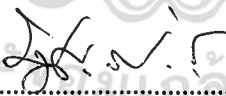
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติมา จังพานิช ดวงเดือน เตชะวงศ์ และ อภิวัฒน์ วาดเขียน 2546: การศึกษาอัตราส่วนข้าวแดงต่อข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการผลิตสาโทข้าวแดง (Study on Red Sato Fermentation Using Different Rations of Ang-Kak and Glutinous Rice) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง, 70 หน้า

สาโทเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย การพัฒนาสาโทโดยนำข้าวแดงซึ่งเป็นสารสีจากธรรมชาติมาเป็นส่วนประกอบจึงต้องมีการศึกษาทดลองหาสูตรที่เหมาะสม การผลิตข้าวแดงจะทำการศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวแดง โดยใช้เชื้อ *Monascus* sp. ทำการศึกษาเปรียบเทียบวัดปริมาณร้อยละความชื้น และการวัดค่า pH ในระหว่างการหมักที่ระดับความชื้น 35 40 45 50 และ 55 เป็นเวลา 12 วัน จากการทดลองปรากฏว่า ปริมาณความชื้นที่สูงจะมีค่า pH เพิ่มขึ้นและปริมาณความชื้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ข้าวแดงที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *Monascus* sp. จะนำมาหมักเป็นสาโทสูตรพื้นฐานในระดับข้าวแดงชนิดสดและข้าวแดงชนิดแห้งอัตราส่วนร้อยละ 0 10 30 และ 50 ตามลำดับ ลูกแป้งที่ใช้ในการหมักจะทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโดยเชื้อรา และเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดยเชื้อยีสต์ที่มีอยู่ในลูกแป้ง ในระหว่างการหมักมีการเก็บตัวอย่างผลการทดลองหลังผ่านน้ำทุกๆ วันที่ 1 2 3 4 และ 5 โดยจะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ พีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ วัดปริมาณกรดและวัดสี จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสาโทที่ใช้ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10 ได้รับความชอบทางด้านสี กลิ่น รส และความประทับใจเท่ากับ 17.83 23.16 29.16 และ 17.26 ตามลำดับ

ดวงเดือน เตชะวงศ์



๒๑ ธ.ค. ๒๕๔๖

ลายมือชื่ออาจารย์

วัน เดือน ปี

ลายมือชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอขอบพระคุณดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลา ให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษา การเสนอและข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหา พิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งได้ตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษจนเสร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอพระคุณบิดาและมารดา ที่ให้ทุนทรัพย์เพื่อใช้จ่ายในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ตลอดจนกำลังใจต่างๆที่มีให้ด้วยดีเสมอมา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยให้ปัญหาพิเศษสำเร็จ ได้ด้วยดี ไม่ว่าจะเป็นการคอยให้การช่วยเหลือในด้านข้อมูล และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาปัญหาพิเศษ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า สำหรับผู้ที่สนใจ โดยได้ศึกษาในเรื่องของการศึกษาหาอัตราส่วนข้าวแดงต่อข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการผลิตสาโทข้าวแดง ให้มีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังเป็นการเพิ่มสีสันที่แปลกใหม่ให้กับสาโท

ในเนื้อหาประกอบด้วย ข้าวแดงและประโยชน์จากข้าวแดง กรรมวิธีที่ใช้ผลิต สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแป้ง กระบวนการผลิตลูกแป้งและสาโท ขั้นตอนและวิธีการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปสถานะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง

หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และยินดีรับคำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

กิตติมา จังพานิช  
ดวงเดือน เตชะวงศ์  
อภิวัฒน์ วาดเขียน  
19 มีนาคม 2546

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
คำนำ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 ข้าวแดง	2
2.1.1 วิธีการผลิตข้าวแดง	3
2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต	5
2.1.3 ชนิดของสารสีที่สร้างโดยเชื้อรา <i>Monascus</i> sp.	7
2.1.4 การใช้ประโยชน์จากเชื้อราโมเนสคัส	9
2.1.5 สิ่งที่ได้จากการผลิตข้าวแดงและการนำไปใช้ประโยชน์	10
2.2 สีผสมอาหาร	12
2.2.1 สีผสมอาหาร โดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ประเภท	12
2.2.2 ข้อควรปฏิบัติในการใช้สี	14
2.2.3 ปริมาณที่กำหนดในการใช้สีผสมอาหาร	15
2.2.4 มาตรฐานสีผสมอาหาร	15
2.2.5 อันตรายจากการใช้สี	16
2.3 สาโท	17
2.3.1 สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแป้ง	17
2.3.2 ข้าว	21
2.3.3 แป้ง	22
2.3.4 ลูกแป้ง	22
2.3.5 กระบวนการผลิตสาโท	25
3. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้	27
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	27
3.2 อุปกรณ์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

3.3	วิธีการทดลอง	27
3.3.1	การทดลองผลิตภัณฑ์ข้าวแดงจากสูตรพื้นฐาน	27
3.3.2	การทดลองผลิตภัณฑ์สูตรพื้นฐาน	27
3.3.3	ทดสอบการเติมข้าวแดงสดและข้าวแดงอบแห้งในสาโทในปริมาณต่างๆ	28
3.3.4	การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจากการทดลองที่ 2 และที่ 3	28
3.3.5	การเก็บตัวอย่าง	28
3.3.6	การวิเคราะห์ตัวอย่าง	28
3.4	การวิเคราะห์เฮริลแอลกอฮอล์โดยวิธี Dichromate oxidation	29
4.	ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	32
4.1	แสดงผลการผลิตข้าวแดงและการผลิตสาโทข้าวแดง	32
4.2	ผลการประเมินคุณภาพการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง	42
5.	สรุปผลการทดลอง	44
6.	เอกสารอ้างอิง	45
7.	ภาคผนวก	47
8.	ประวัติผู้เขียน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การศึกษาวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการหมักแห้งต่อการผลิตสีของสร้างสปอร์ ของเชื้อ <i>Monascus purpureus varity kaoliang</i> เมื่อบ่มเป็นเวลา 12 วันที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส	6 9
2.2 สมบัติของสีโมแนสคัส	9
2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิและ ข้าวแดงที่ผลิตได้	9
2.4 การใช้ประโยชน์ของสารสีจากข้าวแดงที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร	11
2.5 Codex list of color	14
2.6 การแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอมัยโลส	21
4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสีโทข้าวแดงในปริมาณข้าวแดงสด และข้าวแดงอบแห้ง ที่ระดับร้อยละ 0 50 30 และ10 ที่ระดับความเข้มข้น 0.05	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงข้าวแดงทั้งเมล็ด	2
2.2 แสดงขั้นตอนการผลิตข้าวแดง	4
2.3 สารสีกลุ่มสีแดง	8
2.4 สารสีกลุ่มสีเหลือง	8
2.5 แผนภูมิการผลิตลูกแป้ง	24
2.6 แผนภูมิการผลิตสาโทหรือน้ำขาว	26
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณความชื้นที่ใช้	32
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาที่ใช้	33
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอลกอฮอล์กับเวลาที่ใช้หมักสาโท	34
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท	35
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) กับเวลาที่ใช้หมักสาโท	36
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดกับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท	37
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า L กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท	38
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า A กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท	39
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า B กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท	40
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าพีเอช ในสาโทข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบัน สุราไทยพื้นบ้านกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งการบริโภคภายในประเทศ รวมถึงการพัฒนาไปยังการส่งออกสาโทหรือน้ำข้าว เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านของไทย ทำจากการหมักข้าวเหนียวหนึ่งด้วยลูกแป้งเชื้อหรือเป็นการหมักข้าวเหนียวหนึ่งโดยใช้ลูกแป้งเหล้า โดยการเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ และปริมาณแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15% โดยปริมาตร (ประดิษฐ์ , 2525) ภายในลูกแป้งเหล้าจะมีจุลินทรีย์อยู่ภายในหลายชนิด ซึ่งชนิดหลักๆ ก็คือ *Rhizopus* sp. และ *Saccharomyces* sp. (วารสารสถาบันอาหาร , 2546) การพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทหรือการปรับปรุงคุณภาพ ให้มีลักษณะแปลกใหม่โดยการใช้วัตถุดิบธรรมชาติจากข้าวแดง เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อพัฒนาคุณภาพของสาโทให้มีสีที่น่าบริโภคมากขึ้น ข้าวแดงเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่ได้จากการหมักแห้งของรา สายพันธุ์ *Monascus* spp. บนวัตถุดิบที่เป็นข้าว เชื้อราจะสร้างสารสี ที่เส้นใยทำให้เกิดสีแดงทั่วเมล็ดข้าวและนำผลผลิตที่ได้มาใช้ประโยชน์กันแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย ประโยชน์ของข้าวแดงที่เห็นได้ชัดคือ เป็นสารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เต้าหู้ยี้ ไข่กรอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ไวน์แดง และผลิตภัณฑ์อาหารอื่นๆ อีกมากมาย ทั้งยังมีสรรพคุณในการช่วยลดคอเลสเตอรอลในร่างกาย ทำให้การไหลเวียนเลือดสะดวกขึ้น (จินดารัตน์ , 2522) จึงได้นำข้าวแดงมาศึกษาในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทข้าวแดงที่มีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสีในผลิตภัณฑ์สาโท
2. เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

### 2.1 ข้าวแดง

ข้าวแดงเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักแห้ง (Solid substrate fermentation) ด้วยเชื้อรา *Monascus* sp. โดยใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบเชื้อจะสร้างเส้นใยขนไหมและปกคลุมเมล็ดข้าว และสร้างสารสีขึ้นภายในเส้นใย หรือสารสีบางส่วนจะถูกปล่อยมาจากเส้นใยทำให้เมล็ดข้าวมีสีแดงเข้มดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงข้าวแดงทั้งเมล็ด

ที่มา : <http://www.allok.com> (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวแดงมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนใช้ประโยชน์กันมานานและแพร่หลายมากในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น ไทย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เพื่อปรุงแต่งสีของอาหาร และก่อให้เกิดกลิ่นเฉพาะในอาหารหมักดอง ตัวอย่างของอาหารที่ใช้สารสีจากข้าวแดงได้แก่ เต้าหู้ยี้ ปลาแห้งแห้ง เหล้าเกาหลี กะปิ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ไส้กรอก และโบโลนา นอกเหนือจากการปรุงแต่งอาหารแล้ว ข้าวแดงยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสูตรยาจีนเพื่อรักษาโรค ให้สีแก่เครื่องสำอาง และเป็นส่วนผสมในน้ำยาย้อมสีผมอีกด้วย

ข้าวแดงมีชื่อเรียกจากภาษาจีนว่า อังคัก (ang-kak) ซึ่ง อัง(ang) แปลว่า แดง ส่วนคัก (kak) แปลว่า เมล็ดที่มีเปลือก นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอย่างอื่นอีกดังนี้ : ไชนีสเรดไรส์ (chinese red rice) แอนคัก(ankak) แอนคา(anka) อังควอก(ang-quac) เบนีโคจิ (beni-koji) ข้าวแดงที่บดแล้วบางคนเรียก แป้งแดงหรือทรายแดง(จินดาร์ตัน,2522)

ข้าวแดงจัดเป็นโคจิ (เมล็ดธัญพืชที่มีเชื้อปกคลุมเพื่อใช้เป็นแหล่งของเอนไซม์ เป็นแหล่งของเอนไซม์หลายชนิดที่เชื้อรา *Monascus spp.* สามารถสร้างได้ เช่น เอนไซม์กลูโคไมเลส เอนไซม์โปรติเอส เป็นต้น นอกเหนือจากการเป็นแหล่งของเอนไซม์แล้วข้าวแดงยังเป็นแหล่งของกลิ่น (Hesseltine,1965) Kranz และคณะ (1992) ได้รายงานว่าการสร้างกลิ่นของเชื้อรา *Monascus purpureus* เกิดจาก volatile metabolite ประเภทเมทิลลิโคตินซึ่งมีการสร้างและควบคุมการสร้างคล้ายกับการสร้าง เมทิลลิโคตินของเชื้อรา *Penicillium roquefortii* ในโรควีฟอ์ทชีส(roquefort cheese)

### 2.1.1 วิธีการผลิตข้าวแดง

การผลิตข้าวแดงโดยการหมักแห้งด้วยเชื้อ *Monascus spp.* และใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบโดยเชื้อราที่นิยมใช้หมักข้าวแดงคือ *M. purpureus* และ *M. anka* มี 2 ขั้นตอนคือ

#### 1. ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อราอาจทำได้ 2 รูปแบบ

1.1 หัวเชื้อราชนิดแห้งทำโดยการเพาะเชื้อราลงบนข้าวร้อยละ 40–45 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 27–30 องศาเซลเซียส นานประมาณ 4–6 วัน แล้วนำไปคลุกกับข้าวที่เตรียมไว้สำหรับการทำข้าวแดงในอัตราส่วน 1:100 โดยน้ำหนัก

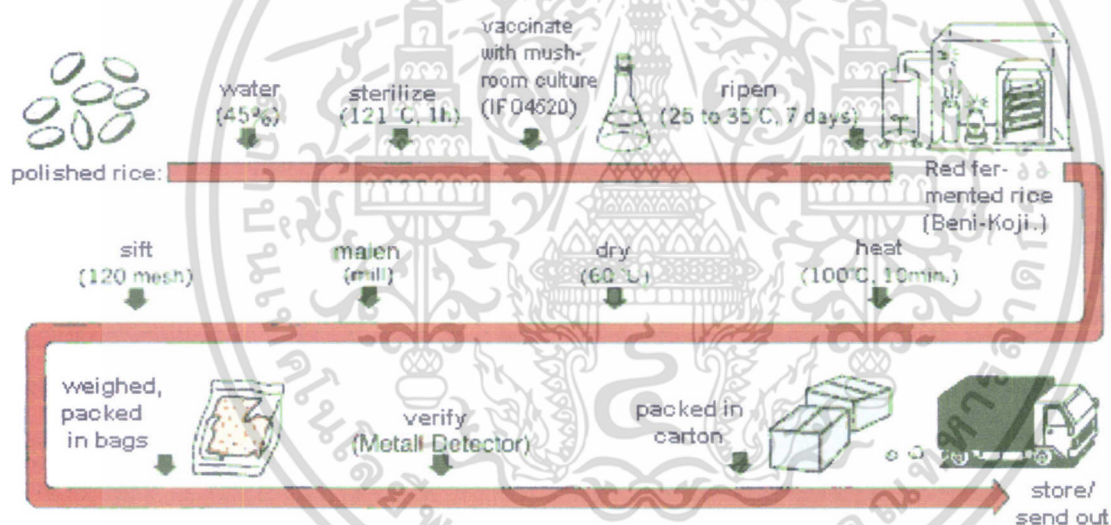
1.2 หัวเชื้อราชนิดเหลว โดยการเพาะเชื้อราลงในอาหารเหลวซึ่งมีข้าวผสมอยู่ ร้อยละ 3 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4–7 วัน แล้วนำไปคลุกกับข้าวที่เตรียมไว้สำหรับการทำข้าวแดงโดยใช้อัตราส่วน 1:20 โดยปริมาตร / น้ำหนักแห้งของข้าว

## 2. ขั้นตอนการผลิต

2.1 นำข้าวมาล้างให้สะอาด แช่น้ำไว้ 2 ชั่วโมง ทำให้สะอาดน้ำจนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 45 แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นจนจับได้

2.2 คลุกกับหัวเชื้อที่เตรียมไว้ ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิ 40 – 42 องศาเซลเซียส นำไปเกลี่ยลงในห้องเพาะเชื้อโดยเฉพาะ ซึ่งมีอุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 40 แล้วหมักทิ้งไว้จนกระทั่งข้าวแดงทั้งเมล็ด

2.3 ในขณะการหมักอาจต้องพ่นไอน้ำลงไปเป็นครั้งคราว เพื่อให้เมล็ดข้าวมีความชื้นเหมาะสมเมื่อข้าวมีสีแดงทั้งเมล็ดแล้วจึงนำไปอบแห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 นาที แล้วทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส จะได้ข้าวแดงตามต้องการ บางกรณีอาจนำข้าวแดงที่ได้ไปบดให้ละเอียด เพื่อสะดวกในการใช้เป็นสารสี



ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการผลิตข้าวแดง

ที่มา : <http://www.allok.com> (200)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต

ในการผลิตข้าวแดงบนอาหารแข็งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่จะทำให้เชื้อสามารถผลิตสารสีที่เราต้องการใช้ ได้ปริมาณที่มากๆ ในระยะเวลาสั้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตซึ่งก็คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแดงนั่นเอง

ดังนั้นการผลิตข้าวแดง เราจะต้องรู้ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสร้างสีของเชื้อและต้องควบคุมปัจจัยต่างๆให้เหมาะสมสำหรับการสร้างสารสีของเชื้อด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตมีดังนี้

1. สายพันธุ์เชื้อรา *Monascus* spp. โดยทั่วไปเชื้อรา *Monascus* spp. จะมีการสร้างสีได้ภายหลังการบ่มไปได้นาน 3 วัน แล้วนำมาสกัดสารสีด้วยสารละลายเอทานอล พบว่าสารสีแดงทั่วไปจะมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุด 2 จุด ที่ 420 และ 500 นาโนเมตร ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะให้สีข้าวแดงต่างกัน บางสายพันธุ์จะให้สีข้าวแดงสวย หรือแดงชมพูแก่ จะมีความโค้ง (Peakedness) ของจุด 500 นาโนเมตร สูงกว่า 420 นาโนเมตร แต่บางสายพันธุ์อาจให้สีแดงคล้ำโดยมีความโค้งที่ 420 สูงกว่า 500 นาโนเมตร เป็นต้น

2. วัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักสี โมแนสคัสแบบแห้งนั้นปกติจะเป็นข้าว (Palo และ คณะ, 1960) หรือเมล็ดธัญพืชและอื่นๆ (พลาเยกัวและบุษบา, 2534)

