สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สารแอนโธไซยานิน

Development of Sato Fermentation Using Anthocyanic Compounds

RCH
TP
561
2/6168

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83677
วัน,เดือน,ปี.....11 ก.ย. 2551

โดย

ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

โครงการวิจัยของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีงบประมาณ 2548

b.11981999
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย การพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สารแอนโธไซยานิน

ผู้ดำเนินการวิจัย ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

หน่วยงาน ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ 2548

บทคัดย่อ

การใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงเป็นแหล่งของสารแอนโธไซยานินในการหมักสาโท วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงต่อการหมักสาโท และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส น้ำสกัดจากผลหม่อนให้สารละลายสีแดงเข้ม และน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงให้สารละลายสีชมพู ขั้นตอนการหมักเริ่มต้นด้วยการแยกน้ำตาลโดยใช้ข้าวเหนียวนึ่งสุกผสมกับเชื้อลูกแป้ง 0.3 เปอร์เซ็นต์ บรรจุขวดและหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน วัดเปอร์เซ็นต์บริกซ์โดยใช้รีแฟรคโทมิเตอร์ และเจือจางจนกระทั่งเปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ด้วยน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยง 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เก็บตัวอย่างวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ตรวจวัดค่าพีเอช และตรวจนับจำนวนเซลล์ยีสต์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักพบว่า การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้ดีกว่า 0 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงแต่เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดและการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชอยู่ในภาวะที่เป็นกรด จำนวนเซลล์ยีสต์ในทรีทเมนต์ที่เติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงมีการเพิ่มจำนวนเร็วกว่าทรีทเมนต์ควบคุม ลักษณะของสาโทที่หมักโดยใช้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดจากผลหม่อนมีสีแดงเข้ม มีกลิ่นของผลหม่อน ส่วนสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงมีสีชมพู

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของสาโทหม่อนและสาโทมะเกี๋ยงโดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ผลการทดสอบพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ค่าเฉลี่ยของสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมสูงสุด ส่วนสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของสี รสชาติ และความชอบรวมสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research title Development of Sato Fermentation Using Anthocyanic Compounds

Research Dr. Pinmanee Kwanmuang

Department Agricultural Education, Faculty of Industrial Education, King Mongkut'S Institute of Technology Ladkrabang Bangkok, Thailand

Year 2005

ABSTRACT

Mulberry juice extract and makeing juice extract were used as anthocyanin source in sato fermentation. The objective of research were study concentration of mulberry juice extract and makeing juice extract toward sato fermentation, and sensory evaluation. Mulberry juice extract was dark red color solution and makeing juice extract was pink color solution. Fermentation process was started with saccharification, mixed steamed glutinous rice with 0.3 percents of dry starter culture, bottled, and fermented at ambient temperature for three days. White glutinous rice hydrolysated was checked percent of brix with hand refractometer, diluted until percent of brix become 20 with mulberry juice extract and makeing juice extract 0 10 20 and 30 percents . It was taken for sample analyzing percent of brix, percent of alcohol, percent of total acidity (by lactic acid), pH value, and cell yeast number at fermentation time 3 6 9 12 15 and 18 day. The change of during fermentation found that, sato fermentation with mulberry juice extract and makeing juice extract 10 20 and 30 percents were had better fermentation activity than 0 percent,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

percent of brix was decreased, but percent of alcohol was increased. Change of total acidity and pH value were acidic condition, the cell yeast number in treatments of mulberry juice extract and makeing juice extract were more increased than 0 percent. Characterization of mulberry sato was dark red color, and had mulberry fruit aroma, but makeing sato was pink color.

The sensory evaluation of mulberry sato and makeing sato with 30 non-trained panelists. The result found that, 30 percent of mulberry sato was accepted, mean of color odor taste and acceptable were highest, 30 percent of makeing sato was accepted, mean of color, taste, and acceptable were highest.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สารประกอบแอนโธไซยานิน เป็นงานวิจัยที่ได้รับทุนนักวิจัยหน้าใหม่ เงินรายได้ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2548 โดยใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการ ค. 140 ค. 149 และ ค. 150 ของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร เป็นสถานที่ทำการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ได้แก่ คณะบุคลากรในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกระดับ ทุกหน่วยงาน ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการวิจัยด้วยดีตลอดมา นายสมัคร ศรีสมศักดิ์ นางสาวหทัยรัตน์ แก้วเจิม นายวิทวัฒน์ สาบุญมา และนายจตุรพิธ พลศิลป์ นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ซึ่งเป็นผู้ช่วยจัดหาวัตถุดิบสำหรับทำการวิจัย ตลอดจนมีส่วนช่วยทำให้การวิจัยสำเร็จได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นยังได้รับความร่วมมือจากนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์เกษตรอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งเป็นผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์สาโทและให้คำวิจารณ์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงงานวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในการให้ความร่วมมือของบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น และขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
นิยามศัพท์	4
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	
ความรู้เกี่ยวกับสาโท	5
กระบวนการหมักสาโท	7
จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งสาโท	10
กระบวนการทางชีวเคมีในการหมักสาโท	13
การพัฒนาการผลิตสาโท	15
สีผสมอาหารจากธรรมชาติ	18
หม่อน	25
มะเกี๋ยง	27
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
วิธีการทดลอง	31
สถานที่ทำการวิจัย	34
ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	
การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน	35
การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง	42
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	56
ประวัติผู้วิจัย	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. เชื้อราที่พบในลูกแป้งชนิดต่าง ๆ	12
2. ยีสต์ที่พบในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ	13
3. แอนโธไซยานินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ	22
4. สารอาหารชนิดตาง ๆ ที่พบในผลหม่อน	26
5.องค์ประกอบทางเคมีที่พบในผลมะเกี๋ยง	28
6. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และจำนวนเซลล์ในการหมักสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน	35
7. ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทหม่อน	41
8. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และจำนวนเซลล์ในการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน	43
9. ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทมะเกี๋ยง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. ขั้นตอนการผลิตสาโท 8
2. ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ในสภาพไร้อากาศ 14
3. การจำแนกสีจากพืช 17
4. โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่พบในธรรมชาติ 21
5. ภาพ (ก) ผลหม่อนสุก และภาพ (ข) น้ำที่สกัดได้จากผลหม่อน 32
6. ภาพ (ก) ผลมะเกี๋ยงสุก และภาพ (ข) น้ำที่สกัดได้จากผลมะเกี๋ยง 32
7. ลูกแป้งที่ใช้เป็นหัวเชื้อและขั้นตอนการทำ saccharification 33
8. ภาพ (ก) ขั้นตอนการหมักสาโทหม่อน และภาพ (ข) การหมักสาโทมะเกี๋ยง 34
9. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 38
10. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 38
11. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 39
12. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 39
13. ลักษณะของสาโทหม่อนหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 40
14. ลักษณะสีของสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 41
15. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

16. การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 46
17. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง ที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 46
18. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสาโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน 47
19. ลักษณะของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ระดับความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 47
20. ลักษณะของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

สาโท (Sato) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ไม่ผ่านการกลั่น จัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดไวน์ข้าว (rice wine) เช่นเดียวกับสาเก (Sake) ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียว นำมาแช่และนึ่งให้สุก ล้างยางออกให้หมด ปล่อยให้แห้ง จากนั้นคลุกเคล้าด้วยหัวเชื้อที่เรียกว่าลูกแป้ง ซึ่งลูกแป้งมีส่วนผสมของเชื้อราทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลโดยเรียกกระบวนการนี้ว่า saccharification (นภา โล่ห์ทอง, 2534) และลูกแป้งยังมีส่วนผสมของยีสต์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลจากการย่อยแป้งให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์กลุ่มนี้นิยมผลิตกันมากในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี และประเทศไทย โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น ในประเทศจีนเรียกว่า chao-ching-yu ในประเทศญี่ปุ่นเรียก Japanese liqueur ส่วนในประเทศไทยเครื่องดื่มในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกหลายชื่อด้วยกัน โดยอาจมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันบ้างบางขั้นตอน เช่น กระแช่ (Kra-chae) เหล้าอากุน ((Lao-argoon) น้ำขาว (Nam-khao) ส่วนคำที่นิยมเรียกและเป็นที่รู้จักดีในปัจจุบันคือ สาโท (Geofferey, 1987)

สาโทจัดเป็นสุราแช่พื้นเมืองของประเทศไทย ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่หมักจากข้าวเหนียวเป็นหลักทั้งข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวขาว เป็นเครื่องดื่มชนิดที่ไม่ผ่านการกลั่น กระบวนการผลิตสาโทเกิดได้ 2 ขั้นตอน คือ การย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล และการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ สำหรับประเทศไทยแล้วการผลิตสาโทและลูกแป้งสาโทจัดเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพราะนอกจากจะได้สาโทชนิดดั้งเดิมที่เติมน้ำต้มในขั้นตอนของการหมักแอลกอฮอล์แล้วยังสามารถปรับเปลี่ยนรสชาติ สี และกลิ่นของสาโทได้โดยใช้น้ำสกัดจากวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีอยู่ในพื้นบ้านเติมในระหว่างการหมัก ทำให้ได้สาโทที่มีกลิ่น และรสชาติออกมาให้ผู้บริโภคเลือกได้มากมาย เช่น สาโทองุ่น สาโทสับปะรด สาโทรสส้ม และสาโทเมนทอล (http://www.thaihandmadeonline.com/wine/pro_sato1.htm) กล้าเชื้อที่ใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตสาโทเรียกว่าลูกแป้ง (look-pang) ผลิตจากข้าว มีการเติมสมุนไพรบางชนิด มีลักษณะเป็นผง เชื้อราที่พบในลูกแป้งได้แก่ *Amylomyces* และ *Aspergillus* (Lotong, 1998) ส่วนเชื้อยีสต์ที่ทำหน้าที่หมักน้ำตาล ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* และ *S. sake* โดยลักษณะของสาโทที่ได้มีสีใส อย่างไรก็ตามการที่จะได้สาโทชนิดใหม่ขึ้นมาสามารถพัฒนาได้โดยการปรับเปลี่ยนกลิ่นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสชาติให้แตกต่างไปจากเดิม เช่น การเติมน้ำสกัดจากสมุนไพร การเติมน้ำผลไม้บางชนิด หรือการใช้สีธรรมชาติเพื่อปรับปรุงลักษณะสีของสาโท ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทที่ผลิตได้เป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภคมากขึ้น โดยการปรับปรุงให้มีลักษณะดังกล่าวดำเนินการในขั้นตอนของการหมักสาโทที่หมักได้จะมีลักษณะที่ปรากฏ (appearance) แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งจะได้สาโทชนิดใหม่ ๆ อันเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ที่นิยมบริโภคสาโท (http://www.fao.oryldocrep/x2184e/x2184e09.htm)

สีที่ใช้ในอาหาร (food colorants) มีทั้งสีที่ได้จากธรรมชาติและสีที่ได้จากการสังเคราะห์ ปัจจุบันแนวโน้มการใช้สีจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติเป็นสีที่ใช้ในอาหารได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ เพราะสีจากธรรมชาติมีความปลอดภัย ตลอดจนมีสมบัติบางประการที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น เป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคชนิดต่าง ๆ สีที่ใช้ในธรรมชาติมีหลายกลุ่มด้วยกัน เช่น คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ให้สีเขียว สารในกลุ่มแอนโธไซยานิน ซึ่งให้สีแดง น้ำเงิน หรือสีม่วงขึ้นกับสภาวะการผลิต และสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารที่ให้สีเหลือง เป็นต้น สีจากธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสีที่ละลายน้ำได้จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร โดยเฉพาะสีธรรมชาติในกลุ่มของแอนโธไซยานิน ซึ่งจะให้สีชมพู แดง หรือน้ำเงินตามการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช

แอนโธไซยานิน เป็นสีที่มีความสวยงาม พบได้ส่วนต่าง ๆ ของพืชชั้นสูงหลายชนิด เช่น ผล และกลีบดอก ให้สีแดง สีม่วง ตลอดจนสีน้ำเงิน เป็นส่วนที่ช่วยดึงดูดให้เกิดการผสมเกสรด้วยแมลงในพืชชั้นสูง เป็นสารที่ละลายน้ำได้ ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีวัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถนำมาสกัดสารแอนโธไซยานินและใช้เป็นสีผสมอาหารได้ เช่น ดอกอันชัญ กาบปลีกล้วย เปลือกแก้วมังกร เปลือกลิ้นจี่ ซึ่งสีที่ได้จากธรรมชาติมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นการพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สีแอนโธไซนานินจากธรรมชาติจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาสีธรรมชาติจากวัตถุดิบทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร อันจะเป็นทางเลือกหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทพื้นบ้านของไทยตลอดนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารละลายสีแอนโธไซยานินจากผลมะเกี๋ยงและผลหม่อน (ซึ่งเป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย) ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสาโทที่อายุการหมักต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

3. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโทที่ปรับปรุงสีโดยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

ขอบเขตการวิจัย

1. การหมักสาโทและการเก็บตัวอย่าง โดยนำน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยง ใช้ความเข้มข้น (ทรีทเมนต์) 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มาเติมในขั้นตอนการหมักสาโท (ใช้ปริมาตร 150 มิลลิลิตร) เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน เปรียบเทียบผลการหมักในแต่ละทรีทเมนต์ที่อายุการหมักเดียวกัน

2. การหมักโดยเพิ่มปริมาตรของน้ำหมักเป็น 2,500 มิลลิลิตร และเก็บเกี่ยวสาโทโดยการกรอง พาสเจอร์ไรซ์ และบรรจุขวด

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสสาโท โดยตัวแทนผู้บริโภคสาโทที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสามสัมผัสแต่ในละด้าน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนากระบวนการผลิตสาโทให้มีความแตกต่างจากสูตรเดิม ซึ่งเป็นการพัฒนาในด้านสี และกลิ่นรสของสาโท ตลอดจนเป็นการนำเอาสีจากผลไม้พื้นบ้านมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นสีสำหรับผสมอาหาร ซึ่งสีจากธรรมชาติมีความปลอดภัยและมีคุณสมบัติดีกว่าสีสังเคราะห์ นอกจากนั้นผลจากการศึกษายังนำไปเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน เช่น อาจพัฒนาการผลิตสาโทรสผลไม้รวม หรือนำสีจากผลไม้ไปใช้ในการเพิ่มสีสรรของการผลิตอาหารอื่น ๆ เช่น ในโยเกิร์ต เป็นต้น

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเฉพาะสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โดยนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น วิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม วิชาการแปรรูปผักและผลไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สถานศึกษาในระดับต่าง ๆ แต่ มหาวิทยาลัย วิทยาลัยอาชีวศึกษา วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี และแหล่งที่จัดการศึกษาด้านการเกษตร สามารถนำผลการวิจัยไปยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน การพัฒนาหลักสูตรหรือการจัดอบรมเพื่อเผยแพร่ความรู้สู่ผู้สนใจ

3. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการจัดอบรมความรู้เพื่อพัฒนาด้านอาชีพ เช่น กรมพัฒนาชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร โดยนำเอาความรู้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับท้องถิ่นของชุมชนนั้น ๆ ตลอดจนผู้สนใจและหน่วยงานอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงและสนใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

นิยามศัพท์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาโท (มผช.๓/๒๕๔๖) ได้ให้ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนี้

สาโท หมายถึงสุราแช่ชนิดหนึ่งที่ทำจากการนำข้าวมาผ่านกรรมวิธีการผลิตสาโท แล้วมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี/ ร้อยละโดยปริมาตร

กรรมวิธีการผลิตสาโท หมายถึงการหมักข้าวต่าง ๆ ด้วยเชื้อราและเชื้อยีสต์ หรือลูกแป้งเพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นแอลกอฮอล์ซึ่งหมักไว้ระยะหนึ่ง จากนั้นเติมน้ำสะอาดในอัตราส่วนที่เหมาะสม และอาจมีการเติมน้ำตาลทรายขาวให้เหมาะสมกับการหมักสาโท แล้วหมักต่ออีกระยะหนึ่งเพื่อให้ได้แอลกอฮอล์แรงตามต้องการ

ลูกแป้ง หมายถึงเชื้อสุรา แป้งเชื้อสุรา แป้งข้าวหมัก หรือเชื้อใด ๆ เมื่อนำมาหมักกับวัตถุหรือของเหลวอื่น ๆ แล้วสามารถทำให้เกิดแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำสุรา ลูกแป้งอาจผสมสมุนไพรหรือเครื่องเทศด้วยหรือไม่ก็ได้

รา หมายถึงจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการหมักสาโท มีหน้าที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล

ยีสต์ หมายถึงจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการหมักสาโท มีหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์

แอนโธไซยานิน แอนโธไซยานิน เป็นคำที่มาจากภาษากรีก โดยมาจากคำว่า *anthos* หมายถึงดอกไม้ และ *kyanos* หมายถึงสีน้ำเงิน ซึ่งแอนโธไซยานินเป็นสารสีสำคัญที่พบในพืชหลายชนิด ทั้งดอกไม้ ผักและผลไม้ สารสีแอนโธไซยานินมองเห็นด้วยสายตามมนุษย์ เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน แอนโธไซยานินพบได้ในแต่ละส่วนของพืชแต่ละชนิด เช่น พบได้ใน ใบ กลีบดอก เปลือกและผลไม้ เป็นต้น (Kong et al., 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สารแอนโธไซยานิน ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวิจัย จากตำราภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ทั้งหลักทฤษฎีที่เกี่ยวกับการผลิตสาโทและสารประกอบแอนโธไซยานิน ตลอดรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับสาโท
2. กระบวนการหมักสาโท
3. จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งสาโท
4. กระบวนการทางชีวเคมีในการหมักสาโท
5. การพัฒนาการผลิตสาโท
6. สีผสมอาหารจากธรรมชาติ
7. หม่อน
8. มะเกี๋ยง

ความรู้เกี่ยวกับสาโท

สาโท (sato) จัดเป็นสุราพื้นเมืองประเภทไวน์ข้าว (rice wine) มีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น เหล้าโท กระแช่ น้ำขาว เหล้าขาว เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านดั้งเดิมของไทย โดยหมักข้าวเหนียวนึ่งกับลูกแป้ง ซึ่งลูกแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์อยู่หลายชนิด สาโทตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 จัดเป็นสุราแช่ เนื่องจากยังไม่มีการกลั่น และมีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2545) ผลิตจากข้าวเหนียวโดยนึ่งข้าวเหนียว ล้างให้สะอาดและนำมาคลุกกับลูกแป้ง ซึ่งลูกแป้งจะมีส่วนผสมของเชื้อรา ยีสต์ และเชื้อแบคทีเรีย (จริยา เดชกุชชร-ดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2546) สาโทเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ทางภาคเหนือ ภาคอีสานและภาคกลาง โดยบางพื้นที่เรียกว่า น้ำขาว การผลิตสาโทจัดเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านในการทำเหล้าแช่ ลักษณะของสาโทเป็นของเหลวมีสีขาวขุ่น หรือมีสีตามชนิดของข้าวที่ใช้ มีรสหวาน หอม เผื่อนเล็กน้อย การหมักสาโทถ้าทำจากข้าวเหนียวดำจะมีรสอร่อย ในบางพื้นที่อาจมีการใช้ข้าวเจ้าในการผลิตสาโท แต่ไม่ค่อยเป็นที่นิยมเพราะรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ดื่มสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมักสาโทเป็นการหมักตามวิธีการแบบดั้งเดิม โดยใช้ลูกแป้งหมักกับข้าวเหนียว จนสุดท้ายได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในลูกแป้งมีเชื้อจุลินทร์หลายชนิดที่อยู่ในสภาพของเซลล์ที่พักตัวและสปอร์ เมื่อเซลล์เหล่านี้ได้รับสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมจะเจริญและก่อให้เกิดกิจกรรมการหมัก แต่มักมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ไม่แน่นอน มีกลิ่นรสไม่ชวนดื่ม (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2538) น้ำสาโทมีความแตกต่างจากไวน์ผลไม้ทั่วไป เนื่องจากมีตะกอนของข้าวและมีเศษเซลล์ยีสต์ปนอยู่ทำให้น้ำสาโทมีลักษณะขุ่นขาว และในระหว่างการหมักมีการผ่าน้ำและเติมน้ำตาล ทำให้สาโทมีน้ำตาลซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์และทำให้กิจกรรมการหมักเกิดขึ้นใหม่อีกครั้ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สาโท) มผช ๓/๒๕๔๖

ตามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเกี่ยวกับสาโทมีดังต่อไปนี้

สาโท หมายถึง สุราแช่ชนิดหนึ่งที่ทำจากการนำข้าวมาผ่านกรรมวิธีการผลิตสาโท แล้วมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน ๑๕ ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร

สุราแช่ หมายถึงสุราที่ไม่ได้กลั่น และให้หมายรวมถึงสุราแช่ที่ได้ผสมกับสุรากลั่นแล้วแต่ยังมีแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน ๑๕ ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร

กรรมวิธีการผลิตสาโท หมายถึงการหมักข้าวต่าง ๆ ด้วยเชื้อราและยีสต์ หรือลูกแป้งเพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งหมักไว้ระยะหนึ่งจากนั้นเติมน้ำสะอาดในอัตราส่วนที่เหมาะสมและอาจมีการเติมน้ำตาลทรายขาวให้เหมาะสมกับการหมักสาโท หมักต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อให้ได้แรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ

ลูกแป้ง หมายถึง เชื้อสุรา แป้งเชื้อสุรา แป้งข้าวหมัก หรือเชื้อใด ๆ เมื่อนำมาหมักกับวัตถุหรือของเหลวอื่น ๆ แล้วสามารถทำให้เกิดแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำสุรา ลูกแป้งอาจผสมสมุนไพรหรือเครื่องเทศด้วยหรือไม่ก็ได้

รา หมายถึง จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการหมักสาโท มีหน้าที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล

ยีสต์ หมายถึง จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการหมักสาโท มีหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์

คุณลักษณะของสาโท

คุณลักษณะทางเคมี

1. แรงแอลกอฮอล์ต้องไม่เกิน 15 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร และมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนจากที่ระบุไว้ในฉลากได้ไม่เกิน ± 1 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมทิลแอลกอฮอล์ต้องไม่เกิน 420 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. กรดซอร์บิก หรือเกลือของกรดซอร์บิก (คำนวณเป็นซอร์บิก) ต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. กรดเบนโซอิก หรือเกลือของกรดเบนโซอิก (คำนวณเป็นกรดเบนโซอิก) ต้องไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ทองแดง ต้องไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