2.1 ข้าวPaloและคณะ(1960)ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการสร้างสีของ *M. purpureus* และพบว่าสภาวะเหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงมีอัตราดังนี้ ความชื้นไม่เกิน 50 % pHระหว่าง 3.0 – 7.5 อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แต่สายพันธุ์เสาไ้ พันธุ์หอมมะลิ พันธุ์ธรรมดา และอื่นๆ เลือกใช้พันธุ์ข้าว อาจดูได้จากปริมาณ อะมิโลส พบว่าพันธุ์ข้าวที่มีอะมิโลสสูงกว่า 24% เช่น พันธุ์เหลือง 148 , กข 23 , กข 25 เหมาะสมในการผลิตข้าวแดง

2.2 พลาเยกัวและบุษบา (2534ก) ได้ศึกษาแหล่งวัตถุดิบชนิดต่างๆต่อการผลิตสี โมแนสคัส เปรียบเทียบกับการผลิตบนข้าวโดยใช้เมล็ดข้าวโพด มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี และขนมปัง แทนข้าวต่อการเจริญการสร้างสี และการสร้างสปอร์ของ *M.kaoliang* พบว่าขนมปังให้ค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุด ซึ่งตรงกับผลการทดลองของLin และ Iizuka (1982) รองลงมาคือมันฝรั่ง และปลายข้าวหอมมะลิ นอกนั้นให้สีไม่ดีนัก ส่วนการสร้างสปอร์ของ *M.laoliang* พบว่าถั่วเหลืองให้ปริมาณสปอร์สูงสุด รองลงมาคือ ถั่วเขียว ขนมปัง และปลายข้าวหอมมะลิตามลำดับ ส่วน Rashbaum และYueh (1983) ทดลองใช้ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ เป็นวัตถุดิบแทนข้าวพบว่าได้ผลดี เช่นกันมีผลการทดลองของ พลาเยกัวและบุษบาแสดงดังตารางที่

2.1

ตารางที่ 2.1 การศึกษาวัตถุดิบต่างๆที่ใช้ในการหมักแห้งต่อการผลิตสีและสร้างสปอร์ของเชื้อ *M.kaoliang* เมื่อบ่มเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	%ความชื้น เริ่มต้น สิ้นสุด การหมัก	PH เริ่มต้น สิ้นสุด การหมัก	ค่า สี ที่ ความยาวคลื่น 500 nm ต่อกรัมแห้ง	จำนวน ส ปอร์ ( $10^6$ )/ กรัม	ชนิด สปอร์		
ปลายข้าวหอมมะลิ	32.62	37.78	6.20	4.33	3.17	14.9	A
เมล็ดข้าวโพด	46.15	49.16	5.90	6.20	107	8.1	Ac
ข้าวฟ่าง	34.64	37.01	6.25	5.40	105	2.5	A
ขนมปัง	46.23	78.94	5.85	6.80	862	22.0	A
ถั่วเหลือง	54.70	51.53	6.50	7.23	17.5	54.5	C
ถั่วเขียว	43.59	46.99	6.50	6.88	37.0	43.5	C
มันเทศ	68.95	82.21	5.50	5.18	213	0.83	AC
มันสำปะหลัง	51.25	50.99	6.05	4.80	153	0.49	A
มันฝรั่ง	72.93	83.05	5.70	5.80	502	2.2	aC

ที่มา : บุญบา (2540)

3. ค่า pH พบว่าที่ Ph ที่เหมาะสมต่อการสร้างสีแดงของ *M.purpureus* อยู่ในช่วง 3.0–7.5 Palo (1960)

4. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างสีจะอยู่ระหว่าง 27–30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 35–37 องศาเซลเซียสเหมาะต่อการเจริญและการสร้างเอนไซม์กลูโคสอะไมเลส(บุญบา,2529)แต่ไม่เหมาะสมต่อการสร้างสี

5. อัตราส่วนของแก๊ส Han และ Mudgett (1992) เป็นรายแรกที่ยืนยันว่าสัดส่วนของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนต่อการผลิตข้าวแดงด้วย โดยพบว่าความดันแก๊สแก๊สออกซิเจนต่อความดันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.50 ต่อ 0.02 บรรยากาศ(atm)จะมีผลดีต่อการสร้างสีแดงของข้าวแดงมากที่สุด

6. ความชื้น ความชื้นที่เหมาะสมจะขึ้นกับสายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัส ความชื้นต่ำกว่า 50% ให้ผลดีต่อการสร้างสีของเชื้อรา *Monascus* spp. (Palo และคณะ,1960) ถ้าการหมักข้าวแดงในสภาพที่มีความชื้นมากไปนั้น เชื้อรา *Monascus* spp. จะสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้สูง แต่สีกลับน้อยลง ความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 39.6% นั้น อัตราการสร้างสีจะลดลงเพราะความชื้นต่ำเกินไปทำให้เชื้อราเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ไม่ดีส่งผลให้การสร้างสีไม่ดี คือความชื้นสูงเกินไป ทำให้เกิดการเจริญและสร้างเอนไซม์กลุ่มโคสอะไมเลสมากจึงเกิดการสะสมกลุ่มโคส ซึ่งไปกีดการสร้างสีได้ ความชื้นเริ่มต้นที่ต่ำกว่า 40%จะได้สีน้อย แต่ถ้าความชื้นเริ่มต้นที่ 50 – 56% จะให้สีสูงสุดภายใน 8 วัน (Han,1990)ความชื้นประมาณ 41% เหมาะต่อการสร้างสีแดงของ *M. kaoliant* และสีเหลืองของ *M. barkari* (พลายแก้วและบุญบา ,2534 จ)

### 2.1.3 ชนิดของสารสีที่สร้างโดยเชื้อรา *Monascus* sp.

เชื้อรา *Monascus* spp.ผลิตสารสีชนิดต่างๆดังนี้

1. โมนาสโครูบริน (*monascoubin*) แยกได้ครั้งแรกโดย Nishikawa (1932) จากเชื้อรา *Monascus purpureus* เป็นสารสีในกลุ่มสีแดง มีสูตรโมเลกุล ได้แก่  $C_{23}H_{26}O_5$  โดยมีน้ำหนักโมเลกุล 382 สารสีโมนาสโครูบรินสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียในอาหารได้ ได้สารโมนาสคามิน หรือ โมนาสโครูบรามิน (*monascamine* หรือ *monascorubramine*) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสังกะสีต่อได้เป็นสารโมนาสคามิโนนหรือโปโมนาสโครูบรามิน (*monascaminion* หรือ *apomonascorubramine*)

2. รูโบรพังกาทิน (*rubropunctatin*) แยกได้ครั้งแรกโดย Haws และคณะ (1959) จากเชื้อรา *M. rubropunctatin* Sato เป็นสารสีในกลุ่มสีแดงมีสูตรโมเลกุลคือ  $C_{21}H_{22}O_5$  และมีน้ำหนักโมเลกุล 354 สารสีรูโบรพังกาทินสามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลแอมโมเนียในอาหารได้สารรูโบรพังกาทามิน (*rubropuncamine*)ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อได้อีกกับสังกะสีและกรดแอสซิดิก ได้สารอโปรูโบรพังกาทามิน (*aporubropunctamine*) (Haws และ Halker, 1961) สารนี้มีผลึกรูปเข็มสีแดง มีจุดหลอมเหลว 156 – 157 องศาเซลเซียส

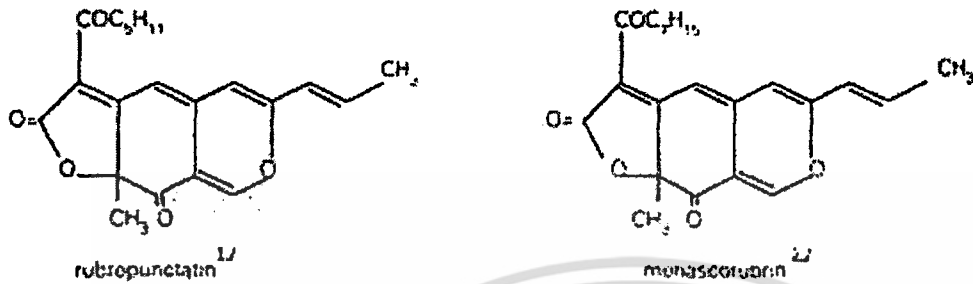
3. โมนาสโคฟลาวิน (*monascoflavin*) แยกได้ครั้งแรกพร้อมกับสารสีโมนาสโครูบรินโดย Nishikawa(1932) จากเชื้อรา *M.purpureus* Wentii อยู่ในกลุ่มสีเหลืองมีสูตรโมเลกุลคือ  $C_{21}H_{26}O_5$  และมีน้ำหนักโมเลกุล 357 มีจุดหลอมเหลว 143 – 155 องศาเซลเซียส สารสีโมนาสโคฟลาวิน เป็นตัวเดียวกับสารสีโมนาสซิน (*monascin*) ซึ่งแยกได้โดย Karrer และ Saloman (1932) อ้างโดย Fielding และคณะ,(1961)จากเชื้อรา *M. rubiginosus* Sato อยู่ในกลุ่มสีเหลือง

4. อังกาฟลาวิน (*ankaflavin*) แยกได้โดย Machand และ Whally (1973) จากเชื้อรา *M. anka* อยู่ในกลุ่มสีเหลือง มีสูตรโมเลกุลคือ  $C_{23}H_{30}O_5$  น้ำหนักโมเลกุล 384 จุดหลอมเหลว 120 – 121 องศาเซลเซียส Machand และ Whalley (1973) กล่าวว่าสารสีอังกาฟลาวินมีสูตรโครงสร้างสัมพันธ์กับสารสีโมนาสซิน เช่นเดียวกับสารสีรูโบรพังกาทิน ที่มีสูตรโครงสร้างสัมพันธ์กับสารสีโมนาสโครูบริน

สูตรโครงสร้างของสารสีดังกล่าวข้างต้นแสดงดังภาพที่ 2.1 และ 2.2 และคุณสมบัติของ

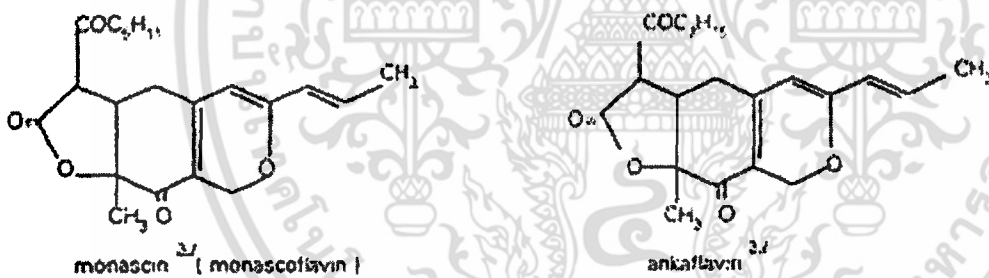
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมแนสคัสแสดงดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.3 สารสีกลุ่มสีแดง

ที่มา: Hadfield และคณะ(1967)



ภาพที่ 2.4 สารสีกลุ่มสีเหลือง

ที่มา: Manchand และ Whalley (1973)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.2 สมบัติของสีโมแนสคัส

สมบัติ	สีแดง	สีเหลือง
ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด	500	370
ความคงทนต่อพีเอช	4 – 11	2 – 11
การละลาย	เอทานอล น้ำ เมทานอล	น้ำ เอทานอล แอซีโตน
ความคงทนต่อความร้อน	ดีพอใช้	ดีกว่าสีแดง
ความคงตัวต่อแสง	พอใช้	ดี
ความปลอดภัย	ดี	ดี

ที่มา : บุญบา (2540)

### 2.1.4 การใช้ประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส

ในประเทศแถบเอเชียได้มีการใช้เชื้อรา *Monascus* spp. ผลิตอาหารหมัก เช่น ข้าวแดง ซึ่งก่อให้เกิดสีส้มและกลิ่น นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมีธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินบีสูง จากการวิเคราะห์พบว่าในข้าวแดงมีปริมาณแร่ธาตุและวิตามินบีอยู่สูงกว่าข้าวสารมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วเห็นได้ว่าข้าวแดงมีปริมาณวิตามินบีสองสูงกว่าข้าวสารถึง 185 เท่า แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิ และข้าวแดงที่ผลิตได้

รายการ	ข้าวสารพันธุ์ขาวมะลิ (มิลลิกรัม/100กรัม)	ข้าวแดงที่ผลิตได้ (มิลลิกรัม/100กรัม)
แคลเซียม	4.30	18.70
ฟอสฟอรัส	86.70	326.00
วิตามินบีหนึ่ง	0.12	0.54
วิตามินบีสอง	0.04	9.28

ที่มา : กังสดาลย์ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5 สิ่งที่ได้จากการผลิตข้าวแดงและการนำไปใช้ประโยชน์

1. สารสีในอุตสาหกรรมอาหาร การใช้ประโยชน์ของสารสีธรรมชาติชนิดนี้มีมานานกว่า พันปีในประเทศจีน และการให้สีในอาหารถือเป็นจุดประสงค์หลักของข้าวแดง ตัวอย่างอาหาร และปริมาณข้าวแดงที่แนะนำให้ใช้มีดังตารางที่ 2.4

2. ในอุตสาหกรรมยา

ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องยาจีน ยาเม็ดและยาน้ำ นอกจากนี้ยังมีตัวยาที่สำคัญ ซึ่งในปัจจุบันพบว่ามีความสัมพันธ์ในการลด Cholesterol ในเลือดได้ ใช้มากในผู้ป่วยที่มีปริมาณไขมันในเลือดสูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ มากมายเช่น โรคเส้นเลือดในสมองและหัวใจอุดตัน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วน เป็นต้น

สารที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้คือ Monakolin K จัดเป็นชนิดหนึ่งของ 3 - hydroxyl-3-methylglutaryl coenzyme A ( HMG – CO A ) reductase inhibitors

ปฏิกิริยาสังเคราะห์ Cholesterol ในร่างกายเป็นปฏิกิริยาที่ต้องใช้ เอนไซม์ช่วย (biosynthesis of cholesterol ) และเอนไซม์ที่สำคัญของปฏิกิริยานี้คือ 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A (HMG-CO A ) reductase inhibitors เข้าสู่ร่างกายในการช่วยลดการสร้าง Cholesterol ได้ จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวแดงมีสรรพคุณในการลด Cholesterol ได้นั่นเอง

Monascolin K มีผลต่อ Total Cholesterol (TC ) Triglyceride (TG) Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) High-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) โดยที่ Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) จัดเป็น bad cholesterol เพราะทำให้ เลือดมีการตกตะกอนเป็นลิ่มแล้วมาเกาะที่ผนังเส้นเลือดใหญ่เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ผนังของเส้นเลือดภายในหนาขึ้น ทำให้การไหลเวียนของเลือดไม่สะดวกและก่อให้เกิดการอุดตันของเส้นเลือด

High-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) มีประโยชน์ในร่างกายมนุษย์ จัดเป็น good cholesterol เพราะช่วยนำพา Cholesterol ที่ ไม่จำเป็นต่อร่างกายกลับสู่ตับ แล้วขับถ่ายออกเรียกกระบวนการนี้ว่า “ Reverse Transportation of Cholesterol “ ถ้าในร่างกายมีระดับ HDL-C ต่ำกว่า 35 mg/100ml พบว่าจะเป็นอันตรายเพราะมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคเส้นเลือดในสมองและหัวใจอุดตัน

นักวิจัยได้ทดสอบคุณสมบัติของ Monascolin K โดยการศึกษากับคนไข้ 400 คน พบว่าสามารถลดระดับ Total Cholesterol (TC) 18% Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) 24% Triglyceride (TG) 35.0% และลดการหนาตัวของเส้นเลือดได้ 30% และมีส่วนในการเพิ่ม High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cholesterol lipoprotein cholesterol (HDL-C) ได้ 18.5% อีกด้วยในปัจจุบันจึงได้มีการค้นคว้าและทดลองเกี่ยวกับสรรพคุณทางยาและการรักษาโรคของสารที่ได้จากข้าวแดงอีกมากเพราะสามารถพิสูจน์ได้แล้วว่าสารที่ได้มีประโยชน์ในวงการแพทย์เป็นอย่างมาก

#### ตารางที่ 2.4 การใช้ประโยชน์ของสารสีจากข้าวแดงในอุตสาหกรรมอาหาร

การใช้ประโยชน์	ปริมาณที่แนะนำ
1. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	
- ไวน์แดง	0.2-1%
- สาเก (sake หรือ rice wine)	
2. เครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น น้ำหวาน น้่านม น้่านมเปรี้ยว น้ำผลไม้	0.002-0.005%
3. อาหาร	
- แยม	0.02-3%
- ขนมขบเคี้ยว	0.02-0.1%
- ไอศกรีม	0.02-0.1%
- ลูกกวาด	0.001-0.005%
- ซอสมะเขือเทศ	0.5-2%
- ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ไส้กรอก แฮม	0.005-0.0025%
- ผลิตภัณฑ์ทะเล เช่น เนื้อปลาบด	0.1-0.2%
- เต้าหู้ยี้	*
- เนื้อเทียม	*
- ปลาแป็งแดง ปลาหมึก	*
- ขนมลูกชุบจากถั่ว	*
- ผลิตภัณฑ์ สุริมิ เช่นเนื้อปูเทียม	*

ปริมาณที่ใช้ตามความเหมาะสมและความต้องการของผู้ใช้

ที่มา : บุษบา (2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 สีผสมอาหาร

### ความหมาย

สีผสมอาหารคือสี (dry) หรือเม็ดสี (pigment) หรือสารประกอบอื่นๆ ที่ได้จากผัก ผลไม้ สัตว์ หรือแร่ธาตุ หรือแหล่งอื่นๆ ซึ่งสามารถทำให้เกิดสีหรือสร้างสีในอาหาร เครื่องสำอางหรือส่วนใด ๆ ของมนุษย์ได้

### 2.2.1 สีผสมอาหารโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

#### 1. สีจากแหล่งธรรมชาติ (natural pigment)

เป็นสีที่พบในแหล่งธรรมชาติทั้งจากพืชและจากสัตว์ มักเป็นสีที่ไม่ค่อยคงตัว และมักใช้ในปริมาณมาก ใช้เติมในอาหารได้โดยไม่ต้องระบุลงในฉลากเพราะไม่มีพิษต่อผู้บริโภค เช่น สีเขียวจากใบเตย สีเหลืองจากขมิ้น สีนํ้าเงินจากดอกอัญชัน สีนํ้าตาลจากนํ้าตาลเคี้ยวไหม้ สีดำจากถ่านกาบมะพร้าว เป็นต้น

#### ประเภทสีแดงที่ได้จากธรรมชาติที่ใช้ในปัจจุบัน

ครั่ง (Lac) เป็นสีแดงที่ได้จากแมลงตัวเล็กๆ ชอบอาศัยอยู่ตามต้นก้ามปูโดยนำเอารังครั่งแช่ในนํ้าร้อนสีครั่งจะละลายออกมาเป็นสีแดงใส กรองถ้าต้องการนำผงครั่งเก็บไว้ใช้ นำนํ้าสีไปประเหยให้แห้งจะได้ผงสีแดง สมัยก่อนนิยมใช้สีจากครั่งแต่งขนมชั้น เมล็ดทับทิม สลิม ขนมนํ้าดอกไม้

มะเขือเทศสุก (Love Apple) ใช้ผลมะเขือเทศสีแดงที่สุด สีในผลมะเขือเทศเป็นสารพวกแคโรทีนอยด์ ที่มีชื่อว่า Lycopene นิยมใช้แต่งอาหารกาว เช่น ซอสมะเขือเทศ

หัวผักกาดแดง (Beet root) ใช้ส่วนหัวที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งมีสีแดงเข้ม รูปร่างคล้ายหัวมันแกว สีจากหัวผักกาดแดงเป็นสีแอนโทไซยานิน มีทั้งสีแดงและสีเหลืองรวมอยู่ด้วยกัน โดยสีจะคงตัวที่ pH 4-7 นิยมใช้แต่งสีขนมบัวลอย ใสีกรอกบด เนื้ออบ

#### 2. สีสังเคราะห์อาหาร (certified color)

เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีต่างๆ เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว และใช้ในปริมาณที่เล็กน้อยก็จะให้สีตามต้องการได้ สีผสมอาหารที่ใช้ได้แก่สีผสมอาหารที่มีการกำหนดโดย Codex Committee on Food Additive and comtaminant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี พ.ศ. 2520 กระทรวงสาธารณสุขมีการประกาศอนุญาตให้ใช้สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ในการผสมอาหาร 9 ชนิดคือ

2.1 สีแดง ได้แก่

- ปองโซ 4 อาร์
- คาร์โมอีซิน หรือ เอโซรูบิน
- เออร์โรซิน

2.2 สีเหลือง ได้แก่

- คาร์ตาร์ซีน
- ซันเซ็ท เฮลโลว์ เอ็ฟซีเอ็ฟ
- โรโบฟลาวิน

2.3 สีเขียว ได้แก่

- ฟาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ

2.4 สีนํ้าเงิน ได้แก่

- อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกติน
- บริลเลียนท์บลู เอ็ฟซีเอ็ฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 Codex list of color

Class	Color
Quinoline yellow	Greenish yellow
Erythrosine	Red
Indigotine	Red/Blue
Brilliant Blue FCF	Blue
Patent blue V	Blue
Green S	Green/Blue
Fast green FCF	Green
Tartarazine	Yellow
Sunset yellow FCF	Orange
Ponceau 4R	Red
Red 2 G	Red
Azorubine	Red
Amaranth	Red/Blue
Brilliant black BN	Purple/Black
Brown FK	Yellow brown
Brown HT	Brown
Allura red AC	Red/yellow
Fast red E	Red

ที่มา : ศิวาพร (2535)

### 2.2.2 ข้อควรปฏิบัติในการใช้สี

1. ใช้สีที่กระทรวงสาธารณสุขประกาศใช้ โดยมีฉลากที่ชัดเจนดังนี้
  - สีผสมอาหาร
  - ชื่อสีและเลขดัชนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลขทะเบียน
- ชื่อสถานที่ผลิตและที่ตั้งของสถานที่ผลิต

ใช้สีในปริมาณพอสมควรไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุขหลักเลี่ยงการใช้สีผสมอาหารโดยไม่จำเป็น

### 2.2.3 ปริมาณที่กำหนดในการใช้สีผสมอาหาร

1. อาหารประเภทเครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด และขนมหวาน
  - สีปองโซ 4 อาร์ และสีบริลเลียนท์บลู เอ็ฟซีเอ็ฟ ให้ใช้ได้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีประเภทอื่นให้ใช้ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
2. อาหารประเภทอื่น
  - สีปองโซ 4 อาร์ ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีเอโซรูนิน ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีเอริโทรซิน ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีตาร์ตราซิน ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีซันเซ็ต เยลโล่ เอ็ฟซีเอ็ฟ ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีฟาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีอินดิโกคาร์มิน ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
  - สีบริลเลียนบลู เอ็ฟซีเอ็ฟ ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

### 2.2.4 มาตรฐานของสีผสมอาหาร

การตรวจสอบสีที่ใช้ผสมอาหารด้วยตาเปล่า ไม่สามารถบอกได้ว่าสีที่ใช้ผสมอาหารเป็นสีที่ถูกต้องหรือไม่ ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทดลองเท่านั้น ดังนั้นการวิเคราะห์ที่ไม่สามารถทำได้ทุกครั้ง เพื่อที่จะป้องกันอันตรายอันอาจเกิดขึ้นกับสุขภาพและชีวิต กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้สีผสมอาหารเป็นอาหารที่ควบคุม กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานการใช้ผสม และฉลากสำหรับสีผสมอาหาร ซึ่งมีมาตรฐานดังนี้

1. ไม่มีสารที่ทำให้เกิดพิษ
2. มีโครเมียม หรือแคดเมียม หรือปรอท หรือซีลีเนียม ได้ไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
3. มีสารหนูได้ไม่เกิน 5 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีตะกั่วได้ไม่เกิน 20 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
5. มีโลหะหนัก (Heavy metals) ชนิดต่างๆ นอกจากตะกั่วรวมกันได้ไม่เกิน 30 ส่วนในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
6. มีเลขทะเบียนอาหารและเลขดัชนีสี (ถ้ามี)

### 2.2.5 อันตรายจากการใช้สี

วัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญที่มีส่วนก่อให้เกิดอาการผิดปกติขึ้นในร่างกายของมนุษย์ คือ สีผสมอาหาร ซึ่งอาจจัดว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ มากที่สุด เพราะมีการใช้กันมากที่สุด อันตรายที่เกิดขึ้นนั้น อาจมาจากตัวสีเองหรืออาจมาจากสารปนเปื้อนหรือสารไม่บริสุทธิ์ที่มีอยู่ในสีนั้น ในกรณีทีสีผสมอาหารที่ใช้นั้นเป็นสีสังเคราะห์ หรืออาจมาจากการระเหยสารที่ใช้สกัดสีผสมอาหารธรรมชาติไม่หมด ส่วนอาการที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นเพียงแต่อาการแพ้ เช่น ผื่นตามตัว จนกระทั่งถึงระบบการดูดซึมอาหารผิดปกติ เนื่องจากสีผสมอาหารไปชะงักการดูดซึมอาหาร ไปจนถึงอาการเป็นมะเร็งและเนื้องอก และถ้าสารปนเปื้อนเป็นพวกโลหะต่างๆ อาการของโรคจะรวมถึงโรคที่เกิดจากโลหะหนักต่างๆ ด้วย

#### 1. พิษของสีในระยะยาว

สีเหลือง (Tartrazine) ถ้าวรับประทานเกิน 7.5 มิลลิกรัม และสีแดง (Amaranth) ถ้าวรับประทานเกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้เยื่อกระเพาะอาหารมีการดูดซึมบกพร่อง

สีส้ม (Sunset Yellow FCF) ถ้าวรับประทานเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้ท้องเดินและน้ำหนักตัวลด

#### 2. พิษที่เกิดจากโลหะที่ปนมากับสี

**ตะกั่ว** ทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ปวดศีรษะ และโลหิตจาง อาการต่อมาคือเป็นอัมพาตตามแขนขา สมองไม่ปกติ ชักกระตุก เพ้อคลั่งและหมดสติ

**สารหนู** ทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบทางเดินอาหาร ทำให้ตับอักเสบและมีอันตรายต่อวงจรรโลหิตที่ไปเลี้ยงหัวใจ อาจทำให้หัวใจวายได้

**โครเมียม** ทำให้เวียนศีรษะ กระจายน้ำอย่างรุนแรง ปวดท้อง อาเจียนจนหมดสติและเสียชีวิตเนื่องจากปัสสาวะเป็นพิษ

## 2.3 สาโท

### 2.3.1 สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแป้งเหล้า

#### 2.3.1.1 กระเทียม (Garlic)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Allium sativum* Linn.

ลักษณะ : พืชล้มลุกขนาดสูงประมาณ 30-45 เซนติเมตร มีหัวอยู่ใต้ดินประกอบด้วยหัวขนาดเล็กหลายตัวอยู่รวมกัน เปลือกหุ้มหัวสีขาว ใบแบนแคบ ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นกลุ่ม ลักษณะกลม กลีบดอกมี 6 กลีบ สีขาวเต็มม่วง ก้านดอกยาว

แหล่งที่พบ : เป็นพืชจำพวกผักสวนครัว นิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือ

สรรพคุณ : ต้น ใบ และหัวอ่อน รับประทานเป็นผัก หัวแก่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นอาหาร ช่วยขับเหงื่อ ปัสสาวะ เสมหะ ปวดบวม วัณโรค เป็นยาฆ่าเชื้อโรค น้ำคั้นจากหัวกระเทียม ใช้ทาแผล แก้กกลากเกลื้อน ขับลมในลำไส้ แก้ท้องขึ้นอืดเฟ้อ ขับพยาธิในลำไส้ แก้หืด ทาถูนิ้วเท้าอาการซักรักในเด็ก ใช้มาลาเลีย ใช้พอกตรงที่ถูแมลง ตะขบแมงป้องกัน

#### 2.3.1.2 ข่า (Chinese Ginger)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Alpinia nigra* B.L. Burtt

วงศ์ : ZINGIBERACEAE

ลักษณะ : พืชมีหัวเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ใบเป็นแผ่นใหญ่ ออกสลับกันรอบๆ ลำต้นบนดินซึ่งเป็นส่วนของกาบหุ้มลำต้น ดอกออกเป็นช่อตรงปลายยอด ดอกสีขาวอมม่วง บานจากข้างล่างขึ้นไปยังยอด หน่ออ่อนมีสีแดงคล้ำ

สรรพคุณ : เหง้าสด ใช้รักษาเกลื้อน โดยนำมาฝนกับเหล้าโรง หรือน้ำส้มสายชู ทาแก้ลมพิษ เหง้าแก่ ทำให้ละเอียดใช้ทาภายนอกรักษาโรคผิวหนัง โรคลมพิษ กินรักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่น จุกเสียด ขับเหงื่อ แก้บิด

นอกจากสรรพคุณทางยาแล้ว เหง้าใช้ปรุงอาหารช่วยดับคาว เช่น ปั่นละเอียดคั่วให้เหลืองใส่ ข้าวต้มปลา เป็นเครื่องเทศปรุงน้ำพริกแกง เป็นต้น

#### 2.3.1.3 ขิง (Ginger)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale* Roscoe

วงศ์ : ZINGIBERACEAE

**ลักษณะ :** พืชล้มลุกมีเหง้าอยู่ใต้ดิน ขนาดสูงประมาณ 60 – 100 เซนติเมตร ใบเดี่ยวออกสลับกันเป็นสองแถว ก้านใบยาวห่อหุ้มลำต้น ขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นช่อจากลำต้นใต้ดิน กาบหุ้มดอกมีสีเขียวปนแดง กลีบดอกสีเหลืองอบเขียว มีสีม่วงอยู่ตรงโคนกลีบ

**แหล่งที่พบ :** ถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และนำมาปลูกกันแพร่หลายเป็นผักสวนครัว

**สรรพคุณ :** เหง้า มีรสเผ็ดร้อน ใช้เป็นเครื่องเทศปรุงอาหารแต่งกลิ่นช่วยขับลม แก้ท้องอืด ท้องเพื่อ คลื่นไส้ อาเจียน ไอ หอบ ขับเสมหะ บิด

ต้น ช่วยขับลม บรรเทาอาการจุกเสียด ท้องร่วงอาเจียน

ใบ บรรเทาอาการฟกช้ำจากการกระทบกระแทก รักษาฝีปัสสาวะ ฆ่าพยาธิและโรคตา

ดอก รักษาอาการไข้ บำรุงน้ำนม เป็นยาอายุวัฒนะ คอแห้ง เจ็บคอ ตาฟาง

ราก ช่วยขับลม เจริญอาหาร รักษาบิด

#### 2.3.1.4 เจตมูลเพลิงแดง

**ชื่อวิทยาศาสตร์ :** *Plumbago indicata* Linn. , *P. rosea* Linn.

**วงศ์ :** PLUMBAGINACEAE

**ลักษณะ :** เป็นพุ่มขนาดเล็ก สูงประมาณ 1 – 2 เมตร ลำต้นสีเขียว ดอกแดงเข้ม ใบเดี่ยว โคนว่าใบมะลิเล็กน้อย สีเขียวอมแดง ดอกช่อสีแดง ผลเป็นฝักกลม จะแตกออกเมื่อแก่ เกิดตามป่าดงดิบและป่าเบญจพรรณทั่วไป รากสีน้ำตาลดำ เป็นเส้นๆ มีรสมีความร้อนรอบๆ ต้น ไม่ควรปลูกไว้ในบ้าน เป็นพืชที่ปลูกเพื่อทำการค้า ราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ ความต้องการของตลาดมีมาก ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและปักชำ

**สรรพคุณ :** ใบ รสร้อน แก้พิษปิตตะสมุฏฐาน (น้ำดีในฝัก) แก้ลมในกองเสมหะ ช่วยย่อยอาหาร ขับผายลม

ดอก รสร้อน แก้พิษปิตตะสมุฏฐาน (น้ำดีในฝัก)

ต้น รสร้อน แก้โลหิตอันเกิดแต่กองกำเดา

ราก รสร้อน บำรุงธาตุ บำรุงโลหิต ขับลมในกระเพาะอาหาร และลำไส้ ขับโลหิต ระดู แก้ริดสีดวงทวาร เคลื่อนฝี ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย กระจายเลือดลม แก้ปวดท้อง แก้ท้องเสีย มีฤทธิ์บีบมดลูก ทำให้แห้งได้ ทาแก้โรคผิวหนัง กลากเกลื้อน ราก มีสารจำพวก naphthaquinone ชื่อว่า plumbagin, d-naphthaquinone

#### 2.3.1.5 ชะเอมไทย

**ชื่อวิทยาศาสตร์ :** *Albizia myriophylla* Benth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วงศ์ :** MIMOSACEAE

**ลักษณะ :** ไม้ยืนต้นขนาดกลาง ตามลำต้นและกิ่งก้าน มีหนามใบประกอบมีใบย่อยขนาดเล็ก ดอกออกเป็นช่อสีขาว ดอกย่อยขนาดเล็กมีกลิ่นหอม ผลเป็นฝักแบนสีเหลืองถึงน้ำตาล

**แหล่งที่พบ :** พบขึ้นอยู่ตามเชิงเขา

**สรรพคุณ :** เนื้อไม้ รักษาเลือดออกตามไรฟัน บำรุงกำลัง ขับเสมหะ ดอก ช่วยย่อยอาหาร แก้เสมหะ

### 2.3.1.6 ดีป्ली (Indian Long Pepper)

**ชื่อวิทยาศาสตร์ :** Piper longum Linn.

**วงศ์ :** PIPERACEAE

**ลักษณะ :** ไม้เถาเลื้อยลำต้นเป็นข้อและมีรากติดยึดตามข้อเพื่อใช้ยึดเกาะกับหลักหรือพันไม้อื่น ใบเดี่ยวออกเรียงสลับกันตามข้อ ใบมนรีปลายใบแหลม ดอกช่อเป็นท่อน คล้ายดอกชะพลู เมื่ออ่อนเป็นสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อแก่

**แหล่งที่พบ :** นิยมปลูกตามบ้านสวน

**สรรพคุณ :** เถา แก้ปวดฟัน ปวดท้องจุกเสียดศรีษะดวงทวาร แก้ลม ช่วยเจริญอาหาร ดอก มีรสเผ็ดร้อนและขม ปรุงเป็นยาธาตุแก้ดับ พิการ ท้องร่วง ขับลมในลำไส้ ราก แก้เส้นอัมพฤกษ์ และอัมพาต

**ข้อควรระวัง :** สตรีมีครรภ์ควรระวังในการใช้ เพราะอาจทำให้แท้งได้

### 2.3.1.7 เทียนสัตตบงกช (Anise)

**ชื่อวิทยาศาสตร์ :** Pimpinlla anisum Linn.

**วงศ์ :** UMBELLIFERAE

**ลักษณะ :** เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก สูง 30 – 60 เซนติเมตร ใบเป็นฝอยแบบขนนก ช่อดอกสีขาว รูปร่ม คล้ายเทียนข้าวเปลือก เมล็ดคล้ายเทียนข้าวเปลือก แต่มีร่องยาวตลอดเมล็ดมาจากต่างประเทศ

**สรรพคุณ :** เมล็ด รสเผ็ดหอมหวานร้อนเล็กน้อย แก้ลม แก้พิษระส่ำระสาย แก้ไข แก้ หอบ แก้สะอึก ใช้ผสมร่วมกับชะอมจีนทำยาอมแก้ไอ น้ำมัน ขับเสมหะ ฆ่าเชื้อโรค ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ฆ่าแมลงเล็กๆ เช่น หมัด เหา ฆ่าเชื้อรา เป็นต้น

### 2.3.1.8 โป๊ยกั๊ก, ดอกโป๊ยกั๊ก, ดอกจันทร์แปดกลีบ (Star anise)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Illicium verum* Hooker.