7. เหล็ก ต้องไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

8. ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

9. สารหนู ต้องไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

10. เฟอร์โรไซยาไนด์ ต้องไม่พบ

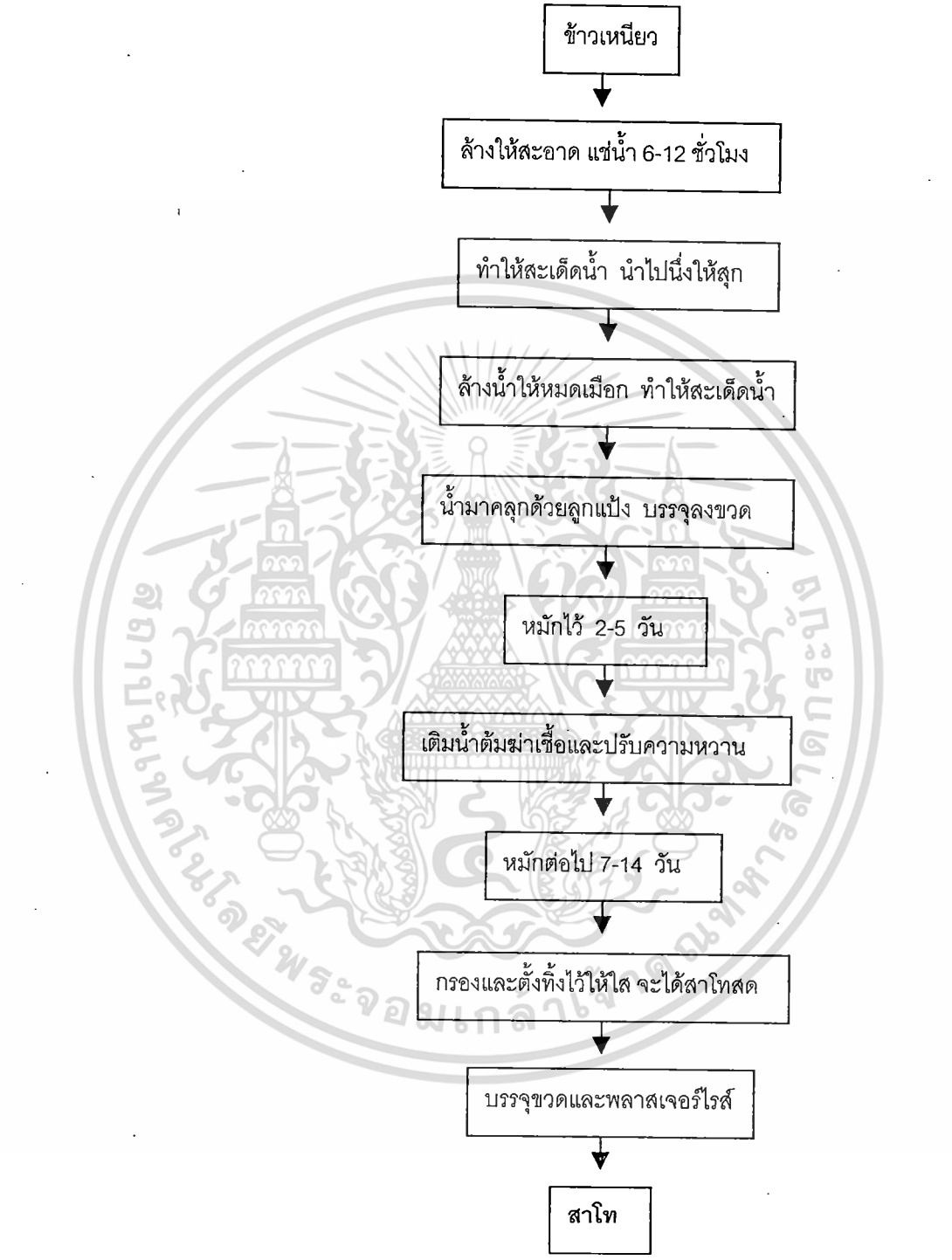
คุณลักษณะทางกายภาพ

1. ความใส/ขุ่น ให้เป็นไปตามลักษณะการผลิตเฉพาะของสาโทที่ผลิตได้
2. สี มีสีเป็นไปตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่ใช้ทำ และเป็นไปตามที่ระบุไว้ในฉลาก
3. กลิ่น มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่ใช้ทำ
4. รสชาติ กลมกล่อมตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่ใช้ทำ
5. คุณภาพโดยรวมของสาโท มีความใส/ขุ่น กลิ่น และรสชาติเป็นที่ยอมรับ
6. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอม
7. ความเสถียร ต้องไม่ปรากฏฟองในภาชนะบรรจุอันเนื่องมาจากการหมักซ้ำ

กระบวนการหมักสาโท

กรรมวิธีการผลิตสาโทโดยทั่วไปใช้สัดส่วนของข้าวเหนียวกับลูกแป้งแตกต่างกันไปในแต่ละสูตร ส่วนวิธีการหมักก็จะคล้าย ๆ กัน ส่วนใหญ่แล้วใช้ลูกแป้งขนาด 2-3 กรัม/ลูก ประมาณ 2-3 ลูกต่อข้าวเหนียว 1 กิโลกรัม กระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่การนำข้าวเหนียวมาล้างน้ำให้สะอาดแล้วแช่น้ำไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำมานึ่งให้สุก ล้างน้ำให้หมดเมือก ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำมาคลุกกับลูกแป้งเหล้าที่บดให้เป็นผงจนเข้ากันดี บรรจุใส่ขวดโหล ปล่อยให้เกิดการหมัก 2-3 วัน เติมน้ำและปรับเปอร์เซ็นต์ความหวานให้อยู่ระหว่าง 20-22 บริกซ์ หมักต่อไปอีก 7-14 วัน นำไปกรองและทิ้งไว้ให้ใส เมื่อถึงขั้นตอนนี้จะได้สาโทสด สำหรับนำไปบรรจุขวดและพาสเจอร์ไรซ์ต่อไป ขั้นตอนการผลิตสาโทแสดงในภาพที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมักสาโทใช้วัตถุดิบหลายชนิดด้วยกัน โดยวัตถุดิบหลักได้แก่ ลูกแป้ง ข้าวเหนียว และน้ำตาล ส่วนวัตถุดิบอื่นอาจมีการใช้หรือไม่ก็ได้ เช่น ถ้าต้องการปรุงแต่งในเรื่องของกลิ่นและสีก็อาจจะใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้ต้องมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ เช่น กรณีที่ต้องการปรุงแต่งกลิ่นรส อาจใช้สมุนไพรชนิดต่าง ๆ เป็นส่วนผสมในขั้นตอนของการผ่านำ้ หรือถ้าต้องการปรับปรุงสีให้มีความแปลกใหม่ไปจากสาโทสูตรเดิมและเป็นที่ดึงดูดความสนใจของนักดื่มสาโทก็อาจใช้สีจากวัตถุดิบธรรมชาติเติมในขั้นตอนของการผ่านำ้ได้เช่นกัน เนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการหมักสาโทโดยสังเขปมีดังนี้

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสาโท

ข้าวเหนียว เป็นวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ข้าวเหนียวที่ใช้ในการผลิตอาจใช้ได้ทั้งข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ โดยข้าวเหนียวขาวจะให้นำ้สาโทที่สีขาวขุ่น เหมาะสำหรับการปรุงแต่งให้มีกลิ่นรสและสีได้ตามต้องการ ส่วนข้าวเหนียวดำจะให้สีของสาโทเป็นสีม่วงซึ่งเป็นสีที่เกิดจากองค์ประกอบของสารแอนโธไซยานินในเมล็ดข้าว ข้าวเหนียวที่ใช้ในการผลิตสาโทมีหลายพันธุ์ เช่น ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียวมีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวนุ่มเหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ทั้งนี้คุณภาพของข้าวสุกขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดทั้งสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิของแป้งสุก โปรตีน กลิ่นหอม ความชื้นและการเก็บรักษา (งามชื่น คงเสรี, 2531)

ลูกแป้ง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.3/2546) ตามพระราชบัญญัติ พ.ศ. 2493 มาตรา 4 ลูกแป้งจัดเป็นเชื้อสุราอย่างหนึ่ง "ลูกแป้ง" หมายถึง เชื้อสุรา แป้งเชื้อสุรา แป้งข้าวหมัก หรือเชื้อใดๆ เมื่อหมักกับวัตถุหรือของเหลวอื่น ๆ แล้วสามารถทำให้เกิดแอลกอฮอล์ที่ใช้ทำสุราได้ ลูกแป้งอาจผสมด้วยสมุนไพรหรือเครื่องเทศหรือไม่ก็ได้ การผลิตลูกแป้งมีสูตรแตกต่างกันหลายตำรับ ซึ่งผู้ผลิตมักสงวนไว้เป็นความลับ แต่องค์ประกอบที่สำคัญคือปลายข้าวดิบ หรือข้าวสารบดละเอียด ซึ่งใช้ได้ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า (อาจใช้แป้งถุงสำเร็จที่มีจำหน่ายในท้องตลาด) นำมาผสมกับสมุนไพรและเครื่องเทศชนิดต่าง ๆ ซึ่งเครื่องเทศที่ใช้บางตำรับใช้เครื่องเทศในลักษณะเป็นผง บางตำรับใช้ในรูปของสารสกัดในนำ้เดือด ในเครื่องเทศและสมุนไพรจะมีสารที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่จำเป็นหลายชนิด เช่น แหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน วิตามิน เกลือแร่ และยังมีสารบางชนิดที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลูกแป้งที่ใช้ในการหมักสาโทจะมีเชื้อราและยีสต์ผสมกันอยู่ โดยเชื้อราทำหน้าที่ในการย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล ส่วนยีสต์ทำหน้าที่ในการหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ สูตรการทำลูกแป้งสาโทมักเป็นความลับ สมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนผสมในลูกแป้งมีสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้ลูกแป้งบูดเสีย แต่ไม่มีผลในการทำลายยีสต์และราในการหมัก (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543) ลูกแป้งที่ดีมีลักษณะโปร่งเบา สีของแป้งไม่มีรอยแตกร้าว เป็นก้อนที่มีลักษณะเป็นรูพรุนจากการฟูของแป้งในขณะบ่มเพื่อให้จุลินทรีย์เจริญ เมื่อนำมาขยี้จะแหลกเป็นผงได้ง่าย ไม่มีกลิ่นเก่าเก็บหรือกลิ่นเหม็นเปรี้ยว รูปร่างและขนาดของลูกแป้งขึ้นกับแหล่งผลิต ส่วนมากลูกแป้งเหล้ามีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร (นภา โล่ห์ทอง, 2534)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลูกแป้งมีหลายชนิด ซึ่ง กอ สะแกรัง (2545) ได้กล่าวถึงวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการผลิตลูกแป้งไว้ดังนี้

1. แป้ง ตามข้อมูลเดิมใช้ได้ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า แต่ข้อมูลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ใช้ข้าวเจ้าล้วน ๆ จะมีคุณภาพดีกว่าลูกแป้งที่ผลิตจากข้าวเหนียว หรือใช้แป้งข้าวเจ้าผสมกับแป้งข้าวเหนียว

2. สมุนไพร เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการผลิตลูกแป้ง ซึ่งแต่ละประเทศจะมีสูตรการผลิตที่แตกต่างกัน สมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรการผลิตลูกแป้ง ได้แก่ ขิง ข่า กระเทียม พริกไทย และพริกขี้ฟ้าแห้งเป็นหลัก นอกจากนั้นในสูตรการผลิตลูกแป้งไทยทุกตำหรับจะมีชะเอมและดีปลีก เป็นหลัก

3. น้ำ มีความสำคัญในการควบคุมความชื้นของลูกแป้ง ปริมาณน้ำต้องเหมาะสม ไม่แฉะ หรือไม่แห้งเกินไป เพราะถ้าแฉะเกินไปจะทำให้ลูกแป้งเหม็นเปรี้ยวและเสียได้ ส่วนแห้งเกินไปจะทำให้ลูกแป้งแตกและเชื้อราเจริญได้ไม่ค่อยดี ความชื้นยังมีผลต่อการเก็บรักษาจุลินทรีย์ในลูกแป้งให้อยู่ได้นานและมีประสิทธิภาพ โดยความชื้นที่เหมาะสมอยู่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์

จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งสาโท

ลูกแป้ง เป็นกล้าเชื้อที่สำคัญในการหมักเหล้า การทำข้าวหมาก การหมักสาโท และสุราแช่ชนิดอื่น เพราะมีกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะ โดยกลิ่นในสาโทได้จากจุลินทรีย์และสมุนไพรหรือเครื่องเทศที่ใช้ผลิตลูกแป้ง จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งมีทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย เชื้อราที่พบมากอยู่ในสกุล *Amylomyces* sp. พบในลูกแป้งข้าวหมากมากกว่าลูกแป้งเหล้า รองมาคือสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aspergillus sp.ส่วน *Rhizopus* sp. จะพบในลูกแป้งเหล้ามากกว่าลูกแป้งข้าวหมาก ยีสต์ที่พบในลูกแป้ง ได้แก่ *Endomycopsis* sp., *Hansenula* sp. และ *Saccharomyces* sp. เชื้อยีสต์สองสายพันธุ์แรกส่วนใหญ่พบในลูกแป้งข้าวหมาก ส่วนสายพันธุ์หลังพบในลูกแป้งเหล้า ในระหว่างการหมักหน้าที่หลักของเชื้อราคือทำหน้าที่ย่อยแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นน้ำตาล ส่วนยีสต์ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (กอ สะแกรัง, 2545) ชนิดของราและยีสต์ที่พบในลูกแป้งแสดงในตารางที่ 1 และ 2 จุลินทรีย์กลุ่มสุดท้ายที่พบในลูกแป้งคือแบคทีเรีย ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria : LAB) แบคทีเรียมีความสำคัญต่อการหมักสุราแช่คือ แบคทีเรียทำให้เกิดกลิ่นรสของสาโทเปลี่ยนไป ซึ่งในการผลิตลูกแป้งจะไม่สามารถควบคุมแบคทีเรียได้ แต่ถ้ามีการผลิตอย่างระมัดระวังก็จะพบแบคทีเรียเพียงไม่กี่สกุลเท่านั้น

สำหรับแบคทีเรียกรดแลคติกที่พบ ส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* โดยพบประมาณ 10^4-10^7 เซลล์ต่อกรัม ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของลูกแป้ง นอกจากนั้นในบางท้องถิ่นยังพบ *Lactobacillus* spp. และเชื้อในน้ำส้มสายชู ได้แก่ *Acetobactor* spp. และ *Glucanobacter* spp. ซึ่งมีมากในส่าน้ำส้ม ในบางครั้งยังพบ *Bacillus* spp. เพราะมีการปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบ เช่น แป้งและสมุนไพร ในลูกแป้งที่มีการใช้สมุนไพรที่เหมาะสม เช่น ขิง ชะเอม อบเชย ดอกจันทร์ และลูกจันทร์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (นภา โล่ห์ทอง, 2543)

ลักษณะที่ดีของลูกแป้งทราบได้จากการสังเกตและการทดสอบกิจกรรมการย่อยข้าวเหนียวเป็นน้ำตาล โดยลักษณะที่สังเกตด้วยตาคือ มีน้ำหนักเบา ฟู มีโพรงอากาศข้างใน ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมที่ดีของยีสต์ มีกลิ่นหอม ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องเทศที่ยังแรงอยู่ เมื่อขยี้ดูจะเห็นสายใยของเชื้อรากระจายตัวดีเกาะตัวกับผงแป้งปน ซึ่งแสดงถึงปริมาณราเริ่มต้นที่เหมาะสม ชิมดูมีรสหวาน แสดงถึงประสิทธิภาพในการย่อยแป้งของรา ไม่เหม็นเปรี้ยวแสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียน้ำส้ม มีสีขาวนวลทั้งลูก ไม่มีสีดำหรือเขียวปะปน แสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนของราชนิดอื่น ส่วนลักษณะที่ดีของลูกแป้งจากการทดสอบหมักข้าวเหนียว ลูกแป้งที่ดีต้องหมักให้น้ำต้อย (น้ำเชื่อมข้าว) มากและเร็ว หมักแล้วให้กลิ่นหอม หมักได้แอลกอฮอล์สูง และสภาวะการหมักไม่เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย (http://www.nfi.or.th/current-trade-issues/pdffile/distilled_report.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 เชื้อราที่พบในลูกแป้งชนิดต่าง ๆ

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	เชื้อราที่พบในลูกแป้ง	
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Amylomyces rouxii*	*Aspergillus niger*
	Mucor spp.	*Penicillium* spp.
	Aspergillus spp.	*Rhizopus* spp.
	Hyalodendron spp.	
ลูกแป้งเหล้าไทย	*Rhizopus* spp.	*A. rouxii*
	Mucor spp.	*Aspergillus* spp
	Penicillium spp.	
ลูกแป้ง (ส่า) น้ำส้มไทย	*Rhizopus* spp.	*Mucor* spp.
	A. rouxii	*Aspergillus* spp.
	Absidia spp.	
ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าอินโดนีเซีย	*A. rouxii*	*Mucor dubius*
	Rhyzopus oryzae	*M. javanicus*
	R. stolonifer	*A. oryzae*
	R. cohnii	*A. niger*
	R. oligosporus	*A. flavus*
	R. arrhizus	*Fusarium* spp.
	Zygoorhynchus moelleri	
ลูกแป้งเทมเป้อินโนนีเซีย	*R. oligosporus*	*Mucor* spp.
	Rhizopus spp.	*Aspergillus* spp.
ลูกแป้งอินเดีย	*A. rouxii*	*M. fragilis*
	R. fragilis	
ลูกแป้งฟิลิปปินส์	*Rhizopus* spp.	*Mucor* spp.
ลูกแป้งจีน	*R. javanicus*	*R. chinensis*
	Rhizopus spp.	*A. rouxii*

ที่มา : นภา โลห์ทอง (2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ยีสต์ที่พบในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ

ชนิดและแหล่งของลูกแป้ง	ยีสต์ที่พบในลูกแป้ง	
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Endomycopsis fibuligera*	*Endomycopsis* spp.
	Hansenula malanga	*Candida tropicalis*
	Torulopsis glabrata	
ลูกแป้งเหล้าไทย	*Saccharomyces cerevisiae*	*Endomycopsis fibuligera*
		Endomycopsis spp
ลูกแป้งอินโดนีเซีย	*S. cerevisiae*	*Endomycopsis fibuligera*
	Hansenula anomata	*E. chodati*
	H. subpelliculosa	*Toruta indica*
	C. guilliermondii	*C. humicola*
	C. intermedia	*C. japonica*
	C. pelliculosa	

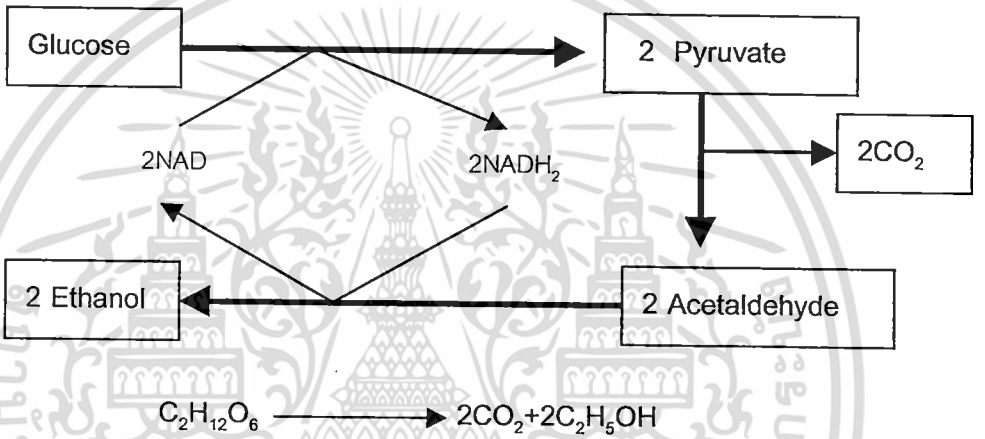
ที่มา : นภา โล่ห์ทอง (2534)

กระบวนการทางชีวเคมีในการหมักสาโท

ปฏิกิริยาการหมักสาโท เป็นกระบวนการหมักที่เรียกว่า multiparallel fermentation ซึ่งเป็นกระบวนการหมักที่มีหลายปฏิกิริยาเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน โดยแบ่งตามสภาวะการหมักและประเภทของจุลินทรีย์ได้เป็นสองขั้นตอน เริ่มจากขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (saccharification) โดยราสร้างเอนไซม์กลุ่มอะไมเลสประกอบด้วยแอลฟาอะไมเลส เบต้าอะไมเลส และกลูโคอะไมเลสมาย่อยโครงสร้างแอลฟาฟอร์มในโมเลกุลของเม็ดแป้งให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ น้ำตาลโมเลกุลคู่ และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ตามลำดับ โดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมากแผ่กระจายปกคลุมทั่วผิวเมล็ดข้าว และแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าว ราจะสร้างเอนไซม์จำนวนมากออกมาย่อยแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล สร้างกรดอินทรีย์และยังได้สารอาหารและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของยีสต์ สำหรับในระยะแรกกิจกรรมการหมักจากยีสต์จะยังไม่เกิดขึ้น แต่จะมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วจนมีปริมาณมากพอประกอบกับสภาวะเป็นกรดที่เชื้อราสร้างไว้ร่วมกับระยะที่มีการผ่าน้ำลงไป ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เชื้อราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศจะหยุดกิจกรรม ส่วนยีสต์ซึ่งเจริญได้ทั้งสองสภาวะจะเปลี่ยนรูปการสร้างพลังงานจากการหายใจที่ใช้ออกซิเจนมาเป็นกระบวนการหมัก ที่เรียกว่า alcoholic fermentation ซึ่งเป็นขั้นที่สองของกระบวนการหมัก ทำการเปลี่ยนน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีดิวซ์ให้เป็นแอลกอฮอล์โดยกิจกรรมของยีสต์ ซึ่งยีสต์ที่มีคุณสมบัติต่อการหมักสาโทต้องเจริญได้รวดเร็ว ทนต่อความเป็นกรด ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาล และทนต่อระดับแอลกอฮอล์ได้ดี ในขั้นตอนของการหมักแอลกอฮอล์จะต้องปรับสภาวะให้อยู่ในสภาพที่ไร้อากาศ (http://www.nfi.or.th/current-trade-issues/pdffile/distilled_report.pdf) ขั้นตอนการหมักแอลกอฮอล์แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ในสภาพไร้อากาศ
ที่มา : Hans (1993)

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักสาโทในระยะนี้คือ อัตราส่วนระหว่างราต่อยีสต์ ช่วง lag phase ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณเซลล์ของยีสต์ที่อุณหภูมิการหมักนั้น องค์ประกอบของสารอาหาร ปริมาณกรดอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจน ความสามารถในการทนต่อสภาวะต่าง ๆ ของยีสต์ เช่น ระดับแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ รวมทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นขณะที่เซลล์มีกิจกรรม เป็นต้น

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในถังหมักจึงเรียงลำดับจาก saccharification ของแป้งเป็นน้ำตาลที่ใช้ในการหมักชนิดต่าง ๆ และกลูโคส กรดแลคติก และกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อรา ตามด้วยยีสต์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลเฟอร์เมนต์ให้เป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกับกรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดซักซินิค กรดมาลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดอื่น ๆ เช่น โปรติเอสที่ย่อยสลายโปรตีนเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโน และไลเปสที่เปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล เกิดเป็นกลิ่นที่มีความซับซ้อน นอกจากนั้นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยากันเองได้เป็นสารชนิดใหม่ ๆ ที่ช่วยเพิ่มความซับซ้อนที่กลายเป็นกลิ่นเฉพาะในสาโทที่บ่มเป็นเวลานาน เช่น กรดอะมิโนลิวซีน ลิวซีนจะถูกยีสต์เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ประเภทไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ ซึ่งสารชนิดนี้จะถูกเปลี่ยนต่อไปโดยอะซิทิลโคเอเป็นไอโซเอมิลอะซิเทตทำให้สาโทมีกลิ่นดีขึ้น

การพัฒนาการผลิตสาโท

จากกรรมวิธีการผลิตสาโทที่ใช้ข้าวเหนียวขาวเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น ลักษณะของสาโทที่ผลิตได้จึงมีสีขาวขุ่น และมีกลิ่นรสเฉพาะที่เกิดจากการหมักด้วยลูกแป้ง การพัฒนาการผลิตสาโทให้มีกลิ่นรสที่ต่างไปจากเดิมสามารถทำได้ เช่น การพัฒนาให้มีกลิ่นอื่นนอกเหนือจากกลิ่นของข้าวที่ผ่านการหมักโดยใช้สมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมบางอย่างเป็นส่วนผสม ส่วนการพัฒนาด้านสีให้เป็นที่ดึงดูดใจและเป็นทางเลือกของผู้ดื่มสาโทก็สามารถทำได้ด้วยการใช้สีสำหรับผสมอาหารเติมลงไป ทั้งการพัฒนาด้านสีและกลิ่นสามารถทำได้ในขั้นตอนของการผ่านน้ำหรือขั้นตอนการหมัก และปล่อยให้เกิดการหมักต่อไป ซึ่งลักษณะของสาโทที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างไปจากเดิม

การพัฒนากลิ่นรสสาโทด้วยสมุนไพร

ในประเทศไทยมีสมุนไพรหลายชนิดที่มีกลิ่นหอมและนำมาใช้เป็นสารที่ช่วยเพิ่มกลิ่นในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ตะไคร้ สะระแหน่ ขิง ขมิ้น ซึ่งกลิ่นจากสมุนไพรเหล่านี้เป็นกลิ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ การศึกษาการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากสมุนไพร 4 ชนิด คือ ตะไคร้ ขมิ้น และสะระแหน่ โดยเติมน้ำสกัดจากสมุนไพรในขั้นตอนของการผ่านน้ำโดยมีเปอร์เซ็นต์บริกซ์เริ่มต้น 25 เปอร์เซ็นต์ และปล่อยให้หมักต่อไป เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช และจำนวนเซลล์ทุก 3 วัน เป็นเวลา 15 วัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าทุกทรีทเมนต์ที่เติมน้ำสมุนไพรมีกิจกรรมการหมักเกิดได้ดีกว่าทรีทเมนต์ควบคุม (เติมน้ำต้ม) โดยมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 6.83 8.16 7.65 และ8.06 ในทรีทเมนต์ควบคุม ทรีทเมนต์ที่เติมน้ำตะไคร้ น้ำสะระแหน่ และน้ำขมิ้นตามลำดับ สำหรับการทดสอบชิมโดยตัวแทนผู้บริโภคที่ดื่มสาโท พบว่าค่าเฉลี่ยของสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับในทรีทเมนต์ที่เติมน้ำสมุนไพรสูงกว่าทรีทเมนต์ควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) (*ศรีสุรางค์ ส่งศรี*, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาด้านสี

ในการเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภคโดยทั่วไป นอกเหนือจากความสดใหม่ รสชาติ และทำเลในการจำหน่ายสินค้าแล้ว สีของผลิตภัณฑ์นับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยดึงดูดใจในการซื้อสินค้าของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์สาโทก็เช่นกัน การปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์สาโทให้มีสีต่างไปจากสีขาวขุ่นนับเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคสาโท เช่น การผลิตสาโทองุ่นขาวและองุ่นแดง สาโทสับปะรด สาโทรสส้ม และสาโทเมนทอล เป็นต้น ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ บริษัทผู้ผลิตได้มองเห็นความสำคัญของสีต่อผลิตภัณฑ์จึงได้มีการผลิตเครื่องดื่มที่มีสีสรรสวยงามออกมามากมาย เช่น บริษัท สยามไวน์เนอรี ในกรณีของการปรังปรุงการหมักสาโทให้มีสีสรรเป็นที่ดึงดูดใจของผู้ดื่มจะได้เครื่องดื่มสาโทที่มีความหลากหลายเช่นเดียวกับการผลิตไวน์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งสีที่เกิดขึ้นเป็นสีที่มาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต แต่การผลิตสาโทใช้วัตถุดิบเป็นข้าวเหนียวขาวทำให้ได้สาโทที่มีสีขาวขุ่น การปรับปรุงให้มีสีทำได้โดยปรับสีในขั้นตอนของการผ่านน้ำ โดยใช้สีที่มาจากธรรมชาติเป็นหลัก เช่น สีของผัก ผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น สีเขียวจากใบเตย สีแดงจากกระเจี๊ยบ มะเขือเทศ บีทรูท สีม่วงจากดอกอัญชัน ซึ่งสีเหล่านี้เป็นสีธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารและมีความปลอดภัยมากกว่าใช้สีสังเคราะห์

สารสีในพืช

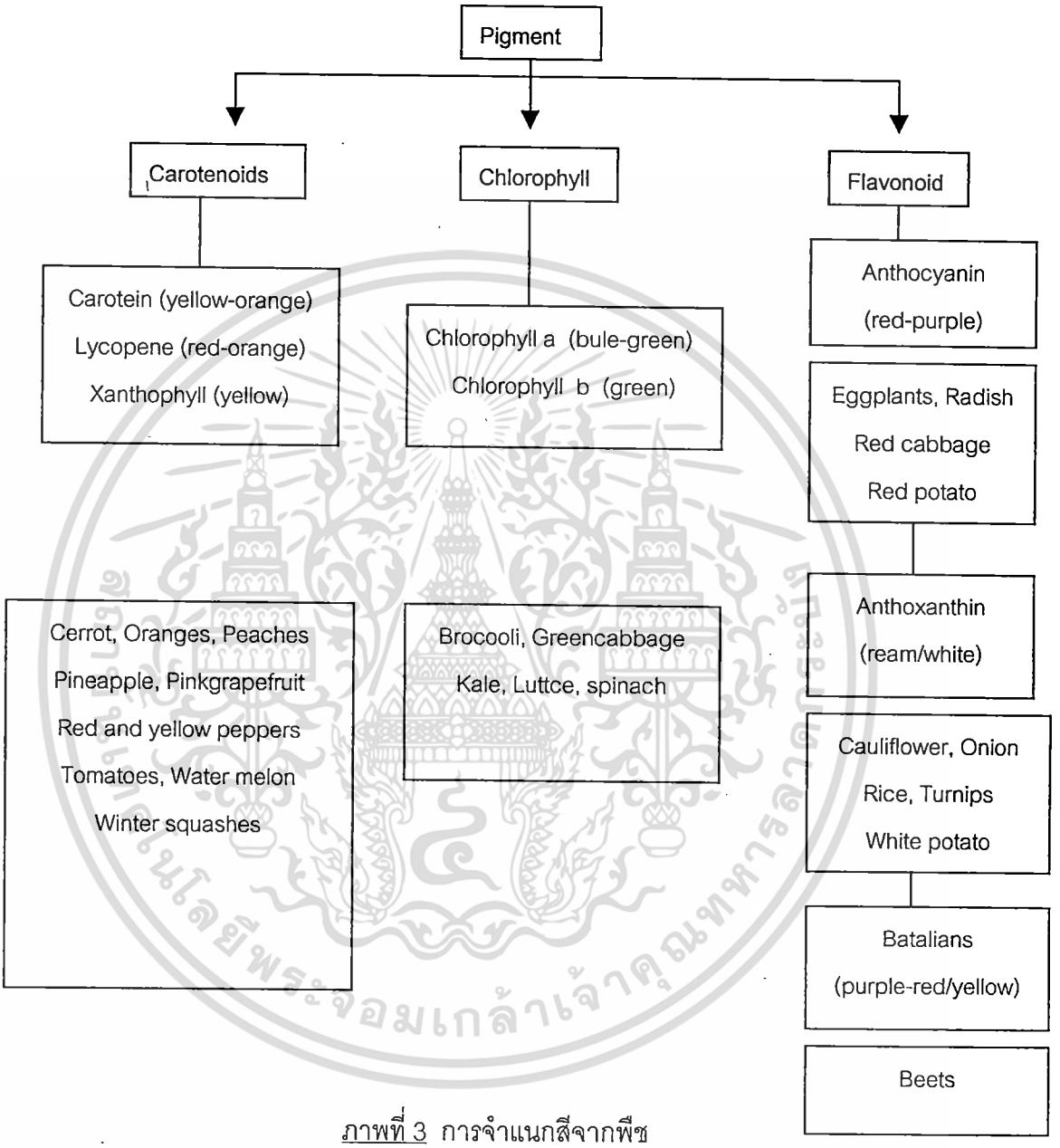
สารสีที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิต หรือที่เรียกว่า พิกเมนต์ (pigment) เป็นสารเคมีที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดและมีผลต่อการแสดงออกของสีในสิ่งนั้น ๆ เช่น เลือดมีสีแดง ดอกไม้และผลไม้มีสีต่าง ๆ สารสีเขียวที่พบในใบไม้ทำหน้าที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงให้กับพืช สารสีในพืชเป็นโมเลกุลอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ซึ่งต้องใช้ความรู้ทางเคมีเพื่อจำแนกความแตกต่างสารสีชนิดหนึ่งอาจมีโครงสร้างและคุณสมบัติต่อการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันด้วย เม็ดสีที่พบในพืชอยู่ในส่วนที่เรียกว่าพลาสติด (plastid) ซึ่งสามารถสกัดออกมาได้ เช่น ในกะหล่ำปลีม่วงสามารถสกัดสีออกมาได้โดยนำกะหล่ำปลีไปบดกับน้ำ กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากออกก็จะได้น้ำกะหล่ำปลีม่วง (http://se-ed.net/peerakitk/articles/pigment/htm)

รงควัตถุจากพืช (plant pigment)

ผักและผลไม้หลายชนิดมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีและนำมาในการประกอบอาหารได้หลายชนิด สีที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งดึงดูดในของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผักและผลไม้ สีจากพืชแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และฟลาโวนอยด์ ตามรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 3 การจำแนกสีจากพืช

ที่มา : Brown (2004)

1. แคโรทีนอยด์ (carotenoids) (ทั้งแอลฟา เบตา และแกรมมาแคโรทีน) รวมทั้งไลโคพีนและแซนโทฟิลล์ สารกลุ่มนี้ทำให้เกิดสีเหลืองถึงสีส้ม ตลอดจนสีแดงในผักและผลไม้บางชนิด ตัวอย่างของพืชที่ให้สีในกลุ่มนี้ได้แก่ แครอท ส้ม พีช สับปะรด มะเขือเทศ แตงโม และสคอวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83677

2. คลอโรฟิลล์ (clorophyll) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดสีเขียวในพืช และเป็นรงควัตถุที่ทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสงและเปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) รงควัตถุที่พบมีทั้งคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี ตัวอย่างของพืชได้แก่ บรอคโคลี ผักใบเขียวชนิดต่าง ๆ ผักขม ผักกาดหอม และน้ำต้นกล้าข้าวสาลี

3. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นกลุ่มของสีที่ประกอบด้วย แอนโธไซยานิน ซึ่งให้สีแดง-น้ำเงิน ตัวอย่างเช่น มะเขือม่วง แรดิช กะหล่ำปลีม่วง และมันเทศม่วง แอนโธแซนทิน ให้สีครีมจนถึงสีขาว ได้แก่ กระหล่ำดอก หัวหอม ข้าว มันเทศขาว และเบตาเลียน ให้สีม่วง-สีแดง เช่น บีทรูท

วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปอาหารหลายชนิดนอกเหนือจากตัวอย่างที่กล่าวไว้ข้างต้นมีสีสรรสวยงาม เช่น ข้าวเหนียวดำ จะให้สีม่วง ซึ่งเตรียมได้โดยเอาข้าวเหนียวดำแช่น้ำผสมกับข้าวเหนียวขาว สีที่ได้จะมีความแตกต่างกันขึ้นกับสัดส่วนของข้าวเหนียวดำที่ใช้ เช่น ข้าวเหนียวดำ 1 ส่วน ต่อข้าวเหนียวขาว 4 ส่วน จะให้สีม่วงอ่อน ข้าวเหนียวดำ 1 ส่วน ต่อข้าวเหนียวขาว 3 ส่วน จะให้สีม่วงกลาง และข้าวเหนียวดำ 1 ส่วน ต่อข้าวเหนียวขาว 2 ส่วน จะให้สีม่วงเข้ม เป็นต้น ซึ่งระดับสีที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ตามความเข้มของสีที่ต้องการ (http://web.ku.ac.th/agri/color/b19.htm) ส่วนในดอกอัญชัน ให้สีน้ำเงิน หรือถ้าเติมน้ำมะนาวจะให้สีม่วง การสกัดทำได้โดยใช้ส่วนของดอกเฉพาะที่เป็นสีน้ำเงิน นำใส่ถ้วย เติมน้ำแล้วขยี้ให้ช้ำ เทใส่ผ้าขาวบางคั้นเอาแต่น้ำ ใช้เป็นส่วนผสมของขนมไทยหลายชนิด เช่น ช่อม่วง ขนมน้ำดอกไม้ ซ่าหริ่ม ขนมชั้น ข้าวมันกะทิสีดอกอัญชัน และขนมขัวลอย เป็นต้น (http://web.ku.ac.th/agri/color/b21.htm) ในกระเจี๊ยบแดงส่วนของกลีบรองดอก และกลีบเลี้ยงมีสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แอนโธไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารที่ทำให้เกิดสีม่วงแดง และในกระเจี๊ยบแดงยังมีกรดอินทรีย์อีกหลายชนิด มีวิตามินเอในปริมาณสูงและมีวิตามินซีมากพอสมควร ซึ่งการใช้ประโยชน์จากสีธรรมชาตินั้นจะได้ประโยชน์นานับประการ

สีผสมอาหารจากธรรมชาติ (Natural food colorants)

สีที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสิ่งแรกที่ได้รับทางประสาทสัมผัส ซึ่งผู้บริโภคใช้ในการเลือกซื้อและยอมรับอาหารนั้น ๆ โดยอาหารเกือบทุกชนิดตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคแตกต่างกันขึ้นกับสภาพทางสังคม ภูมิศาสตร์ ความชอบของสวยงามและพื้นฐานของผู้บริโภค ซึ่งการยอมรับของสีอาหารยังแตกต่างกันขึ้นกับเชื้อชาติ สีผสมอาหารจัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งผู้บริโภคใส่ลงไปในระหว่างการผลิตอาหาร เพื่อปรุงแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารให้มีสีสวยงาม กลบเกลื่อนลักษณะของอาหารที่เสื่อมสภาพ รวมทั้งใช้เพื่อการแต่งสีอาหารให้ดูมีคุณภาพสูง เช่น อาหารที่ใช้ไข่เป็นส่วนผสมอาจใส่ไข่เพียงเล็กน้อยแต่ใช้สีเหลืองเป็นส่วนผสมด้วย สีผสมอาหารโดยทั่วไปจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ สีสังเคราะห์ (synthetic colors) เป็นสีที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี และสีธรรมชาติ (natural colors) เป็นสีที่ได้จากการสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติทั้งพืชและสัตว์ซึ่งมีหลายสีด้วยกันและเป็นสีที่ยอมรับว่ามีความปลอดภัยที่สุด ตัวอย่างของสีธรรมชาติที่พบได้แก่ สีแดง จากดอกเข็ม มะเขือเทศ มะละกอ อั้กคั่กหรือข้าวแดง สีเหลือง ได้จากขมิ้น ลูกตาล ฟักทอง ดอกคำฝอย ไข่แดง สีเขียวได้จากใบเตย สีน้ำเงิน ได้จากดอกอัญชัน สีม่วง ได้จากลูกหว้า มันเลือดนก ข้าวเหนียวดำ สีน้ำตาล ได้จากน้ำตาลไหม้ โกโก้ผง และสีดำได้จากถ่าน – กาบมะพร้าวเผาไฟ รวงตาลเผาไฟ ถั่วดำ เป็นต้น (http://mukdanan/doae.go.th/food2.htm)