วงศ์ : ILLICIACEAE

ลักษณะ : เป็นไม้ยืนต้นทรงพุ่มขนาดเล็ก ใบเดี่ยวรูปไข่กลับ ปลายแหลม ดอกเดี่ยวสีขาว ผลเป็นรูปดาว 8 แฉก เกือบผลเมื่อแก่จัด มีถิ่นกำเนิดทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของจีน และตั้งอยู่ในเวียดนาม มีอายุถึง 80 – 100 ปี ใช้ผลทำเครื่องเทศและยา

สรรพคุณ : ลูกมี รสหอมร้อน ขับลม ขับเสมหะ บำรุงธาตุ แก้อาการอาหารไม่ย่อย แก้ลมกองหยาบ

### 2.3.1.9 พริกไทย, พริกน้อย, โห้วเจีย (จีน) (Pepper, Black Pepper, White Pepper)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper nigrum* Linn.

วงศ์ : PIPERACEAE

ลักษณะ : เป็นไม้เถาเลื้อย มีรากเกาะออกตามข้อ สูงประมาณ 5 เมตร มีทั้งต้นตัวผู้และต้นตัวเมีย ใบเหมือนใบพลู แต่เล็กเรียกว่าเล็กน้อย ดอกออกตามข้อ ผลกลมเล็กเขียวเป็นช่อยาว ผลแก่สีแดง

สรรพคุณ : ใบ รสเผ็ดร้อน แก้ลมจุกเสียดแน่น แก้ปวดมวนท้อง, ดอก รสร้อน แก้ตาแดง เนื่องจากความดันโลหิตสูง, เมล็ด รสเผ็ดร้อน แก้ลมอัมพฤกษ์ แก้ลมลั่นในท้อง บำรุงธาตุ แก้ท้องอืดเฟ้อ แก้เสมหะเพื่อง แก้มุดกิด, เถา รสร้อน แก้อุระเสมหะ แก้อติสาร, ราก รสร้อน ขับลมในลำไส้ แก้ปวดท้อง แก้ลมวิงเวียนช่วยย่อยอาหาร

### 2.3.1.10 หอมแดง, ว่านไก่อแดง (Shallot)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eleutherine americana* Merr.

วงศ์ : IRIDACEAE

ลักษณะ : พืชใบเลี้ยงเดี่ยวล้มลุก มีหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะคล้ายหัวหอมแดงแต่รูปรียาว ใบเกล็ดที่หุ้มหัวใต้ดินมีสีแดงม่วง ใบเดี่ยวออกเป็นกระจุก 3 – 4 ใบ มีเส้นใบขนานกัน ดอกเป็นช่อแทงจากลำต้นใต้ดิน กลีบดอกสีขาว 6 กลีบ เกสรเพศสีเหลือง

สรรพคุณ : หัว ผสมรวมกับเปราะหอมสุ่มหัวเด็ก แก้หวัดคัดจมูก และกินเป็นยาขับลม

### 2.3.2 ข้าว

ข้าวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสาโท มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ คือ *oryza sativa* โดยข้าวที่ปลูกในประเทศไทยจัดอยู่ใน indica type มี 2 ชนิด คือ ข้าวเจ้า (rice, ordinary rice) และข้าวเหนียว (glutinous rice, sticky rice) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ส่วนข้าวที่ปลูกในประเทศไทยจัดอยู่ใน japonica type เป็นข้าวเจ้ากึ่งข้าวเหนียว เมล็ดมีลักษณะป้อมสั้น

องค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าวคือแป้ง (starch) ซึ่งอยู่ในรูปของเมล็ดแป้ง (starch granule) ประกอบด้วยโมเลกุลโซ่ตรงของอมัยโลส (amylose) เกาะเกี่ยวกับ โมเลกุลที่มีโซ่สาขาของอมัยโลเพคติน (amylopectin) ปริมาณของอมัยโลสในข้าวแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ข้าวเจ้ามีอมัยโลสสูงกว่าข้าวเหนียว ซึ่งปริมาณอมัยโลสมีผลต่อลักษณะข้าวสุก โดยข้าวที่มีอมัยโลสต่ำ ข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวและจะร่วนขึ้นเมื่อปริมาณอมัยโลสเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 (Juliano, 1972)

ตารางที่ 2.6 การแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอมัยโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอมัยโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0 – 2	เหนียวมาก
ข้าวอมัยโลสต่ำมาก	0 – 9	เหนียว
ข้าวอมัยโลสต่ำ	10 – 19	เหนียว
ข้าวอมัยโลสปานกลาง	20 – 25	เหนียวเล็กน้อย
ข้าวอมัยโลสสูง	25 – 34	ร่วนแข็ง

การทำสาโทนิยมใช้ข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบมากกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นรสที่ดีกว่า และจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า

น้ำ เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในไวน์ข้าวไม่ต่ำกว่า 80% น้ำจึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญเพราะมีผลต่อคุณภาพไวน์ข้าวโดยตรง สมบัติของน้ำที่เหมาะสมในการทำสาโท คือ ไม่มีสี กลิ่นรส แร่ธาตุ และเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ในการผลิตส่วนใหญ่นิยมใช้น้ำฝน หรือน้ำประปาต้มสุก

### 2.3.3 แป้ง

แป้ง ซึ่งถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตจะระบุว่าใช้ได้ทั้งแป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเจ้า แต่ผลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนๆ จะมีคุณภาพที่ดีกว่าที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียว หรือแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียว ในประเทศจีนมีลูกแป้งหลายชนิดที่ผลิตจากแป้งสาลี เช่น ลูกแป้งสำหรับหมักเหล้าเกาหลี ตามตำรับเดิมผู้ผลิตจะบดแป้งใช้เป็นคราวๆ ไป ไม่นิยมใช้แป้งสำเร็จ ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจมีอยู่ในแป้งที่ผลิตและเก็บ โดยขาดความระมัดระวัง อนึ่งการผลิตแป้งสำเร็จเป็นการค้าส่วนใหญ่จะมีการเติมสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่น กรดโพรปีโอนิก สารเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้งที่เป็นเชื้อราและยีสต์

### 2.3.4 ลูกแป้ง

“ลูกแป้ง” คือ ก้อนเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เก็บในรูปเชื้อแห้งเพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศแถบเอเชีย เทคน โลกมีการผลิตและการใช้ลูกแป้งมีมาแต่โบราณก่อนที่มนุษย์จะเข้าใจถึงศาสตร์ทางจุลชีววิทยา โดยเข้าใจกันว่ามีต้นกำเนิดจากประเทศจีน และได้ถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ทิเบต ลีจิม อินเดีย เกาหลี และกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย ก้อนเชื้อมีลักษณะนี้มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นของแต่ละประเทศ ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นจะคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ คือใช้ในการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงในวัตถุดิบ ประเภทธัญพืช และพืชหัว ให้เป็นน้ำตาล (saccharification) เพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก สุราและเมรัย เช่น กระแช่ สาโท หรือ

#### 2.3.4.1 คุณภาพและลักษณะต่างๆ ไป

ลูกแป้งที่ดีจะโปร่งเบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุน ซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อขยี้จะยุบเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว มีรูปร่างและขนาดต่างๆ กัน ลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 – 4 เซนติเมตร

#### 2.3.4.2 การเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง

1. เตรียมแป้งโดยซาวข้าวให้สะอาด แช่น้ำไว้ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง นำไปโม่แล้วชบน้ำให้แห้งหรือทำให้ข้าวสะเด็ดน้ำเสียก่อนแล้วจึงนำไปบดหรือปั้นด้วยเครื่องปั้นไฟฟ้าให้ละเอียดแล้วร่อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรง การแช่ยาวนานเกินไป โดยไม่เปลี่ยนน้ำ มีผลให้แบคทีเรียแลคติก และ *Bacillus* sp. เจริญเพิ่มจำนวนในปริมาณมาก ทำให้ลูกแป้งที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ

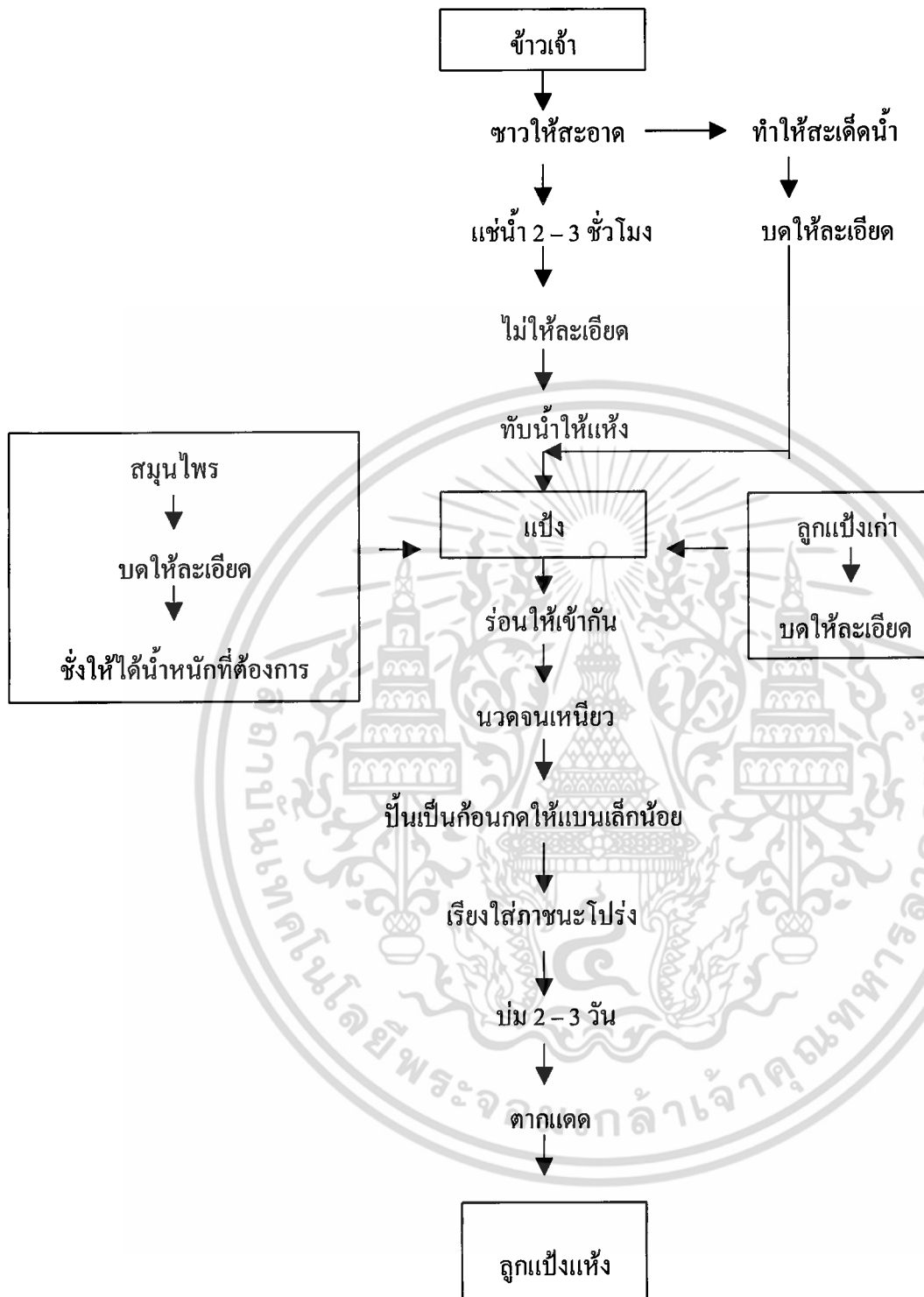
2. บดสมุนไพรชนิดแห้งให้ละเอียด สมุนไพรสดอาจนำไปบดพร้อมกับข้าว

3. ผสมแป้งและสมุนไพรกับลูกแป้ง (ลูกแป้ง 5 กรัม ต่อแป้ง 1 กิโลกรัม) ที่บดละเอียดให้เข้ากันโดยการร่อนด้วยแรงหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าความเร็วต่างๆ เติมน้ำหรือน้ำต้มชะเอม ในปริมาณที่เมื่อนวดแป้งแล้วจะปั้นเป็นก้อนได้ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นกำหนดไม่ได้แน่นอนขึ้นกับความแห้งของแป้งที่ใช้ ปริมาณสมุนไพรสดซึ่งแตกต่างกันแต่ละตำรับ และสภาวะความชื้นในบรรยากาศขณะบ่มลูกแป้ง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ผลิต อย่างไรก็ตามจากการทดลองผลิตลูกแป้งน้ำส้มสายชู โดยแป้งแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 45 – 46% ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมที่สุด โดยปั้นแป้งให้เป็นก้อนได้ และเขื่อน้ำส้มสายชูสามารถเจริญได้ดีที่สุด

4. เมื่อนวดแป้งจนเหนียวแล้วจึงปั้นเป็นก้อนกลมขนาดต่างๆ กันตามชนิดของลูกแป้งในการผลิตลูกแป้งเหล่านั้น พบว่าการหมักแป้งที่นวดแล้วไว้ประมาณ 6 – 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาปั้นจะได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีกว่าที่ปั้น โดยไม่หมักแป้ง

5. เรียงลูกแป้งบนกระด้งหรือภาชนะก้นโปรงอื่นๆ ให้แต่ละลูกห่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์เจริญจะทำให้ลูกแป้งฟูขึ้น ส่วนของลูกแป้งด้านที่ติดกับภาชนะจะแบนราบตามผิวที่สัมผัส โดยที่ด้านบนยังคงรูปร่างโค้งเป็นครึ่งวงกลม สำหรับการปั้นลูกแป้งขนาดใหญ่เมื่อเรียงบนภาชนะแล้วควรกดด้านบนลงเล็กน้อย เพื่อให้ลูกแป้งแบนลง จุลินทรีย์ภายในก้อนแป้งจะมีโอกาสรับอากาศมากขึ้น

6. เมื่อเรียงลูกแป้งเต็มภาชนะแล้ว โรยลูกแป้งที่เตรียมไว้ลงบนผิวของลูกแป้งที่ปั้นใหม่ โดยใช้ผงลูกแป้งประมาณ 15 กรัม ต่อสูตรที่ใช้แป้ง 1 กิโลกรัม คลุมภาชนะด้วยผ้าหนาๆ โดยไม่ให้ผ้าสัมผัสกับผิวแป้ง บ่มประมาณ 48 ชั่วโมง นำไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดฝาได้สนิท การที่ลูกแป้งได้รับแสงแดดโดยตรง จะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงไปบ้างซึ่งเป็นผลจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ดังนั้นจึงควรตากลูกแป้งโดยมีแผ่นกระจกใสกั้นแสงอยู่ด้านบน โดยเว้นระยะระหว่างผิวลูกแป้งและกระจกให้อากาศถ่ายเทได้ นอกจากนั้นการทำให้ลูกแป้งแห้งอย่างได้ผลดีอีกวิธีหนึ่ง คือการอบในตู้อบซึ่งในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปออกมาเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.6



ภาพที่ 2.5 แผนภูมิการผลิตลูกแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4.3 ข้อควรระวัง

โดยที่การผลิตลูกแป้งคือ การเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในสถานะที่ไม่สามารถทำให้ปลอดเชื้อได้เช่นที่ใช้วิธีการทางจุลชีววิทยาสมัยใหม่ การลดปริมาณการปนเปื้อนและป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาศัยหลักใหญ่ๆ 4 ประการได้แก่

1. การเลือกวัตถุดิบตั้งได้กล่าวแล้วข้างต้น
2. การรักษาความสะอาดในทุกขั้นตอนการผลิต
3. การควบคุมปริมาณความชื้นของส่วนผสมลูกแป้งให้ต่ำที่สุดที่จุลินทรีย์ลูกแป้งยังเจริญได้ โดยที่ระดับความชื้นนั้นจะต่ำกว่าที่จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน
4. ใช้สมุนไพรทั้งชนิดและปริมาณที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน โดยไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้ง ซึ่งขึ้นกับชนิดของลูกแป้งที่ผลิต

### 2.3.4.4 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

กล่าวได้ว่าลูกแป้งเป็น “กล้าเชื้อผสม” (mixed cultures) ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าถึงแม้กรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง จะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้โดยสิ้นเชิง แต่หากการผลิตนั้น ได้กระทำอย่างระมัดระวัง ได้กล่าวแล้ว จะมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (genus) เท่านั้น ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนจนตรวจนับได้ในปริมาณสูง ส่วนจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆ จะพบปนมาในปริมาณน้อยมาก

### 2.3.5 กระบวนการผลิตสาโท

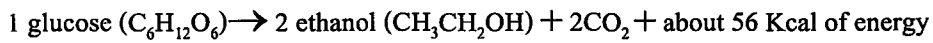
กระบวนการหมักข้าวประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอน คือ

2.3.5.1 Gelatinization เป็นขั้นตอนการทำให้ข้าวสุก เม็ดแป้งในข้าวเมื่อสัมผัสความร้อนขึ้นจะเกิด gelatinization ทำให้ข้าวสุกมีลักษณะนุ่มเหนียวเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อไป (Tester และ Morrison, 1990)

2.3.5.2 Liquefaction และ Saccharification เป็นขั้นตอนที่ทำให้แป้งเหลวก่อนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล โดยจุลินทรีย์ที่สร้าง amylolytic enzyme ซึ่งได้แก่ Amylomyces, Rhizopus (Teramoto และคณะ, 1990) การย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส จะได้ผลผลิตเป็น dextrins และ maltose สำหรับการย่อยด้วยเบต้าอะไมเลส จะได้ผลผลิตเป็น maltose และ limit dextrins และ amyloglucosidase จะย่อยแป้งหรือ dextrins นั้นให้เป็นกลูโคสต่อไป (Weiser, mountney และ Gould, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 Fementation เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์มีดังนี้ (Amerine และ Singleton, 1972)



กระบวนการผลิตสาโทหรือน้ำขาว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (มนตรี เชาว์นั้งเกต, 2521)



ภาพที่ 2.6 กระบวนการผลิตสาโทหรือน้ำขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