แหล่งของสีผสมอาหารจากธรรมชาตินั้นพบว่ามีคุณประโยชน์นอกเหนือจากการให้สีสรรที่สวยงาม เพราะยังมีประโยชน์ในด้านการบรรเทาอาการเจ็บป่วย เช่น ขมิ้นชัน นอกจากจะให้สีเหลืองสดใสแล้วยังมีสรรพคุณช่วยแก้ท้องอืด แน่นเฟ้อ สีแดงจากกระเจี๊ยบมีฤทธิ์เป็นยาขับปัสสาวะอ่อน ๆ ใช้แก้ขัดเบาได้เป็นอย่างดี สำหรับดอกคำฝอยนอกจากจะให้สีเหลืองแล้วยังมีสรรพคุณในการลดไขมันในเส้นเลือด มีฤทธิ์เป็นยาบำรุงประสาท ขับเสมหะ โดยสีธรรมชาติดังกล่าวจัดเป็นสมุนไพร (http://www.pnarm.su.ac.th/thai/Organization/DIS/Articies/herb006.asp)

ประเภทของสีธรรมชาติจากพืช

สีธรรมชาติที่พบส่วนใหญ่แล้วถูกจำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี ตัวอย่างของกลุ่มสีธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เป็นสารที่ให้สีเขียวเป็นหลัก สีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ และสีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในปัจจุบันการใช้สีจากธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอาหารได้รับความนิยมขึ้นเป็นลำดับ ในแถบยุโรปอนุญาติให้ใช้สีจากธรรมชาติ 13 ชนิด เป็นส่วนผสมในอาหารได้ ได้แก่ เคอคูมิน (curcumin) เป็นกลุ่มเคอคูมินอยด์ (curcuminoid), ลูทีอิน (lutein) .เป็นกลุ่มของแซนโธฟิลล์ (xanthophyll), เบต้า-แคโรทีน ไบซิน/นอร์ไบซิน (bixin/norbicin) แคปแซนทิน/แคปโซรูบิน (capsanthin/capsorubin) เป็นกลุ่มของแคโรทีนอยด์ เบตานิน (benatin) เป็นกลุ่มของเบตาลาอิน (betalaine) คาร์มินิกแอซิดและคาร์มีน (carminic acid and carmine) เป็นกลุ่มของแอนทราคิวโนน (anthraquinones) คลอโรฟิลล์/และคอปเปอร์คลอโรฟิลล์/คลอโรฟิลลิน (chlorophyll and copper chlorophyll/chlorolhyllin) เป็นกลุ่มของฟอร์ไฟริน (porphyrins) คาราไมส์ซูการ์และมอลต์แอกแทรกซ์ (caramelised sugar and malt extract) เป็นกลุ่มของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมลานอยดิน (melanoidins) และแอนโธไซนานิน เป็นกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Bridle and Timberlake, 1997)

แอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานิน เป็นกลุ่มของสารสีที่ละลายน้ำที่สำคัญกลุ่มหนึ่ง พบได้ในอาณาจักรพืช เป็นหลัก โดยเฉพาะในไม้ดอกและถูกนำไปใช้ประโยชน์มากในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร สมบัติของแอนโธไซยานินทำส่วนต่าง ๆ ของพืชมีสี เช่น สีส้ม สีแดง สีน้ำเงินและสีม่วง ซึ่งสีที่ต่างกันมาจากโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันในแต่ละพืช แอนโธไซนานินจัดเป็นสีธรรมชาติในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ การใช้ประโยชน์ในด้านอาหารของแอนโธไซยานินที่สำคัญได้แก่ ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม เจลลี แยมและไอศครีม เป็นต้น (Francis, 2000) ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดสารแอนโธไซยานินเป็นสารที่ให้สีแดง เช่น ในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ โยเกิร์ตและในขนมหวาน โดยมีช่วงพีเอชของอาหารระหว่าง 3.0-4.5 โดยที่แอนโธไซยานินที่สกัดจากกะหล่ำปลีแดงจะมีความคงตัวต่อแสงและความร้อน มีลักษณะเป็นผลึกใส ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงว่ามีการรวมตัวกับอาหารได้เป็นอย่างดี (http://res2.agr.ca/crda/tech/T2000_10_e.htm)

แอนโธไซยานิน จัดเป็นสารกลุ่มย่อยของฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่ทำให้เกิดสีในดอกไม้และผลไม้หลายชนิด เป็นสิ่งที่ช่วยล่อให้แมลงถ่ายละอองเกสร ซึ่งถือเป็นวิธีการกระจายพันธุ์พืชอย่างหนึ่ง (Lee and Collins, 2001; Warren and Mackenzie, 2001; Gould and Lee, 2002) และยังมีผลต่อการปกป้องเนื้อเยื่อพืชจากการเกิดโฟโตอินฮิบิชันและออกซิเดชัน (photoinhibition and oxidation) อันเป็นผลที่เกิดจากการสังเคราะห์แสง (Gould and Lee, 2002)

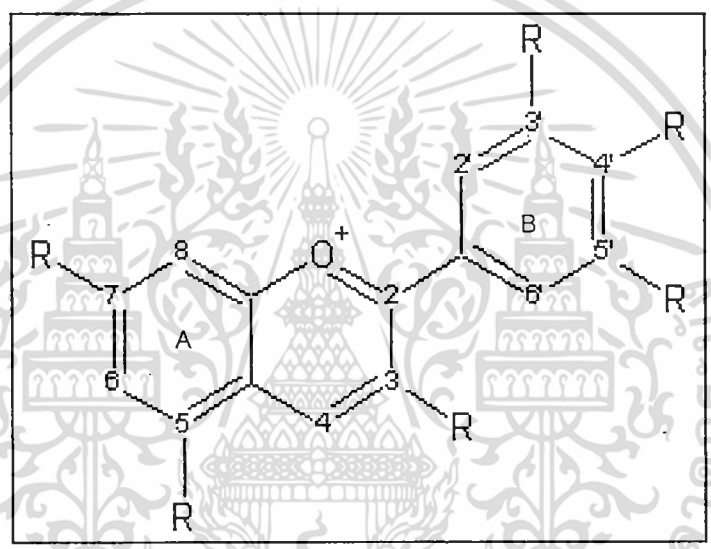
แอนโธไซยานิน เป็นคำที่มาจากภาษากรีก โดยมาจากคำว่า *anthos* และ *kyanos* คำว่า *anthos* หมายถึงดอกไม้ และ *kyanos* หมายถึงสีน้ำเงิน ซึ่งแอนโธไซยานินเป็นสารสีสำคัญที่พบในพืชหลายชนิด ทั้งดอกไม้ ผักและผลไม้ สารสีแอนโธไซยานินสามารถมองเห็นได้ด้วยสายตามนุษย์ สารประกอบแอนโธไซยานินจัดเป็นกลุ่มของสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ส่วนที่พบสารชนิดนี้แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เช่น พบในใบ กลีบดอก และเปลือกของผลไม้ เป็นต้น (Kong *et al*., 2003)

โครงสร้างของแอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินเป็นสารในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอดย์ โครงสร้างประกอบด้วยไกลโคไซด์ (glycosides) ของโพลีไฮดรอกซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(polyhydroxy) และอนุพันธ์ของโพลีเมตโทซี (polymethoxy) หรือ ฟลาวิเลียมซอลต์ (flavylium salts) โครงสร้างของแอนโธไซยานินแสดงในรูปที่ 4 แอนโธไซยานินแต่ละชนิดแตกต่างกันที่จำนวนของกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) สภาวะและจำนวนของน้ำตาลที่เกาะกับโมเลกุล ตำแหน่งที่น้ำตาลมาเกาะ และอลิฟาติก (aliphatic) หรือ อะโรมาติกส์ แอซิด (aromatic acids) ที่มาเกาะกับน้ำตาล ปัจจุบันแอนโธไซยานินที่พบในธรรมชาติมีอยู่ประมาณ 17 ชนิด ด้วยกัน โดยที่พบในธรรมชาติเป็นแอนโธไซยานิดิน (anthocyanidins) หรือ อะไกลโคล (aglycones) รายชื่อของแอนโธไซยานิดินที่พบในธรรมชาติแสดงในตารางที่ 3



ภาพที่ 4 โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่พบในธรรมชาติ

The flavylium cation. R1 และ R2 เป็น H, OH sinv OCH_3

R3 เป็น glycosyl หรือ H ส่วน R4 เป็น 0H หรือ glycosyl

ที่มา : Kong *et al.* (2003)

แอนโธไซยานินที่พบในพืชชั้นสูงมีเพียง 6 ชนิด คือ เพลาร์โกนิดิน (pelargonidin : Pg) เพโอนิดิน (peonidin : Pn) ไซยานิดิน (cyanidin : Cy) มาลวิดิน (malvidin : Mv) เพทูนิดิน (petunidin : Pt) และเดลฟินิดิน (delphinidin : Dp) โดยที่ไกลโคไซด์ของ non-methylated anthocyanidin ทั้งสามชนิด (Cy, Dp และ Pg) พบทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งเป็นเม็ดสีที่พบในใบ 80 เปอร์เซ็นต์ พบในผลไม้ 69 เปอร์เซ็นต์ และพบในดอก 50 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแอนโธไซยานิดินพบในส่วนของพืชหลายชนิดที่ใช้บริโภค ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของพืชที่บริโภคได้นี้พบไซยานิดิน 50 เปอร์เซ็นต์ เพลาโกนิดิน 12 เปอร์เซ็นต์ เพโอนิดิน 12 เปอร์เซ็นต์ เดลฟินิดิน 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ เพทูนิดิน 7 เปอร์เซ็นต์ และมาลวิดิน 7 เปอร์เซ็นต์ (Kong *et al.* 2003) แอนโธไซยานิน และ 3-deoxyanthocyanidins ที่พบในพืชหลายชนิดมีหน้าที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แอนโธไซยานิดินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

Name	Abbreviation	Substitution pattern							Color
		3	5	6	7	3′	4′	5′	
Apigeninidin	Ap	H	OH	H	OH	H	OH	H	Orange
Aurantinidin	Au	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	Orange
Capensinidin	Cp	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OMe	Bluish-red
Cyanidin	Cy	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	Orange-red
Delphinidin	Dp	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	Bluish-red
Europinidin	Eu	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OH	Bluish-red
Hirsutidin	Hs	OH	OH	H	Ome	OMe	OH	OME	Bluish-red
6-Hydroxycyanidin	6OHCy	OH	OH	OH	OH	OH	OH	H	Red
Luteolinidin	Lt	H	OH	O	OH	OH	OH	H	Orange
Malvidin	Mv	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OMe	Bluish-red
5-Methylcyanidin	5-Mcy	OH	OMe	H	OH	OH	OH	H	Orange-red
Pelargonidin	Pg	OH	OH	H	OH	H	OH	H	Orange
Peonidin	Pn	OH	OH	H	OH	OMe	OH	H	Bluish-red
Petunidin	Pt	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OH	Bluish-red
Pulchellildin	Pl	OH	OMe	H	OH	OH	OH	OH	Bluish-red
Rosinidin	Rs	OH	OH	H	Ome	OMe	OH	H	Red
Tricetinidin	Tr	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	Red

ที่มา : Kong *et al.* (2003)

Zhang *et al.* (2004) ได้วิเคราะห์สารที่สกัดได้จากเปลือกลิ้นจี่ โดยใช้คอลัมน์โครมาโทกราฟี ชนิด Amberlite XAD-7 และ Sephadex LH-20 พบว่าส่วนประกอบของสารที่กัดได้เกือบทั้งหมด (94.3 เปอร์เซ็นต์) เป็นสารแอนโธไซยานินในกลุ่ม ไซยานินดิน-3-รูทีโนไซด์ (cyanindin-3-rutinoside) ซึ่งมีน้ำหนักมวลโมเกกุลเท่ากับ 595 (วิเคราะห์ด้วย Mass spectrometry)

ประโยชน์ของแอนโธไซยานิน

หน้าที่ของแอนโธไซยานินที่สำคัญตามธรรมชาติ คือทำให้เกิดสีในพืช ซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดใจของแมลงและสัตว์ในการผสมเกสรและการกระจายพันธุ์ของเมล็ด และยังทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ตามแต่การใช้ประโยชน์ของมนุษย์ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของแอนโธไซยานิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ทรี-ดีออกซีแอนโธไซยานิดิน (3-deoxyanthocyanidins) นอกเหนือจากให้สีในพืชแล้วยังทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน และเป็นสารที่มีฤทธิ์ทำลายหรือต้านแบคทีเรีย (phytoalexins หรือ antibacteria) (Kong, 2003) แอนโธไซยานินยังมีผลทำให้พืชบางชนิดทนต่อแมลงได้ เช่น ไซยานิดิน-ทรี-กลูโคไซด์ (cyanidins 3-glucosides) พบว่าเป็นองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ป้องกันไม่ให้ใบฝ้ายถูกทำลายจากหนอนเจาะสมอฝ้าย (tabacco budworm) นอกจากหน้าที่ในพืชแล้ว สารประกอบแอนโธไซยานินยังมีประโยชน์ในด้านการแพทย์ โดยแอนโธไซยานินที่มีสมบัติด้านการแพทย์และใช้สำหรับรักษาอาการหลายอย่างในมนุษย์ เช่น สารสกัดแอนโธไซยานินมีผลในด้านการต่อต้านการอักเสบและลดอาการบวมของเส้นเลือดฝอยมากกว่ารูทิน (rutin) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของควีนซิทิน จึงสามารถใช้แทนรูทินและอนุพันธ์ของรูทินในการรักษาอาการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบของเนื้อเยื่อ หรือเส้นเลือดฝอยเปราะบาง (capillary fragility) ได้ และแอนโธไซยานินยังมีต่อการยับยั้งเนื้องอก

การทดสอบประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของแอนโธไซยานิน Ghiselli *et al.* (1998) พบว่าส่วนของแอนโธไซยานินจากไวน์แดงของอิตาลี (Italian red wine) มีผลต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไลโปโปรตีนและการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ซึ่งผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่าแอนโธไซยานินที่เป็นองค์ประกอบในไวน์แดงช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้ ส่วนผลของสารประกอบแอนโธไซยานินต่อการยับยั้งเนื้องอก ศึกษาโดย Kamei *et al.*, (1998) พบว่าสารประกอบแอนโธไซยานินในไวน์แดงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งชนิด HCT-15 ซึ่งเป็นเซลล์มะเร็งในลำไส้ใหญ่หรือมีผลยับยั้งเซลล์มะเร็งชนิด AGS ซึ่งเป็นเซลล์มะเร็งจากกระเพาะอาหารมนุษย์ โดยอัตราการยับยั้งของแอนโธไซยานินสูงกว่าสารชนิดอื่น

Einbond *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของสารประกอบแอนโธไซยานินในด้านต้านการเกิดออกซิเดชันในผลไม้ที่ใช้บริโภคจำนวน 12 ชนิด โดยสกัดด้วยใช้เมธานอล และตกตะกอนแยกส่วนด้วยเฮกเซน เอทิลอะซิเทต และน้ำ นำส่วนที่สกัดได้มากำจัดน้ำตาลและกรดซอร์บิก และนำไปทดสอบการต้านออกซิเดชัน พบว่าสารสกัดจากผลไม้ 9 ชนิด มีสมบัติการต้านออกซิเดชันสูง และเมื่อตรวจสอบองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ดังกล่าว พบว่าเป็น cynanidin-3-*O*-β-glucopyraoside ซึ่งพบในผลไม้เขตร้อน ได้แก่ สตาร์แอบเปิล (*Chrysophyllm cainito*) ซูรินัมเชอรี (*Eugrnia uniflora*) และจาโบติคาบา (*Myrciaria cauliflora*) ส่วนสารอีกกชนิดที่พบคือ delphinidin-3-O-β- glucopyraosides พบได้ใน *E. uniflora* เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tsai *et al.* (2002) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต้านกระบวนการออกซิเดชันและปริมาณแอนโธไซยานินจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแห้งกับสารสกัดจากชาดำ (black tea) 17 ตัวอย่าง ชาเขียว (green tea) 3 ตัวอย่าง ไวน์แดง (red wine) 9 ตัวอย่าง และไวน์ขาว (white wine) 9 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโมเมตร วิเคราะห์ ferric reducing ability of plasma (FRAP) วิเคราะห์ oxygen radical absorbance capacity (ORAC) และวิเคราะห์ total antioxidant status (TAS) ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดและเพิ่มปริมาณของดอกกระเจี๊ยบแห้งในทุกค่าที่วิเคราะห์ โดยค่าการต้านออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเข้มข้นของสารแอนโธไซยานิน ซึ่งกล่าวได้ว่าการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากสารแอนโธไซนานินในสารละลายที่สกัดได้จากกลีบดอกกระเจี๊ยบแห้ง

ตัวอย่างของแอนโธไซนานินจากพืชชนิดต่าง ๆ

แอนโธไซยานินพบได้ในพืชหลายชนิด โดย Bridle and Timberlake (1997) ได้กล่าวถึงแอนโธไซยานินจากพืชบางชนิดไว้พอสังเขป ดังนี้

องุ่น (Grape) *Vitis* sp.

องค์ประกอบของแอนโธไซยานินในองุ่นประมาณ 30-750 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งปริมาณที่พบต่างกันไปตามส่วนที่นำมาใช้ สายพันธุ์ การปลูกและการดูแลรักษา ตลอดจนปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ในส่วนของเปลือกองุ่นแดงเป็นแหล่งแอนโธไซนานินที่มีราคาถูก เพราะเป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมทำไวน์ วิธีการสกัดทำได้ง่าย เป็นแหล่งของแอนโธไซยานินที่นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเป็นส่วนใหญ่

กะหล่ำปลีแดง (Red cabbage) *Brassica oleracea*

สีจากกะหล่ำปลีแดงเป็นสีธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร และนำมาใช้ประโยชน์ในเวชภัณฑ์ องค์ประกอบของแอนโธไซยานินจากกะหล่ำปลีแดงมี 8 ชนิด สีที่ได้พบว่ามีความคงตัวที่อุณหภูมิห้อง และพบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และที่ค่าพีเอช 8 มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Chigurupati *et al.*, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเจี๊ยบ (Roselle) *Hibiscus sabdarifla*

กระเจี๊ยบเป็นพืชดอกเขตร้อนที่มีสีแดงเข้ม นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น เจลาติน แยม เจลลี และเครื่องดื่ม สีแดงที่กลีบดอกของกระเจี๊ยบเกิดจากสารแอนโธไซยานิน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้สูงถึง 24-51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของกระเจี๊ยบที่นำมาใช้ประโยชน์คือส่วนของกลีบดอก (petal) นำมาสกัดเป็นเครื่องดื่ม ผสมในอาหาร และยังเป็นแหล่งของแอนโธไซยานินที่นำมาใช้ในอาหารและเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดี

หม่อน (Mulberry) **หรือ** *Murus* sp.

หม่อนเป็นไม้พุ่มขนาดกลาง อายุหลายปี ลำต้นตั้งตรง ใบเป็นใบเดี่ยวออกสลับ ก้านใบยาวทั้งชนิดขอบใบเว้าหยักลึก และขอบใบเป็นจัก กว้างประมาณ 8-14 เซนติเมตร ยาย 12-16 เซนติเมตร ผิวใบสาก ดอกออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ที่ปลายยอด มีลักษณะเป็นช่อรูปทรงกระบอก ออกที่ซอกใบ แยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน ผลหม่อนเป็นรูปทรงกระบอก ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกมีสีแดงถึงม่วง มีรสหวานอมเปรี้ยว นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น นำมาทำน้ำหม่อน ไวน์หม่อน (http://www.healthnet.in.th/text/forum2/juice/juice045.htm)

หม่อน เป็นพืชที่ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากใบเป็นอาหารของไหม (silkworm) หรือ *Bombyx mori* Linn ส่วนผลของไหมนำมารับประทานได้ หม่อนแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ หม่อนขาว (white mulberry : *Morus alba* L.) เป็นหม่อนที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันตก หม่อนแดง (red mulberry : *Morus rubra* L.) ปลูกมากในแถบอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ และหม่อนดำ (black mulberry : *Morus nigra* L.) เป็นหม่อนที่ปลูกมากทางตอนใต้ของรัสเซีย (Doymaz, 2004)

ผลหม่อน (mulberry fruit) เป็นผลไม้ที่ได้จากต้นหม่อน ผลของหม่อนมีลักษณะฉ่ำน้ำ (juicy) เมื่อสุกมีรสหวาน ส่วนผลที่ยังสุกไม่เต็มที่มีรสเปรี้ยว ลักษณะของผลสุกเต็มที่จะมีสีแดงจนถึงสีม่วง เนื่องจากมีการพัฒนาของสารแอนโธไซยานินเต็มที่ สีของผลมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของหม่อน ผลหม่อนมีคุณค่าทางยา ซึ่งชาวจีนนิยมนำมาใช้เป็นยาบำรุงเลือด มีประโยชน์ต่อตับ และบรรเทาอาหารอ่อนเพลีย อาการเมื่อยล้า โรคโลหิตจางและผมหงอกก่อนวัย บรรเทาอาการหูอื้อ และแก้อาการท้องผูกในผู้สูงอายุ (Dharmananda, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลหม่อนมีรสหวานและมีความนุ่มเพราะมีองค์ประกอบของน้ำสูง ตลอดจนมีสารที่ทำให้เกิดรสชาติน้อย ส่วนของน้ำที่สกัดได้จากผลหม่อนเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์สุขภาพ (health beverage) เป็นที่นิยมในจีน ญี่ปุ่นและเกาหลี น้ำคั้นสดจากผลหม่อนที่ไม่มีการเติมสารใด ๆ ลงไปสามาเก็ยได้นานประมาณ 2 เดือน แต่ถ้านำมาบรรจุขวดจะเก็บได้นานขึ้นประมาณ 12 เดือน ผลหม่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

ในองค์ประกอบของผลหม่อนยังให้สารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายประเภทฟังชันนัลฟูดส์ ส่วนใหญ่ได้แก่ แอนโธไซยานิน โดยเฉพาะไซยานิน ซึ่งเป็นผลให้เกิดสีแดงและทำให้ผลหม่อนมีสีแดงจนถึงสีม่วง ซึ่งในผลหม่อนสุกมีประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และในน้ำหนัก 1 ออนซ์ จะมีสารแอนโธไซยานินประมาณ 60 มิลลิกรัม ในผลแห้งที่สกัดสารออก เมื่อรับประทานประมาณ 9-15 กรัม/วัน จะได้ปริมาณขอบแอนโธไซยานินประมาณ 150 มิลลิกรัม ในอาหารของชาวจีนทั่วไปมีสารดังกล่าวค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงต้องได้รับในรูปของอาหารเสริมสมุนไพร เช่น จากน้ำหม่อนและจากสารสกัดจากผลหม่อนโดยตรง

ตารางที่ 4 สารอาหารชนิดต่างๆ ที่พบในผลหม่อน

ชนิดของสารอาหาร	ปริมาณที่พบ (เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	85-88
คาร์โบไฮเดรต (ซูโครส กลูโคส และฟรุคโทส)	7.8-9.2
โปรตีน	0.4-1.5
ไขมัน (ไลโนลิอิก สเตียริก และโอเลอิก)	0.4-1.5
กรดมาลิก	1.1-1.9
ไฟเบอร์	0.9-1.4
เกลือแร่	0.7-0.9

ที่มา : Dharmananda (2004)

นอกจากตัวอย่างพืชที่กล่าวมาแล้ว แอนโธไซยานินยังพบได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ในส้มบางสายพันธุ์ (*Citrus sinensis*) โดยในส่วนของน้ำส้มพบองค์ประกอบของไซยานิดินทรีกลูโคไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ และอนุพันธ์ของอะซิทิลเลต 18 เปอร์เซ็นต์ และในส้มบางชนิดพบองค์ประกอบของแอนโธไซยานิน 200 มิลลิกรัมต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum* var. *panoala*)