##### 3.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

1. ข้าวเหนียวเจียวกู
2. ลูกแป้งสาโท
3. Phenolphthalein
4. Potato dextrose agar (PDA)
5. เชื้อ *Monascus* spp.
6. กรดทาร์ทาลิก

##### 3.2 อุปกรณ์

1. อุปกรณ์นึ่งข้าว
2. อุปกรณ์หมัก
3. Refractometer
4. เครื่องอบแบบถาด (Try dryer)
5. เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์
6. เครื่องชั่ง
7. plate

##### 3.3 วิธีการทดลอง

###### 3.3.1 การทดลองผลิตภัณฑข้าวแดงจากสูตรพื้นฐาน

1. ทำการผลิตข้าวแดงตามสูตรพื้นฐาน
2. วัดปริมาณ %ความชื้น, วัดค่า pH

###### 3.3.2 การทดลองผลิตภัณฑสูตรพื้นฐาน

1. ทำการผลิตสาโทตามสูตรพื้นฐาน
2. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ, ความเป็นกรดต่าง, ปริมาณแอลกอฮอล์, วัดปริมาณสี

##### ในโทสูตรพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 ทดสอบการเติมข้าวแดงสดและข้าวแดงอบแห้งในสาโทในปริมาณต่างๆ

ทำการเติมข้าวแดงสดและข้าวแดงอบแห้งตามอัตราส่วนข้าวแดงต่อปริมาณข้าวเหนียวดิบ 1 กิโลกรัม ดังนี้ ข้าวแดงร้อยละ 10 30 50

### 3.3.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจากการทดลองที่ 2 และที่ 3 (ผู้ทดสอบชิม 30 ท่าน ใช้วิธีทดสอบ Sato Tasting Score Card)

#### 3.3.5 การเก็บตัวอย่าง

1. ทำการเก็บตัวอย่างการทดลองที่ 1 (การผลิตข้าวแดง) ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 7 และหลังอบแห้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเวลา 09.00-12.00 น โดยทำการนำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณ % ความชื้น, ความเป็นกรด/ด่าง (pH)

2. ทำการเก็บตัวอย่างการทดลองที่ 2 (การเติมข้าวแดงอบแห้งในสาโท) ของวันที่ 2, 4 และ 6 โดยปริมาณอัตราส่วนต่างๆ ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเวลา 09.00-12.00 น โดยทำการนำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ, ความเป็นกรด/ด่าง (pH), ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณสีของสาโท

3. ทำการเก็บตัวอย่างการทดลองที่ 3 (การเติมข้าวแดงสดในสาโท) ของวันที่ 2, 4 และ 6 โดยปริมาณอัตราส่วนต่างๆ ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเวลา 09.00-12.00 น โดยทำการนำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ, ความเป็นกรด/ด่าง (pH), ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณสีของสาโท

4. ทำการเก็บตัวอย่างจากการทดลอง (สูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค) ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 7 ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเวลา 09.00-12.00 น โดยทำการนำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ, ความเป็นกรด/ด่าง (pH), ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณสีของสาโท

#### 3.3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. การวัดค่าความเป็นกรด/ด่าง โดยใช้ pH meter
2. การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำโดยใช้ Hand-Refractometer
3. การวัดค่า ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยวิธี Dichromate Oxidation
4. การวัดค่าสีโดยใช้ spectrophotometer

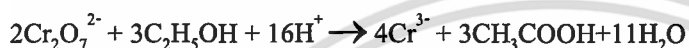
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การวิเคราะห์เอธิลแอลกอฮอล์โดยวิธี Dichromate oxidation

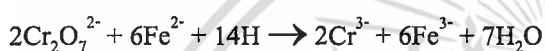
#### หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณ เอธิลแอลกอฮอล์ ( $C_2H_5OH$ ) โดยวิธีนี้จะอาศัยปฏิกิริยา oxidation ของ  $C_2H_5OH$  โดย potassium dichromate ( $K_2Cr_2O_7$ ) ที่มากเกินไป ไตเตรตหาปริมาณ  $K_2Cr_2O_7$  ที่เหลือ โดยใช้สารละลาย ammonium ferrous sulfate ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ) มาตรฐาน และใช้ o-phenanthroline เป็น indicator

ปฏิกิริยา oxidation ของ  $C_2H_5OH$  ด้วย  $K_2Cr_2O_7$  ในสภาวะที่มี  $H_2SO_4$  แสดงได้ดังนี้



จากนั้น dichromate ที่เหลือจะถูก reduce โดยการไตเตรตกับ ammonium ferrous sulfate ดังนี้



#### สารเคมี

Potassium dichromate ( $K_2Cr_2O_7$ )

Ammonium ferrous sulfate ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ )

Sulfuric acid (conc  $H_2SO_4$ )

O-phenanthroline

Ferrous sulfate ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )

#### อุปกรณ์

Micro Kjeldahl apparatus

บีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร	2	ใบ
บีกเกอร์ ขนาด 300 มิลลิลิตร	2	ใบ
ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร	5	ใบ
ขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร	2	ใบ
ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร	1	ใบ
กระบอกตวง ขนาด 500 มิลลิลิตร	1	อัน
ขวดแก้ว สำหรับใส่สารละลาย	1	ใบ
แท่งแก้ว สำหรับคน	2	อัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรวยแก้ว	1	อัน
กระบอกน้ำกลั่น		
ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร	5	อัน
ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร	5	อัน
บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร	1	อัน
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่	60°C	
กะละมังสำหรับใส่น้ำเย็น	1	ใบ

### การเตรียม สารละลาย

#### 1. สารละลาย potassium dichromate

เติมกรด  $H_2SO_4$  325 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอยู่ในบีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร อย่างช้าๆ คนเบาๆ ทำให้เย็นลง โดย แช่บีกเกอร์ในอ่างน้ำเย็น จากนั้นเติม  $K_2Cr_2O_7$  33.7680 กรัม (primary standard) คนให้ละลายถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1 ลิตร ค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไปจนเกือบถึงขีด ทำให้เย็นโดยแช่ขวดปริมาตร ในอ่างน้ำเย็น จากนั้นปรับปริมาตรให้ถึงขีด ด้วยน้ำกลั่น

#### 2. สารละลาย ammonium ferrous sulfate

ละลาย  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  135.5 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมกรด  $H_2SO_4$  30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันถ่ายในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตรให้ถึง ขีดด้วยน้ำกลั่น

#### 3. สารละลาย 1.10-phenanthroline

ละลาย  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0.695 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 0-phenanthroline  $\cdot 1H_2O$  (1.485/2) กรัม คนให้ละลายปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

### วิธีวิเคราะห์

#### 1. การกลั่นตัวอย่างโดยใช้ micro kjeldahl appartus

ต้มน้ำใน steam generator ให้เดือดเปิดน้ำเย็นไหลผ่าน condenser ปิเปตสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  25 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่แล้วนำไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้จากปลาย condenser โดยให้ปลาย condenser จุ่มอยู่ในสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$

ปีเปิดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เช็ดตัวอย่างที่เป็อนอยู่ด้านนอกปีเปิดให้แห้ง ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดกลั่นตัวอย่าง ใช้กระบอกน้ำกลั่นฉีดล้างด้านในของปีเปิดให้ไหลลงในหลอดกลั่นตัวอย่าง จนแน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างติดค้างปีเปิด

นำหลอดกลั่นตัวอย่างต่อเข้ากับเครื่อง แล้วเปิดให้ไอน้ำไหลเข้าในหลอดกลั่นตัวอย่างกลั่นจนกระทั่งปริมาตรของสารละลายในขวดรูปชมพู่ที่ใช้รองรับมีปริมาตรเพิ่มเป็น 40 มิลลิลิตร หยุดการกลั่น และใช้กระบอกน้ำกลั่นฉีดล้างปลาย condenser ให้สารละลายที่ติดค้างอยู่ไหลรวมกันในขวดรูปชมพู่ ปิดจุกแล้วนำขวดรูปชมพู่ดังกล่าวไปแช่ไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ  $60 \pm 2^{\circ}$  นาน 20-25 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยา oxidation สมบูรณ์

## 2. การไตเตรท

นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ ที่ได้จากขั้นตอนในข้อ 1 มาไตเตรทกับสารละลาย ammonium ferrous sulfate จนได้สารละลาย สีน้ำตาลแดง จากนั้นเติม o-phenanthroline indicator 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทต่อไป จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเขียวซีมัว ซึ่งเป็นจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลาย ammonium ferrous sulfate ที่ใช้ (A)

ไตเตรท blank โดยใช้สารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  25 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทโดยตรงกับสารละลาย ammonium ferrous sulfate และบันทึกปริมาตรที่ได้ (B)

คำนวณหาปริมาณ เอธิลแอลกอฮอล์ ดังนี้

$$\text{ปริมาณ Ethy alcohol} = 25 - ((25)(A/B))$$

(% น้ำหนัก / ปริมาตร)

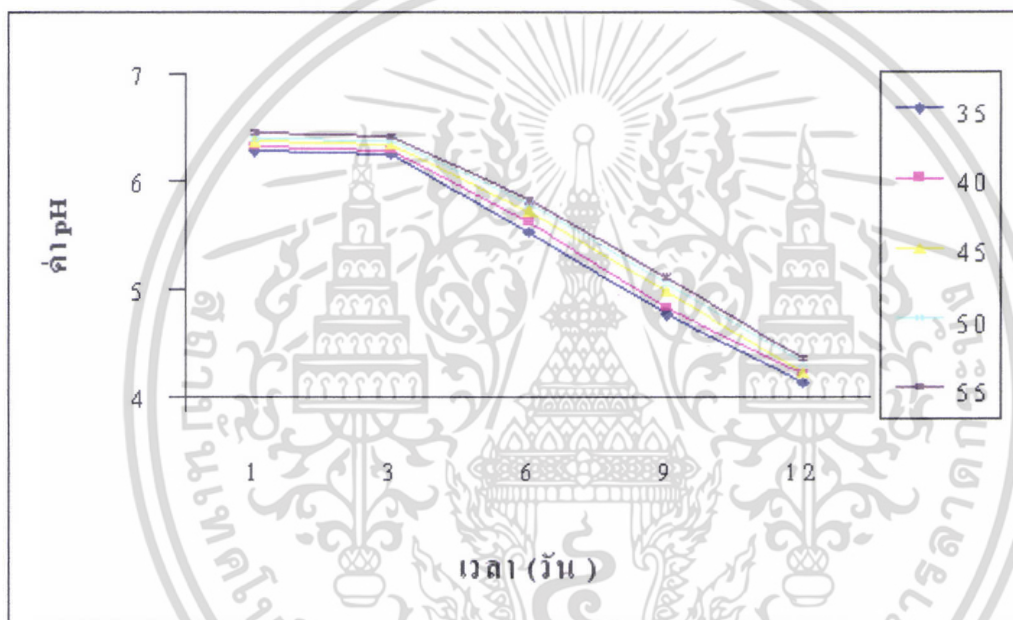
หมายเหตุ สารละลาย ammonium ferrous sulfate สามารถถูก oxidize อย่างช้าๆ โดยอากาศ ดังนั้นจึงควรหาค่า blank ทุกวันที่ทำการวิเคราะห์ และไม่ควรใช้สารละลายนี้ที่ปล่อยทิ้งไว้ในบิวเรตเกิน 30 นาที

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

#### 4.1 แสดงผลการผลิตข้าวแดงและการผลิตสาคูข้าวแดง

1. แสดงปริมาณ pH ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับปริมาณของน้ำร้อยละ 35, 40, 45, 50, 55

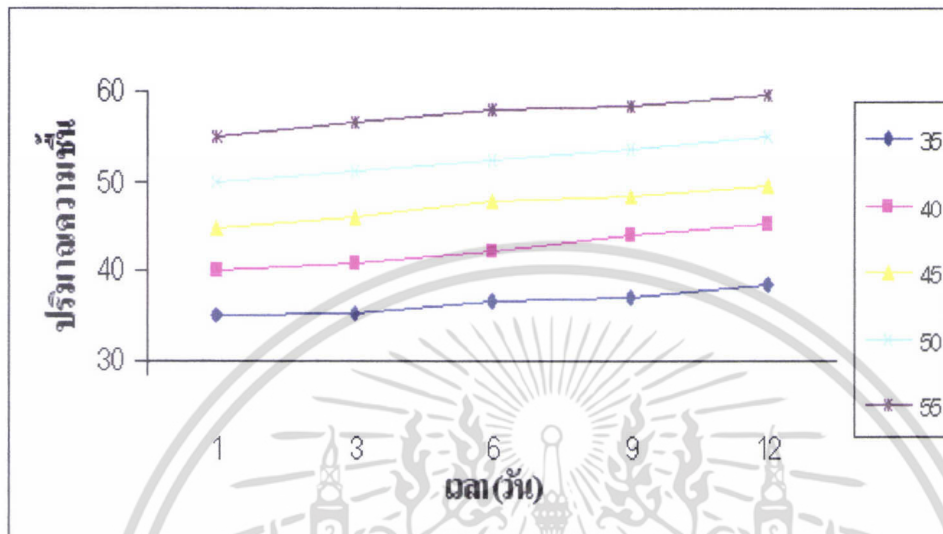


ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณของน้ำที่ใช้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 1 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับปริมาณของน้ำ 35 40 45 50 และ 55 ผลปรากฏว่าถ้าใช้ปริมาณความชื้นมากขึ้นเท่าไรก็จะทำให้ผลของค่าพีเอชเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่าของพีเอชก็จะลดลงเรื่อยๆ แสดงว่าความชื้นและระยะเวลาที่ใช้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช อาจเกิดจากเชื้อราที่ใช้น้ำหมักข้าวให้เป็นข้าวแดง มีการใช้อาหารจากข้าวแล้วส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

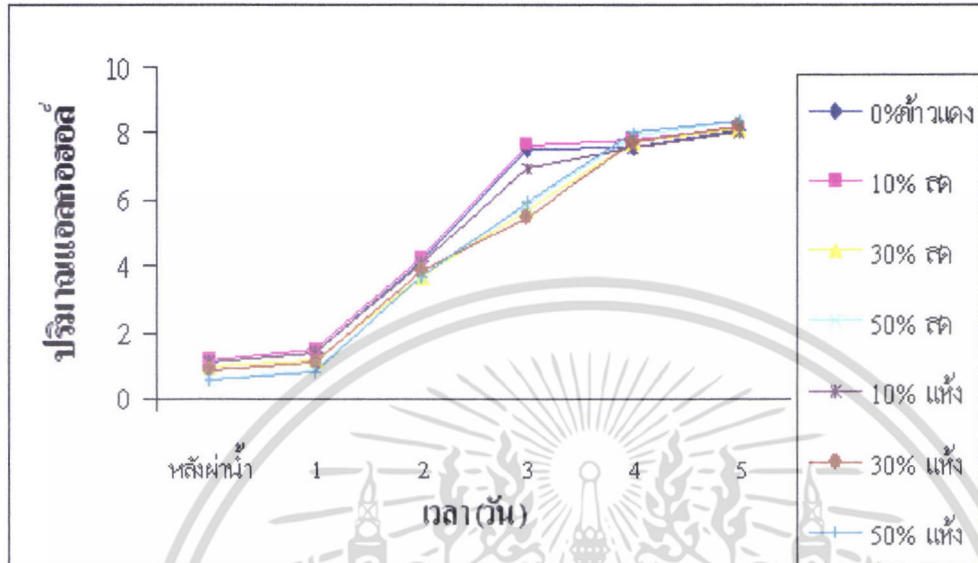
2. แสดงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความชื้น ร้อยละ 35 40 45 50 55



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับระยะเวลาที่ใช้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 1 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความชื้น 35 40 45 50 และ 55 ผลปรากฏว่ายิ่งปริมาณความชื้นมากขึ้นเท่าไรก็จะทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเชื้อราที่ใช้หมักข้าวก็จะใช้อาหารจากข้าว จึงมีผลทำให้ข้าวแดงที่ได้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากการคายน้ำของเชื้อรา

3. แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทโดยใช้ข้าวแดงกับลูกแป้ง 3 วันทีระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

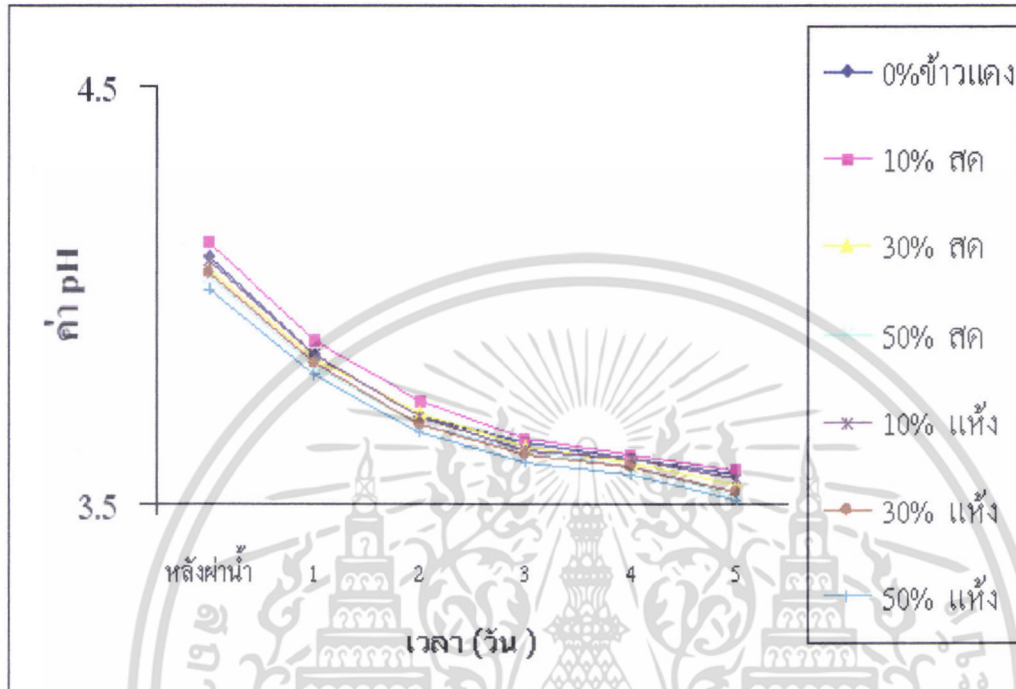


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอลกอฮอล์กับเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอลกอฮอล์กับเวลาหลังจากผ่น้ำที่ปริมาณข้าวแดงร้อยละต่างๆ ผลปรากฏว่าหลังจากผ่น้ำปริมาณแอลกอฮอล์จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยปริมาณข้าวแดงแห้งร้อยละ 50 จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดซึ่งวัดได้ร้อยละ 8.43 รองลงมาคือข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงแห้งร้อยละ 30 ข้าวแดงสดร้อยละ 30 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงแห้งร้อยละ 10 และข้าวแดงร้อยละ 0 ตามลำดับแต่เมื่อดูระยะเวลาการเพิ่มของปริมาณแอลกอฮอล์ในแต่ละวันจะพบว่าปริมาณการเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าข้าวแดงมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของแอลกอฮอล์ด้วย ซึ่งดูได้จากกราฟยิ่งถ้าเราเติมข้าวแดงเพิ่มขึ้นปริมาณของแอลกอฮอล์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลง pH ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทโดยใช้ข้าวแดงกับลูกแป้ง 3 วัน ที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

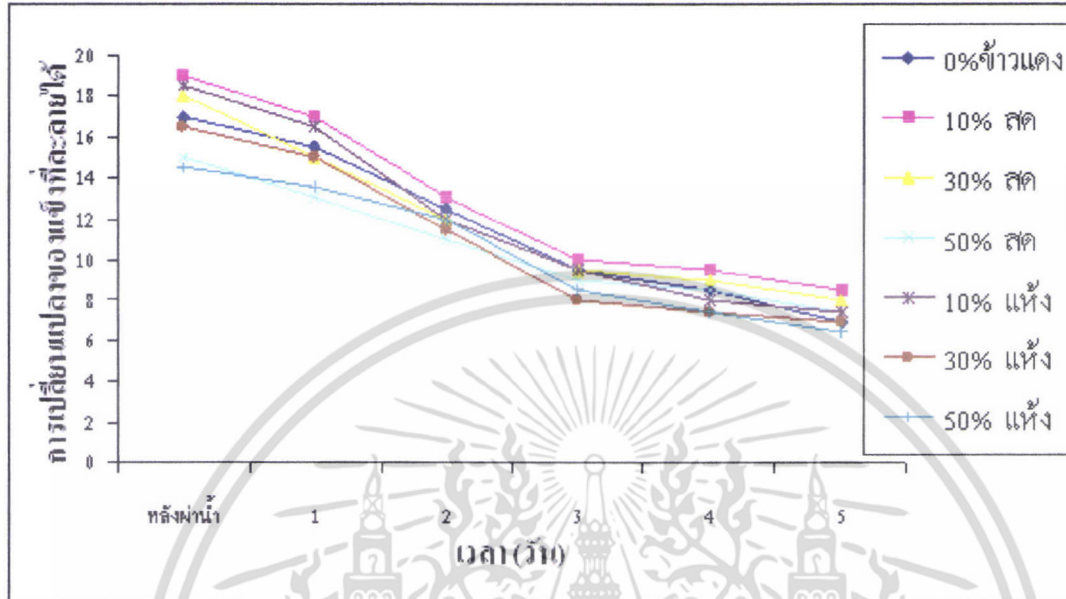


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับเวลาหลังค่าน้ำที่ปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆ ผลปรากฏว่าหลังจากค่าน้ำปริมาณของพีเอชจะลดลงเรื่อยๆ โดยพีเอชของข้าวแดงแห้งร้อยละ 50 จะมีปริมาณพีเอชที่ต่ำที่สุด รองลงมาคือข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงแห้งร้อยละ 30 ข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 และข้าวแดงแห้งร้อยละ 10 ตามลำดับ จากค่าพีเอชที่วัดของปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าข้าวแดงมีผลต่อค่าการลดลงของพีเอช ถ้ามีการเติมข้าวแดงลงไปมากเท่าไรก็จะทำให้ปริมาณของพีเอชลดลง แต่ถ้าเปรียบเทียบกับข้าวแดงร้อยละ 0 จะเห็นว่าข้าวแดงสดและข้าวแดงแห้งร้อยละ 10 มีค่าพีเอชสุดท้ายใกล้เคียงกับข้าวแดงร้อยละ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโท โดยใช้ข้าวคดกับลูกแป้งที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

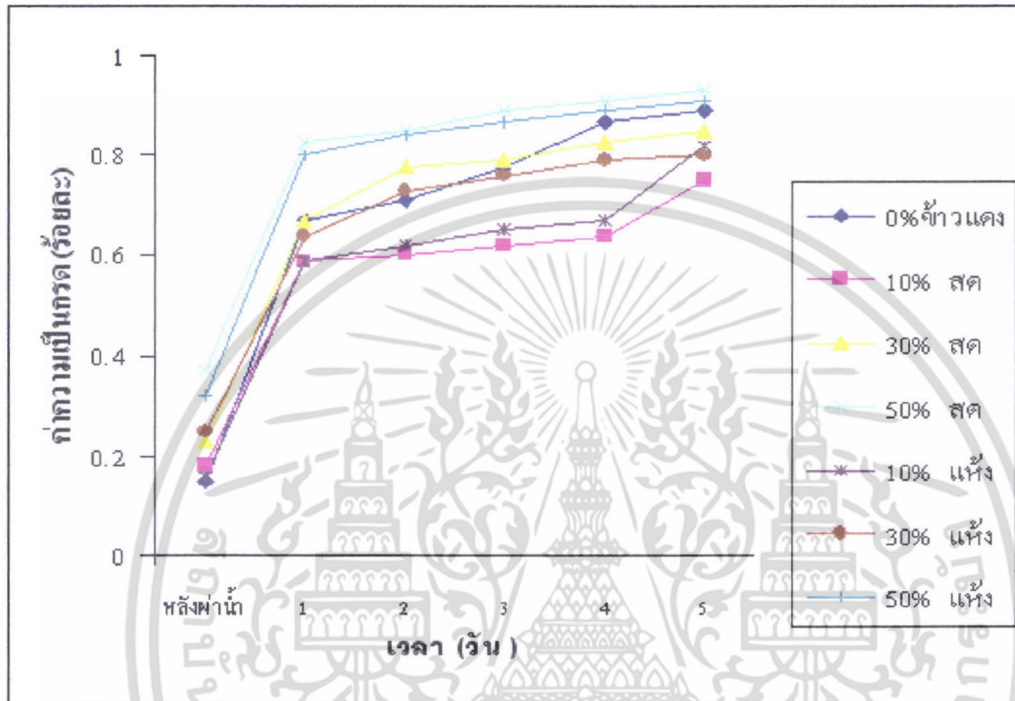


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) กับเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับเวลาหลังพ่น้ำที่ปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆ ผลปรากฏว่าหลังจากการพ่น้ำในช่วงแรกจะมีปริมาณการเพิ่มขึ้นแต่หลังจากนั้นปริมาณของแข็งที่ได้จะค่อยๆ ลดต่ำลงเรื่อยๆ ของปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าในช่วงนี้จุลินทรีย์มีการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ได้ลดน้อยลง เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้อาหารจากน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด (ร้อยละ) ในรูปของกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทโดยใช้ข้าวแดงกับลูกแป้ง 3 วัน ที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50



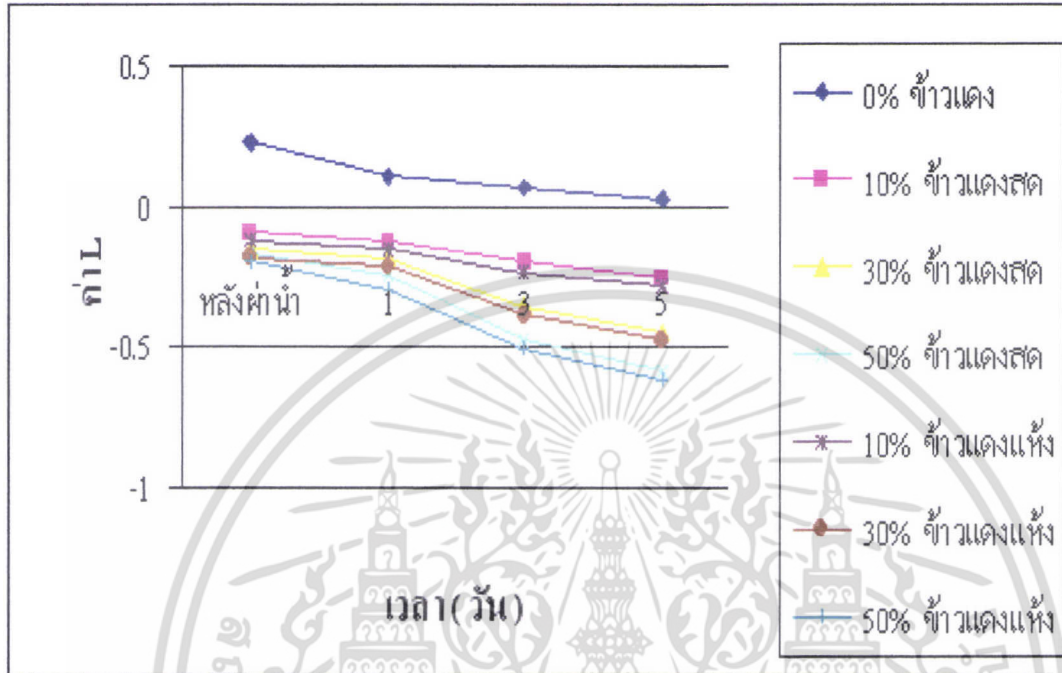
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดกับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดกับเวลาหลังพำนักที่ปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆ ผลปรากฏว่าหลังพำนักปริมาณความเป็นกรดจะลดลงแต่หลังจากนั้นปริมาณความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากจุลินทรีย์จะดึงปริมาณน้ำตาลไปเป็นอาหารและคายกรดออกมาทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าแนวโน้มของกราฟจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าพีเอช เฉลี่ยแล้วค่าความเป็นกรดหลังพำนักที่ปริมาณข้าวแดงเปอร์เซ็นต์ต่างๆอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1 ถึง 1.0 ของความเป็นกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แสดงค่า L ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งในปริมาณข้าวแดงร้อยละ

0 10 30 และ 50



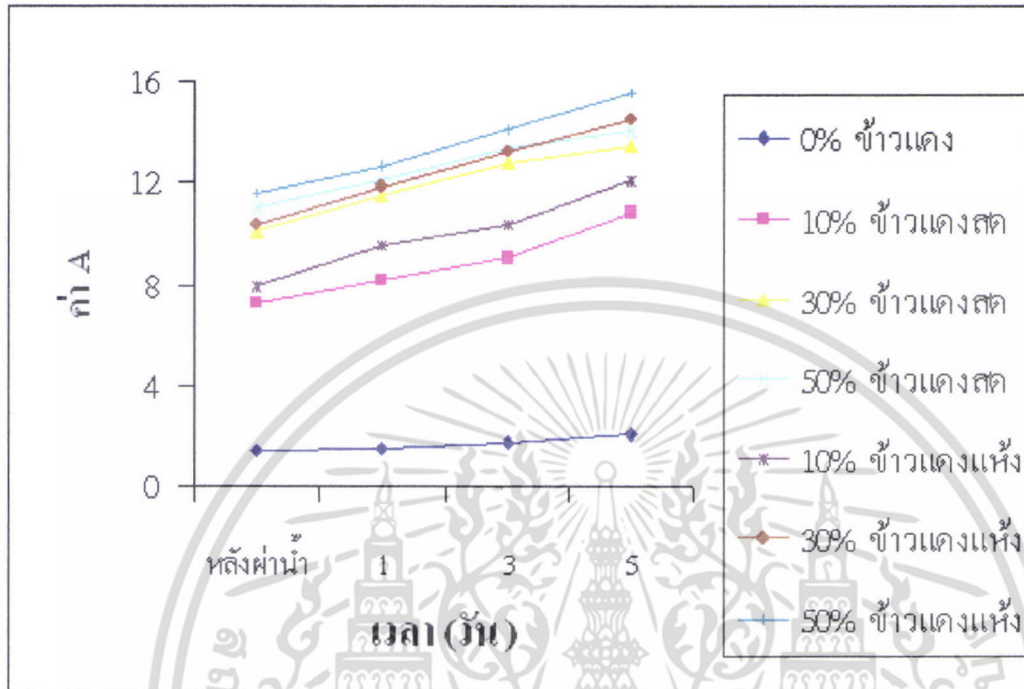
ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า L กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างค่า L กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโทผลปรากฏว่า ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 มีปริมาณค่าความสว่างน้อยที่สุดรองลงมาสดร้อยละ 50 อบแห้งร้อยละ 30 สดร้อยละ 30

อบแห้งร้อยละ 10 และสดร้อยละ 10 ตามลำดับ แสดงว่าข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 มีปริมาณสีที่เข้มกว่าสูตรอื่น ดังนั้น ยังมีการเติมข้าวแดงมากขึ้นเท่าไรก็จะมีผลต่อความสว่างของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แสดงค่า A ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งในปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 10 30 และ 50



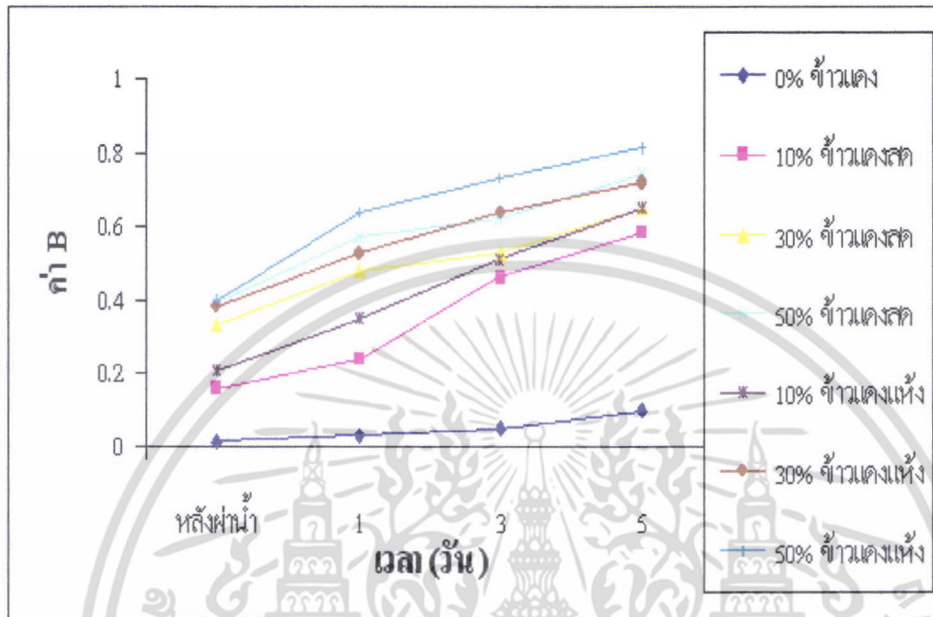
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า A กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างค่า A กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท ผลปรากฏว่าข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 มีปริมาณค่า A มากที่สุดรองสดร้อยละ 50 อบแห้งร้อยละ 30 สดร้อยละ 30 อบแห้งร้อยละ 10 และสดร้อยละ 10 ตามลำดับ แสดงว่ายังมีค่า A มากเท่าไร ก็จะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้สีแดงมากขึ้นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละ 0 จะเห็นว่าค่าของอบแห้งร้อยละ 50 สูงกว่ามาก ดังนั้นยิ่งข้าวแดงมากขึ้นเท่าไรค่า A ที่ได้ก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 9. แสดงค่า B ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งในปริมาณข้าวแดงร้อยละ

0 10 30 และ 50

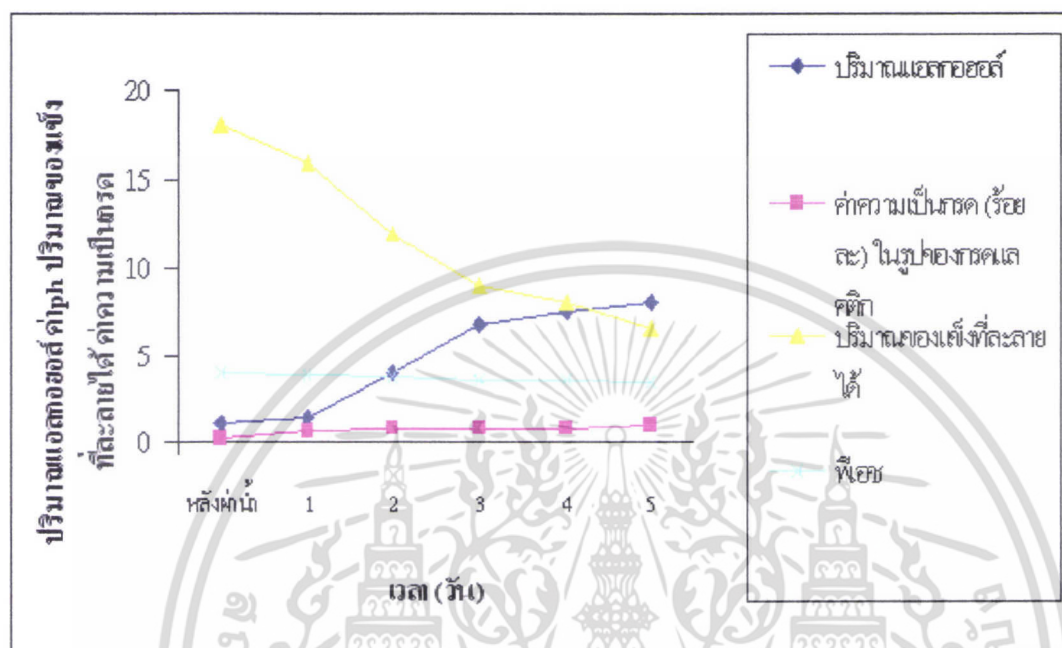


ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า B กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างค่า B กับระยะเวลาที่ใช้หมักสาโท ผลปรากฏว่า ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 มีปริมาณค่า A มากที่สุด รองลงมาร้อยละ 50 อบแห้งร้อยละ 30 สดร้อยละ 30 อบแห้งร้อยละ 10 และสดร้อยละ 10 ตามลำดับ แสดงว่ายิ่งมีค่า B มากเท่าไร ก็จะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ เข้าใกล้สีเหลืองมากขึ้นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละ 0 จะเห็นว่าค่าของอบแห้งร้อยละ 50 สูงกว่า มาก ดังนั้นยิ่งข้าวแดงมากขึ้นเท่าไรค่า B ที่ได้ก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. แสดงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ค่าความเป็นกรด (ร้อยละ) ในรูปของกรดแลคติก, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) และค่าพีเอช หลังจากการหมักสาโทข้าวแดง และผ่านน้ำหมักที่ ปริมาณข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าพีเอช ในสาโทข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10 ผลปรากฏว่า หลังจากผ่านน้ำปริมาณแอลกอฮอล์จะมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นกรดจะตรงกันข้ามกับค่าพีเอช คือค่าความเป็นกรดจะมีค่าลดลง ส่วนค่าพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลเป็นอาหารในการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการประเมินคุณภาพการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดงในปริมาณข้าวแดงสด และข้าวแดงอบแห้งที่ระดับ 0% 50% 30% และ 10% ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ข้าวแดง ลักษณะ	ปริมาณอัตราส่วนข้าวแดงในสาโท						
	0%	สด 10%	สด 30%	สด 50%	แห้ง 10%	แห้ง 30%	แห้ง 10%
สี	6.63 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	6.4 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	7.833 <sup>a</sup>	6.33 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>
กลิ่น	21.8 <sup>a</sup>	21.767 <sup>a</sup>	21.13 <sup>a</sup>	20.53 <sup>a</sup>	23.16 <sup>a</sup>	20.56 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>
รส	28.7 <sup>a</sup>	26.3 <sup>ab</sup>	25.96 <sup>ab</sup>	23.43 <sup>b</sup>	29.16 <sup>a</sup>	26.16 <sup>ab</sup>	24.5 <sup>b</sup>
ความประทับใจ	13.23 <sup>b</sup>	12.13 <sup>b</sup>	12.63 <sup>b</sup>	10.16 <sup>c</sup>	17.26 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	11.96 <sup>b</sup>

เปรียบเทียบผล Duncan ที่ระดับความน่าจะเป็น 95%

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง โดยใช้ข้าวแดงสดและข้าวแดงแห้งในปริมาณร้อยละ 0 10 30 และ 50 ในด้านสีพบว่าในสาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 7.833 และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับสาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 โดยข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 มีคะแนนความชอบเท่ากับ 6.6.. 6.1 6.4 6.1 6.33 และ 6.2 ตามลำดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง โดยใช้ข้าวแดงสดและข้าวแดงแห้งในปริมาณร้อยละ 0 10 30 และ 50 ในด้านกลิ่นพบว่า สาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 โดยข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงสดร้อยละ 50 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 50 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 โดยมีคะแนนความชอบเท่ากับ 21.8 21.767 21.133 20.533 22.967 20.467 และ 20.3 ตามลำดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง โดยใช้ข้าวแดงสดและข้าวแดงแห้งในปริมาณร้อยละ 0 10 30 และ 50 ในด้านรสพบว่า สาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 ข้าวแดงสดร้อยละ 10 ข้าวแดงสดร้อยละ 30 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 ไม่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันทางสถิติ สาโทใช้ข้าวแดงสตร้อยละ10 ข้าวแดงสตร้อยละ 30 และข้าวแดงแห้งร้อยละ 50 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สาโทที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ0 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ10 มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสาโทที่ใช้ข้าวแดงสตร้อยละ50และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ50 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 สาโทที่ใช้ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ10 มีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 29.067 ส่วนสาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงร้อยละ0 ข้าวแดงสตร้อยละ10 ข้าวแดงสตร้อยละ30 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ30และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ50 มีคะแนนความชอบเท่ากับ 28.7 26.3 25.867 23.433 26.067และ24.05 ตามลำดับ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสาโทข้าวแดง โดยใช้ข้าวแดงสดและข้าวแดงแห้งในปริมาณร้อยละ0 10 30 และ50 ในด้านสีพบว่าในสาโทที่ใช้ปริมาณข้าวแดงอบแห้งร้อยละ10 มีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ17.167 และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับสาโทที่ใช้ข้าวแดงร้อยละ0 สาโทที่ใช้ข้าวแดงแห้งสตร้อยละ10 ข้าวแดงสตร้อยละ 30 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 30 และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ50 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีคะแนนความชอบเท่ากับ 13.233 12.13 12.633 12 และ11.867 ตามลำดับ สาโทที่ใช้ข้าวแดงสตร้อยละ50 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ได้รับคะแนนเท่ากับ 9.967 มีความแตกต่างทางสถิติกับสาโทข้าวแดงที่ใช้ปริมาณข้าวแดงร้อยละ0 ข้าวแดงสตร้อยละ10 ข้าวแดงสตร้อยละ30 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ10 ข้าวแดงอบแห้งร้อยละ30และข้าวแดงอบแห้งร้อยละ50 ซึ่งมีคะแนนความชอบเท่ากับ 13.233 12.12 12.633 17.167 12.00 และ11.867 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองการทำข้าวแดงเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม พบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อข้าวที่เหมาะสมที่สุดในการทำข้าวแดง คือร้อยละ 45

2. การหมักสาโทอัตราส่วนระหว่างข้าวแดงต่อข้าวเหนียวดิบที่เหมาะสมของข้าวแดงสด คือ ร้อยละ 10 ส่วนข้าวแดงอบแห้ง คือร้อยละ 10 แต่เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ที่ร้อยละ 10 ของข้าวแดงอบแห้งได้รับการยอมรับสูงสุด ซึ่งสาโทที่ได้มี pH เท่ากับร้อยละ 3.54 ค่าความเป็นกรด เท่ากับร้อยละ 0.93 ค่าของแข็งที่ละลายได้เท่ากับร้อยละ 6.5 ปริมาณแอลกอฮอล์เท่ากับร้อยละ 8.02

#### ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตข้าวแดงขณะการบ่มควรเขย่าข้าวแดงทุกๆ วัน เพื่อให้เกิดสีสม่ำเสมอ
2. การผลิตสาโทข้าวแดงมีผลจำกัดคือ อัตราส่วนของข้าวแดงที่ใช้ต้องมีความเหมาะสม ถ้าเดิมข้าวแดงมากเกินไป เช่น เดิมข้าวแดงร้อยละ 100 จะไม่เกิดสาโท
3. ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากการเชื้อลูกแป้งที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กังสดาลย์ ศรีแก้ว. 2538. การคัดเลือกสายพันธุ์ของเชื้อราโมแนสคัสเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพมหานคร.
- ดำรง ทิพย์โยธา. 2543. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPss for Windows version 9.0 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 272 หน้า
- นภา โล่ห์ทอง. 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. หจก. ฟันนี่พับบลิชชิง กรุงเทพมหานคร. 160 หน้า
- บุษบา ยงสมิทธิ์. 2540. สีสโมแนสคัส. วิตามินและการหมักสารสีจากเชื้อจุลินทรีย์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- เพชรวิทย์ เหมือนญาติวงศ์. 2525. สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: บริษัทสวิตาการพิมพ์จำกัด
- พัฒน์ สุจำนงค์. 2537. กฎหมายควบคุมอาหารและมาตรฐานอาหาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- พลายแก้ว ไชยเบญจรงค์ และบุษบา ยงสมิทธิ์. 2534ก. “การศึกษาเบื้องต้นการผลิตโคจีสีแดงของโมแนสคัสเตรียมจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ.” น.277-282. ในการประชุมวิชาการครั้งที่ 29 สาขาวิทยาศาสตร์- เทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- ไพโรจน์ วิริยารีย์. 2536. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้าหมัก. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิทย์ เทียงบูรณธรรม. 2536. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. สรียาบรรณ กรุงเทพมหานคร.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2535. “ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน.” วัตถุประสงค์อาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- อรุณี คงศักดิ์ไพศาล 2541. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.
- Cai, Y., and Corke, H. 1999. “Amaranthus Betacyanin Pigments Applied in Model Food Systems.” J.Food Sci. 52, (6) : 1753 – 1754

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Fabre, C. E., Santerre, A. L., Lorte, M. O., Baberian, R., Pareilleux, A., Goma, G., and Blanc, P.J. 1993. "Production and Food Applications of the Red Pigments of *Monascus ruber*." J. Food Sci. 58, (5) : 1099-1102
- Han, O. 1990. "Optimization of *Monascus* pigment production in solid state fermentation." In Hendry, G. A. F., and Houghton, J. D. Natural Food Colorants. 262 p. Blackies and sun Ltd., Glasgow.
- Hesseltine, C.W. 1965. "A millennium of fungi, food and fermentation." Mycologia. 57 : 180 – 181
- John, M.R., and Stuart, D. M. 1991. "Production of pigment by *Monascus purpureus* in solid culture." J. Ind. Microbiol. 8: 23-28.
- Lin, C. F., and Iizuka, H. 1982. "Production of extracellular pigment by mutant of *Monascus kaoliang* sp." Appl. Environ. Microbiol. 43(3) : 671-676.
- Monascus Red*. " 2000. (Online). Available: <http://allok.com>
- Nishikawa, H. 1932. "1932. "Study on the biochemistry of mould The pigments of *Monascus purpureus*." J. Agric. Chem. Soc. 8: 1007-1014.
- Palo, M. N., Vidal-Adeva, L., and Maccda, L. 1960. "Study on ang-kak and its production." Philipp. J. Sci. Soc. 89 : 1-22.
- Rashbaum, S. A., and Yuch, M. 1983. "Natural red coloring prepared from wheat and barley substrate." U.S. patent 4,418,081.
- The, L. S., and Francis, F. J. 1988 "Stability of Anthocyanin from *Zebrina pendula* and *Ipomea tricolor* in Model Beverage." J. Food Sci. 53, (5) : 1580 – 1581.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## คะแนนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

## ค่าสี 10

ผู้ทดสอบ	0%	สด 50%	สด 30%	สด 10%	แห้ง 50%	แห้ง 30%	แห้ง 10%
1	9	8	8	6	9	7	7
2	4	9	6	7	8	5	10
3	8	9	9	9	9	6	9
4	8	6	8	4	5	8	4
5	8	9	7	6	3	9	7
6	6	5	5	4	7	8	6
7	9	8	10	6	5	9	7
8	6	7	5	6	5	8	6
9	8	9	3	6	3	7	6
10	8	7	5	6	5	8	5
11	5	8	6	5	7	6	5
12	5	9	4	5	3	4	7
13	8	9	5	6	7	6	6
14	6	7	4	9	5	5	8
15	4	5	7	8	9	7	8
16	8	9	7	5	8	5	6
17	8	6	7	5	9	4	5
18	5	9	6	5	4	6	7
19	5	9	7	4	8	3	6
20	9	7	6	7	6	8	5
21	7	8	6	6	5	9	6
22	6	9	8	5	6	5	6
23	7	8	7	6	7	6	6
24	6	7	8	5	6	6	4
25	6	9	8	7	5	5	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26	5	6	7	8	6	4	7
27	5	9	7	8	4	6	8
28	9	7	4	6	6	5	6
29	7	8	6	8	6	6	5
30	4	9	6	5	7	5	7

### กลับ

ผู้ทดสอบ	0%	สด 50%	สด 30%	สด 10%	แห้ง 50%	แห้ง 30%	แห้ง 10%
1	20	15	16	14	14	12	15
2	21	25	20	17	21	19	15
3	25	27	28	19	26	27	29
4	21	20	30	23	18	20	23
5	23	25	13	23	26	27	20
6	20	26	20	25	22	23	27
7	19	10	20	15	20	15	17
8	20	11	15	16	14	14	15
9	25	12	10	19	18	15	15
10	25	15	28	23	16	20	25
11	19	20	22	24	18	18	20
12	21	24	13	25	11	14	24
13	25	20	15	20	10	15	20
14	15	16	15	18	13	12	16
15	20	24	29	24	29	21	25
16	25	26	26	22	23	25	27
17	23	28	20	23	17	19	27
18	23	20	18	19	22	22	20
19	21	21	25	25	24	25	22
20	27	22	26	23	26	27	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21	20	20	20	25	22	25	29
22	23	19	21	25	21	20	28
23	21	20	23	23	19	25	26
24	22	22	21	24	23	23	28
25	14	19	22	23	22	24	25
26	25	24	23	27	20	19	26
27	25	22	25	21	23	24	25
28	22	20	23	23	24	17	24
29	24	22	24	19	23	26	26
30	20	21	23	26	24	21	22

**รศ 40**

ผู้ทดสอบ	0%	สด 50%	สด 30%	สด 10%	แห้ง 50%	แห้ง 30%	แห้ง 10%
1	30	25	33	34	33	26	32
2	25	26	32	31	34	29	15
3	25	33	16	34	16	30	25
4	15	11	16	8	10	13	15
5	30	12	28	27	25	18	11
6	20	18	19	25	23	20	24
7	28	30	25	25	28	30	25
8	27	19	22	17	18	20	29
9	24	8	11	10	7	17	14
10	20	15	28	30	20	29	21
11	25	25	20	22	12	24	26
12	21	10	20	28	31	15	36
13	35	15	20	20	20	18	34
14	26	20	18	19	21	23	20
15	33	29	30	30	28	33	35
16	30	10	25	25	27	20	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17	35	20	24	27	28	25	32
18	35	19	15	25	16	17	25
19	23	22	27	29	25	28	26
20	38	34	36	37	34	33	37
21	32	31	31	24	22	30	39
22	33	28	33	23	29	27	33
23	33	29	31	30	28	33	37
24	31	30	32	25	31	32	35
25	31	29	29	30	26	32	36
26	29	32	31	29	27	33	32
27	34	32	31	29	26	30	35
28	31	30	30	31	31	34	33
29	31	30	31	33	28	30	36
30	31	31	32	32	31	33	39

**ความประทับใจ 20**

ผู้ทดสอบ	0%	สด 50%	สด 30%	สด 10%	แห้ง 50%	แห้ง 30%	แห้ง 10%
1	18	13	17	16	19	17	18
2	9	11	15	17	14	15	19
3	11	8	19	18	11	9	17
4	15	15	14	8	13	10	19
5	15	10	14	13	8	11	18
6	12	9	10	17	12	13	13
7	16	15	20	13	12	15	18
8	11	10	12	12	12	15	19
9	13	6	5	5	6	6	16
10	15	14	10	13	15	12	16
11	5	3	2	3	4	4	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	8	9	7	11	6	13	15
13	15	10	9	10	7	10	17
14	13	9	12	10	16	11	15
15	15	8	15	14	12	15	19
16	14	10	13	13	10	13	18
17	12	6	13	9	11	10	15
18	12	10	13	14	15	10	19
19	13	9	4	16	12	13	19
20	11	10	15	13	9	16	16
21	15	10	12	12	13	16	17
22	18	8	17	9	12	13	19
23	16	10	14	10	16	12	16
24	10	13	16	9	13	15	19
25	13	9	12	13	13	12	17
26	19	10	12	11	13	12	20
27	16	12	15	10	14	11	18
28	11	9	14	15	13	12	19
29	11	13	13	16	12	10	18
30	15	10	15	14	13	9	17

คะแนนรวมของ สี กลิ่น รสและความประทับใจ

ผู้ทดสอบ	0%	สด 10%	สด 30%	สด 50%	แห้ง 10%	แห้ง 30%	แห้ง 50%
1	77	71	73	60	74	63	74
2	59	72	77	67	58	69	77
3	69	80	72	74	80	75	62
4	59	43	64	54	63	51	46
5	76	69	62	56	58	63	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	58	71	55	61	69	61	61
7	72	59	72	64	68	70	65
8	64	51	55	45	70	54	49
9	70	40	32	33	54	41	34
10	68	72	71	52	69	66	56
11	54	54	49	54	63	52	41
12	55	69	47	47	84	46	56
13	83	56	50	51	80	51	44
14	60	56	53	50	58	50	55
15	74	76	82	68	84	76	78
16	78	65	72	51	89	65	68
17	78	66	62	58	80	61	65
18	77	61	51	55	73	55	57
19	60	74	62	55	76	73	69
20	85	80	83	74	88	81	75
21	74	67	69	66	94	75	63
22	80	62	77	60	88	66	68
23	77	69	74	65	88	75	70
24	69	63	73	71	89	78	74
25	64	71	67	62	87	76	66
26	78	76	73	74	82	71	66
27	80	68	79	72	87	72	67
28	70	75	73	64	83	69	74
29	71	76	75	71	88	72	69
30	72	77	77	67	87	69	75
<b>รวม</b>	<b>2111</b>	<b>1989</b>	<b>1981</b>	<b>1801</b>	<b>2311</b>	<b>1946</b>	<b>1886</b>
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>70</b>	<b>66.3</b>	<b>66</b>	<b>60</b>	<b>77</b>	<b>65</b>	<b>63</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข**  
**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

การวิเคราะห์แบบ RCBD

ตัวอย่างสาโทข้าวแดง

การวิเคราะห์สถิติของคะแนนเฉลี่ยของความเข้มข้นในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
COLOUR	Between Groups	67.257	6	11.210	5.229	.000
	Within Groups	435.200	203	2.144		
	Total	502.457	209			

การวิเคราะห์สถิติของคะแนนเฉลี่ยของกลิ่นในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FLAVOUR	Between Groups	166.590	6	27.765	1.077	.377
	Within Groups	5231.833	203	25.773		
	Total	5398.424	209			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สถิติของคะแนนเฉลี่ยของรสในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

**ANOVA<sup>a</sup>**

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TASTE	Main Effects	(Combined)	6938.152	35	198.233	8.822	.000
		PANAL1	6184.838	29	213.270	9.491	.000
		TREATMEN	753.314	6	125.552	5.587	.000
	Model	6938.152	35	198.233	8.822	.000	
	Residual	3909.829	174	22.470			
	Total	10847.981	209	51.904			

a. TASTE by PANAL1, TREATMEN

การวิเคราะห์สถิติของคะแนนเฉลี่ยของความประทับใจในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

**ANOVA<sup>a</sup>**

			Experimental Method				
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TOTAL	Main Effects	(Combined)	1680.171	35	48.005	6.139	.000
		PANAL1	803.714	29	27.714	3.544	.000
		TREATMEN	876.457	6	146.076	18.680	.000
	Model	1680.171	35	48.005	6.139	.000	
	Residual	1360.686	174	7.820			
	Total	3040.857	209	14.550			

a. TOTAL by PANAL1, TREATMEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## ผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 แสดงปริมาณ pH ที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความชื้นร้อยละ 35 40 45 50 55

เวลา (วัน)	ปริมาณ pH ที่ระดับความชื้นต่างๆ				
	35	40	45	50	55
1	6.13	6.19	6.23	6.28	6.32
3	6.25	6.29	6.34	6.38	6.41
6	5.54	5.63	5.72	5.79	5.82
9	4.77	4.84	4.98	5.05	5.12
12	4.14	4.2	4.23	4.31	4.35

## ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	15.70494	4	3.926234	3274.59	4.41E-23	3.006917
Columns	0.186136	4	0.046534	38.81068	4.79E-08	3.006917
Error	0.019184	16	0.001199			
Total	15.91026	24				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 แสดงปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตข้าวแดงที่ระยะเวลา 3 6 9 และ 12 วัน ที่ระดับความชื้นร้อยละ 35 40 45 50 55

เวลา(วัน)	ปริมาณ pH ที่ระดับความชื้นต่างๆ				
0	35	40	45	50	55
3	35.25	40.84	46.02	51.25	56.49
6	36.64	42.1	47.71	52.33	57.92
9	37.17	43.94	48.35	53.62	58.44
12	38.42	45.09	49.64	54.96	59.37

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	64.30256	4	16.07564	119.2776	1.07E-11	3.006917
Columns	1350.025	4	337.5062	2504.219	3.76E-22	3.006917
Error	2.1564	16	0.134775			
Total	1416.484	24				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.3 แสดงปริมาณ pH ที่ปรับค่า 4.5 ในระหว่างการผลิตข้าวแดง

ระดับปริมาณ ความชื้นต่างๆ	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ( วัน )				
	1	3	6	9	12
35	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	เชื้อมีการ กระจายและปก คลุมที่เมล็ดข้าว	มีสีส้มและแดง เกิดขึ้นที่เมล็ด ข้าวบางเมล็ด	ข้าวเกิดสีส้ม และแดงทั่ว เมล็ดแต่ด้านบน ไม่เกิด	สีข้าวเข้มขึ้นแต่ ด้านบนไม่มีสี เกิดขึ้น
40	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	มีการกระจาย ของเชื้อดี	มีสีส้มและแดง เกิดขึ้นมาก	ด้านบนบาง ส่วนไม่เกิดสีส้ม และแดง	สีข้าวเข้มขึ้น ด้านบนเมล็ด แห้งไม่เกิดสี
45	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	เชื้อเกิดการ กระจายและปก คลุมเมล็ดข้าว ได้ดีมาก	ข้าวเริ่มเป็น เมล็ดสีส้มและสี แดงมากกว่า ความชื้นอื่นๆ	เมล็ดข้าวเกิดสี ส้มและแดงได้ดี ปกคลุมทั่ว	เกิดสีเข้มขึ้น และมีความ สม่ำเสมอ
50	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	เชื้อเกิดการ กระจายได้ดี	ข้าวเกิดสีส้ม และแดง	เมล็ดข้าวเกิด สีส้มและแดงดี แต่ด้านล่างเกิด การละของข้าว	สีเข้มขึ้น สม่ำเสมอแต่ ด้านล่างเป็นขุย ละเอียด
55	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	มีการกระจาย เกิดขึ้น	ข้าวเกิดสีส้ม และแดงมาก	เกิดสีส้มและ แดงดีแต่กันข้าว ละมาก	สีเข้มสม่ำเสมอ ขึ้นแต่ด้านล่าง ละเป็นขุยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ก.4** แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโท โดยใช้ข้าวคลุกกับลูกแป้ง 3 วัน ที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

ปริมาณข้าวแดง ที่ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)						
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
0% ข้าวแดง	8.43	1.11	1.4	4.17	7.54	7.62	8.07
10% สด	8.44	1.15	1.43	4.23	7.65	7.82	8.19
30% สด	8.31	0.97	1.14	3.64	5.69	7.73	8.21
50% สด	8.23	0.62	0.85	3.66	5.81	7.92	8.38
10% แห้ง	8.39	1.06	1.37	4.11	6.92	7.58	8.04
30% แห้ง	8.27	0.9	1.08	3.85	5.46	7.73	8.26
50% แห้ง	8.16	0.58	0.8	3.64	5.93	8.06	8.43

## ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1.931567	6	0.321928	2.102374	0.082488	2.420521
Columns	367.2412	5	73.44824	479.6592	1.15E-27	2.533554
Error	4.593776	30	0.153126			
Total	373.7665	41				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.5 แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลง pH ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโท โดยใช้ข้าว  
คลุกกับลูกแป้ง 3 วัน ที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

ปริมาณข้าวแดงที่ ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)						
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
0% ข้าวแดง	3.59	4.09	3.76	3.58	3.69	3.69	3.68
10% สด	3.65	4.04	3.82	3.76	3.69	3.65	3.58
30% สด	3.71	4.06	3.83	3.77	3.64	3.6	3.55
50% สด	3.77	4.12	3.91	3.86	3.72	3.66	3.5
10% แห้ง	3.69	4.08	3.86	3.71	3.63	3.61	3.54
30% แห้ง	3.74	4.1	3.88	3.8	3.7	3.64	3.63
50% แห้ง	3.78	4.23	4.05	3.89	3.75	3.7	3.68

ANOVA						
Source	of					
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.037924	6	0.006321	2.918927	0.023074	2.420521
Columns	0.846621	5	0.169324	78.1955	2.76E-16	2.533554
Error	0.064962	30	0.002165			
Total	0.949507	41				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.6 แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) ที่เกิดขึ้น ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้ข้าวคอกกับลูกแป้งที่ระดับปริมาณข้าวแดง สดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

ปริมาณข้าวแดงที่ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)						
	ก่อนผ่า น้ำ	หลังผ่า น้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
0% ข้าวแดง	37	17	15.5	12.5	9.5	6.5	6
10% สด	41	22	18	15	13	10	8
30% สด	38	18	15	12	8.5	7	6.5
50% สด	36	15	13	11	9	8.5	7.5
10% แห้ง	40	18	16	11	9	7	6.5
30% แห้ง	37	16	15	11.5	8	7.5	7
50% แห้ง	35	14	13.5	12	8.5	7.5	6.5

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	64.39286	6	10.73214	9.961326	4.65E-06	2.420521
Columns	601.5536	5	120.3107	111.6696	1.87E-18	2.533554
Error	32.32143	30	1.077381			
Total	698.2679	41				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.7 แสดงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด (ร้อยละ) ในรูปของกรดแลคติก ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทโดยใช้ข้าวคอกกับลูกแป้ง 3 วัน ที่ระดับปริมาณข้าวแดงสดและอบแห้งร้อยละ 10 30 50

ปริมาณข้าวแดงที่ ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)						
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
0% ข้าวแดง	1.35	0.15	0.67	0.71	0.78	0.87	0.89
10% สด	1.44	0.18	0.59	0.6	0.62	0.64	0.75
30% สด	1.67	0.23	0.67	0.78	0.79	0.83	0.85
50% สด	2.13	0.37	0.83	0.85	0.89	0.91	0.93
10% แห้ง	1.49	0.16	0.59	0.62	0.65	0.67	0.82
30% แห้ง	1.58	0.25	0.64	0.73	0.76	0.79	0.8
50% แห้ง	2.04	0.32	0.8	0.84	0.87	0.89	0.91

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.270633	6	0.045106	34.34848	3.84E-12	2.420521
Columns	1.746955	5	0.349391	266.0659	6.78E-24	2.533554
Error	0.039395	30	0.001313			
Total	2.056983	41				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.8 แสดงค่า L ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งในปริมาณ  
ข้าวแดงร้อยละ 0 10 30 และ 50

ปริมาณข้าวแดงที่ ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)				
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก		
			1	3	5
	L	L	L	L	L
0% ข้าวแดง	0.14	0.027	0.069	0.11	0.23
10% ข้าวแดงสด	-0.54	-0.09	-0.12	-0.19	-0.26
30% ข้าวแดงสด	-0.8	-0.15	-0.18	-0.36	-0.45
50% ข้าวแดงสด	-0.91	-0.16	-0.24	-0.48	-0.59
10% ข้าวแดงแห้ง	-0.51	-0.12	-0.15	-0.23	-0.29
30% ข้าวแดงแห้ง	-0.84	-0.18	-0.21	-0.39	-0.48
50% ข้าวแดงแห้ง	-0.97	-0.19	-0.3	-0.51	-0.62

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.719788	6	0.119965	12.33231	1.57E-05	2.661302
Columns	0.243218	3	0.081073	8.334236	0.001097	3.159911
Error	0.175098	18	0.009728			
Total	1.138104	27				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.9 แสดงค่า A ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งใน ปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 10 30 และ 50

ปริมาณข้าวแดงที่ ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)				
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก		
	a	a	1	3	5
0% ข้าวแดง	2.96	1.45	1.56	1.75	2.14
10% ข้าวแดงสด	15.41	7.29	8.22	9.07	10.88
30% ข้าวแดงสด	19.83	10.18	11.52	12.83	13.5
50% ข้าวแดงสด	22.36	11.04	12.07	13.41	14.02
10% ข้าวแดงแห้ง	15.87	7.93	9.62	10.43	12.11
30% ข้าวแดงแห้ง	20.04	10.36	11.84	13.26	14.51
50% ข้าวแดงแห้ง	22.74	11.58	12.68	14.1	15.58

## ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	395.5136	6	65.91894	214.2152	9.81E-16	2.661302
Columns	41.34041	3	13.78014	44.78098	1.5E-08	3.159911
Error	5.539014	18	0.307723			
Total	442.3931	27				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.10 แสดงค่า B ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักสาโทข้าวแดงสดและอบแห้งในปริมาณข้าวแดงร้อยละ 0 10 30 และ 50

ปริมาณข้าวแดงที่ ใช้หมักสาโท	เวลา (วัน)				
	ก่อนผ่าน้ำ	หลังผ่าน้ำ	หลังหมัก		
			1	3	5
B	B	B	B	B	
0% ข้าวแดง	0.084	0.011	0.028	0.048	0.1
10% ข้าวแดงสด	0.41	0.16	0.24	0.46	0.58
30% ข้าวแดงสด	0.58	0.33	0.48	0.53	0.65
50% ข้าวแดงสด	0.61	0.39	0.57	0.62	0.74
10% ข้าวแดงแห้ง	0.49	0.21	0.35	0.51	0.65
30% ข้าวแดงแห้ง	0.62	0.38	0.53	0.64	0.72
50% ข้าวแดงแห้ง	0.73	0.4	0.64	0.13	0.81

## ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0.80724	6	0.13454	9.158169	0.000113	2.661302
Columns	0.406084	3	0.135361	9.214068	0.000653	3.159911
Error	0.264433	18	0.014691			
Total	1.477757	27				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.11 แสดงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ) ค่าความเป็นกรด (ร้อยละ) ในรูปของกรดแลคติก, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) และค่าพีเอช หลังจากการหมักสาโทข้าวแดง และผ่านน้ำหมักที่ปริมาณข้าวแดงอบแห้งร้อยละ 10

ผลการวิเคราะห์	เวลา (วัน)						
	ก่อนผ่านน้ำ	หลังผ่านน้ำ	หลังหมัก				
			1	2	3	4	5
ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละโดยปริมาตร)	8.27	1.16	1.34	4.09	6.82	7.55	8.02
ค่าความเป็นกรด (ร้อยละ) ในรูปของกรดแลคติก	2.02	0.30	0.73	0.85	0.87	0.89	0.93
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)	39	18	18	12	9	8	6.5
พีเอช	3.68	4.03	3.84	3.75	3.61	3.59	3.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

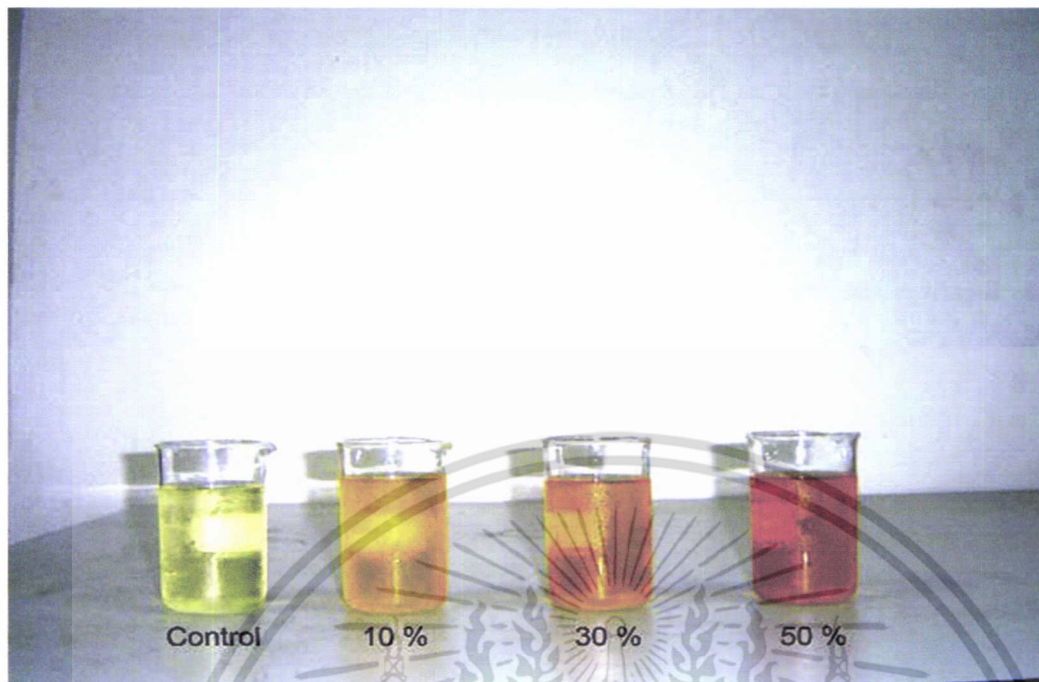
ภาคผนวก ง  
ภาพวัตถุสืบและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง



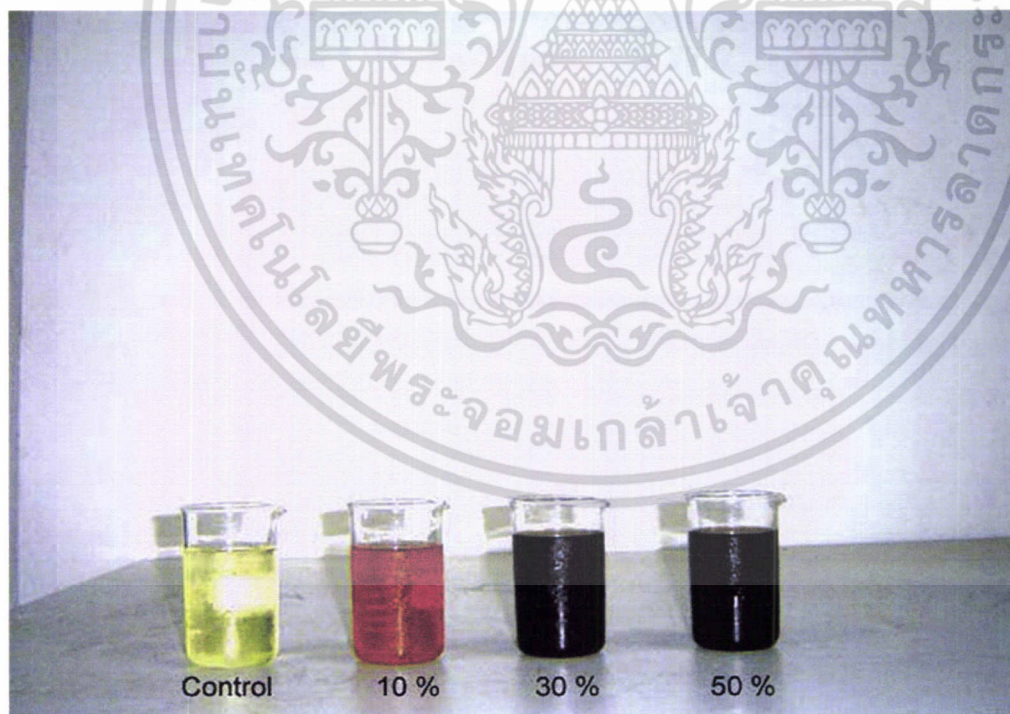
ภาพที่ ง.1 ข้าวแดงทั้งเมล็ด

ภาพที่ ง.2 เชื้อ *Monascus* spp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 สาทือข้าวแดงจากข้าวแดงสด



ภาพที่ 3.3 สาทือข้าวแดงจากข้าวแดงแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวดวงเดือน เตชะวงศ์ เกิดวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2522 จบการศึกษามัธยมศึกษาจากโรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ เชียงใหม่ จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากภาควิชาช่างกลเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร (วิทยาศาสตร์บัณฑิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

นางสาวกิตติมา จังพานิชเกิดวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2525 จบชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียนสตรีรัตนราชวิทยาลัยในพระราชูปถัมภ์จบการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี จบการศึกษา ระดับปริญญาตรี จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายอภิวัฒน์ วาดเขียน เกิดวันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2524 จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปทุมวิไล จบปวช.จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร (วิทยาศาสตร์บัณฑิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้