มะเกี๋ยง เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ลำต้นสูง 15-20 เมตร เป็นพันธุ์พืชที่อยู่ในโครงการอนุรักษ์ ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ที่สำคัญคือ ผล โดยนิยมมาบริโภคทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกาย วิตามินและเกลือแร่ มะเกี๋ยงเป็นพืชชนิดเดียวกับลูกหว้า คุณสมบัติของมะเกี๋ยงทางด้านเภสัชกรรมพบว่ามีฤทธิ์ทางยาหลายด้าน โดยมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก เช่น เรสเวอราทอล (resveratrol) โดยสารนี้ใช้ในการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน การใช้ประโยชน์ของมะเกี๋ยงในด้านผลิตภัณฑ์อาหารมีหลายประการ เช่น ใช้ทำน้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม น้ำมะเกี๋ยงเข้มข้น ไวน์มะเกี๋ยง แยมมะเกี๋ยง มะเกี๋ยงแช่อิ่ม และ โยเกิร์ตมะเกี๋ยง เป็นต้น นอกจากนั้นยังใช้ในการสกัดสีแอนโธไซยานินมาเป็นสีผสมอาหาร ซึ่งจะให้สีแดง (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2544)

คุณค่าทางโภชนาการ

มะเกี๋ยงเป็นพืชในวงศ์เดียวกับลูกหว้า และมีฤทธิ์ทางยา การศึกษาในเบื้องต้นพบว่ามีสารเคมีในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก และทางการแพทย์ได้ใช้สารนี้เป็นวาป้องกันโรคหัวใจหลอดเลือดอุดตัน เนื่องจากสารนี้ช่วยเพิ่มระดับของ HDL (high density lipoprotein) ในกระแสเลือด ซึ่ง HDL ทำหน้าที่ทำลายไขมันที่เกาะตามผนังของหลอดเลือก ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือด หัวใจอุดตัน และในเปลือกของมะเกี๋ยงยังพบสารในกลุ่มฟีนอลิกและแทนนิน ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกับที่พบในเปลือกและเมล็ดองุ่น สารนี้ทำหน้าที่จับการสารกระตุ้นการเกิดมะเร็งที่เป็นอนุมูลอิสระ ทำให้มีสมบัติป้องกันมะเร็งได้ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2545) องค์ประกอบทางเคมีของผลมะเกี๋ยงแสดงในตารางที่ 5

นอกจากนั้นในผลมะเกี๋ยงยังมีสารอาหารหลายชนิดที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ ไอโซลูซินลูซิน ไลซีน เมทไธโอนีน ซีสตีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน และฮีสติดีน แร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี วิตามินที่พบได้แก่ วิตามินเอ (เบตา-แคโรทีน) วิตามินบี2 วิตามินบี1 วิตามินอี แต่ไม่พบวิตามินซี

มีการศึกษาถึงการใช้ประโยชน์จากมะเกี๋ยงในอาหารหลายประเภทด้วยกัน ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์จากมะเกี๋ยงที่น่าสนใจได้แก่ น้ำมะเกี๋ยงพร้อมดื่ม น้ำมะเกี๋ยงเข้มข้น ไวน์มะเกี๋ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนคต้ามะเกี๋ยง แยมมะเกี๋ยง มะเกี๋ยงดอง มะเกี๋ยงแช่อิ่มแห้ง มะเกี๋ยงหยี ชามะเกี๋ยง และโยเกิร์ตมะเกี๋ยง เป็นต้น

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในมะเกี๋ยง

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ความชื้น	86.72 ± 3.29	-
โปรตีน	0.89 ± 0.22	6.64 ± 1.29
ไขมัน	0.31 ± 0.10	2.41 ± 0.73
เถ้า	0.61 ± 0.19	4.57 ± 0.72
กาก	3.52 ± 1.20	26.32 ± 4.01
คาร์โบไฮเดรต	7.95 ± 2.05	59.91 ± 4.84
ค่าพลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	38.19 ± 8.95	279.58 ± 37.66
ค่าน้ำตาลอินเวิร์ต	1.94 ± 1.43	13.92 ± 6.81

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ , 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, 2545)

สีผสมอาหารแอนโธไซยานินจากมะเกี๋ยง

สมชาย (2539) ได้สกัดสารจากสีผลมะเกี๋ยง พบว่า การสกัดสีจากผลมะเกี๋ยงทำได้โดยการต้มในน้ำเดือด สารละลายที่ได้มีสีแดงสดซึ่งเป็นองค์ประกอบของรงควัตถุแอนโธไซยานิน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการแปรรูปกับอาหารที่มีสภาพความเป็นกรดสูง เช่น น้ำผลไม้ แยม แต่ไม่เหมาะกับอาหารที่มีสภาพเป็นด่างหรือเป็นกลาง เพราะจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากข้อมูลของแอนโธไซยานินที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแอนโธไซยานินเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ โดยได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะพืชดอก เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืชและดอกไม้หลายชนิด แอนโธไซยานินทำให้เกิดสีได้หลายชนิด เฉดสีของแอนโธไซยานินอยู่ในช่วงสีแดงถึงสีม่วง โดยให้สีแตกต่างกันได้ถึง 30 แบบ ซึ่งสีที่เห็นขึ้นอยู่กับปัจจัยประการ เช่น ค่าพีเอชของอาหารและผลิตภัณฑ์ สภาวะที่ค่าพีเอชเป็นกรดจะให้สีแดงถึงสีเหลืองแดง ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะที่ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นจะให้สีม่วงถึงสีแดง และสภาวะที่ค่าพีเอชเป็นกลางจะให้สีน้ำเงินหรือสีเขียว แอนโธไซยานินยังมีความแตกต่างกันที่โครงสร้างโมเลกุล

แอนโธไซยานินเป็นสารสีที่ได้จากธรรมชาติและนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นสารสีที่ละลายน้ำจึงสามารถละลายในส่วนผสมของอาหารได้เป็นอย่างดีและมีความปลอดภัยเมื่อใช้เป็นสีผสมอาหารตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีประโยชน์ในด้านการแพทย์โดยทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน ป้องกันโรคได้หลายชนิด และความหลากหลายของสีจากแอนโธไซยานินตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะที่ใช้ การนำสีจากแอนโธไซยานินมาพัฒนาการผลิตสาโทจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ โดยเฉพาะการนำผลไม้พื้นเมืองของไทย เช่น ลูกหว้า ผลไทร ผลหม่อน และผลมะเกี๋ยงมาสกัดน้ำ และใช้เติมแทนน้ำต้มในระหว่างการหมักสาโท จะทำให้สีของสาโทที่ได้เปลี่ยนไปจากเดิม และส่งเสริมให้กิจกรรมการหมักเกิดได้เร็วขึ้นเพราะในน้ำสกัดจากผลไม้พื้นบ้านมีสารอาหารหลายอย่าง ทำให้ได้สาโทรูปลักษณ์ใหม่ และอาจมีกลิ่นและรสชาติของน้ำผลไม้ที่ใช้อยู่ด้วย เช่นเดียวกับสาโทกระชายดำ หรือสาโทข้าวเหนียวดำ ที่มีการผลิตและจำหน่ายในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. Hand Refractometer (Model : RHB-32 ATC และ RHB-62)
2. Ebulliometer (DUJ ARDIN-SALLERON
3. เครื่องวัดพีเอช (Precisa Model PN 3900-01 D)
4. เตาแก๊ส (Electrolux รุ่น V5-V6)
5. เครื่องให้ความร้อนแบบแผ่น (Hot Plate)
6. กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS รุ่น COVER R-015)
7. เครื่องชั่ง 1,000 กรัม (TANITA 114)

อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. หม้อสแตนเลส
2. อ่างผสมสแตนเลส
3. กระชอน
4. ลังถึง
5. ผ้าขาวบาง
6. ขวดแก้ว
7. โหลแก้ว
8. บีกเกอร์
9. ฟลาสก์
10. ถุงพลาสติก
11. ช้อนพลาสติก
12. บิวเรต
13. หนังยาง
14. ปิเปต
15. กระบวกตวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. กระดาษทิชชู

17. กระดาษสติกเกอร์

วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียวเขี้ยวงู
2. ผลหม่อนสุกและน้ำสกัดจากผลหม่อน
3. ผลมะเกี๋ยงสุกและน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง
4. ลูกแป้งสาโท
5. น้ำกลั่น
6. น้ำตาลทราย

สารเคมี

1. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซม์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

การเตรียมน้ำสกัดจากผลหม่อน

1. คัดเลือกผลหม่อนสุกที่ไม่มีการทำลายของแมลง และไม่เน่าเสีย นำมาล้างทำความสะอาด และนำมาคั้นโดยใช้น้ำประปา ใช้อัตราส่วนในการคั้นเท่ากับ 1 : 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร)
2. นำน้ำที่สกัดได้มากรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อแยกเศษเนื้อผลหม่อนที่ติดอยู่ออก
3. นำน้ำหม่อนที่กรองได้บรรจุในใส่ขวดพลาสติกปริมาตร 2 ใน 3 ของขวด จากนั้นนำไปแช่แข็งสำหรับไว้ทำการทดลองแต่ละครั้ง

การเตรียมน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง

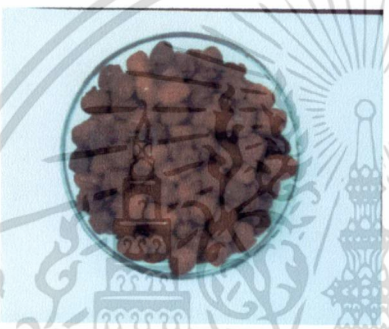
1. คัดเลือกผลมะเกี๋ยงสุกที่ไม่เน่าเสีย และไม่มีแมลงเข้าทำลายมาล้างให้สะอาด
2. นำมาสกัดโดยการขยี้กับน้ำ ใช้อัตราส่วนของมะเกี๋ยงต่อน้ำเท่ากับ 3 : 1 ขยี้ให้เนื้อมะเกี๋ยงออกและแยกเมล็ดมะเกี๋ยงออก
3. นำน้ำมะเกี๋ยงที่สกัดได้มากรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อแยกเศษเนื้อเยื่อมะเกี๋ยงออก
4. นำน้ำมะเกี๋ยงบรรจุใส่ขวดพลาสติก ปริมาตร 2 ใน 3 และนำไปแช่แข็งสำหรับใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5 ก)

(5 ข)

ภาพที่ 5 ภาพ (ก) ผลหม่อนสุก และภาพ (ข) น้ำที่สกัดได้จากผลหม่อน



(6 ก)

(6 ข)

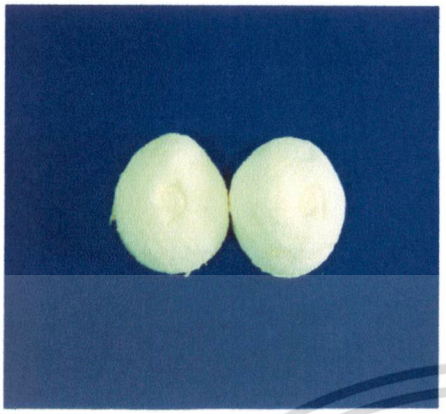
ภาพที่ 6 ภาพ (ก) ผลมะเกี๋ยงสุก และภาพ (ข) น้ำที่สกัดได้จากผลมะเกี๋ยง

กระบวนการหมักสาโท

การทำ saccharification

1. นำข้าวเหนียวตราเขี้ยวงูมาทำความสะอาด จากนั้นแช่น้ำนาน 6 ชั่วโมง
2. น้ำข้าวเหนียวที่แช่น้ำแล้วมานึ่งพอสุกโดยใช้รังถึง แล้วล้างเมือกออกให้หมด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ
3. นำมาคลุกกับลูกแป้งสาโท (ใช้ลูกแป้ง 0.3 เปอร์เซ็นต์) คลุกลูกแป้งกับข้าวเหนียวให้เข้ากันดี บรรจุใส่ขวดแก้ว (การศึกษาช่วงการวิเคราะห์ตัวอย่างใส่ขวดละ 50 กรัม และช่วงการหมักเพื่อเพิ่มปริมาตรบรรจุส่วนผสมในโหลแก้วปริมาณ 1,000 กรัม ปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบางและมัดด้วยหนังยาง
4. ปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยข้าวเหนียวเป็นน้ำตาลนาน 3 วัน เมื่อครบ 3 วัน ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์บริกซ์ และปรับความเข้มข้นของบริกซ์ให้เป็น 20 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ลูกแป้งที่ใช้เป็นหัวเชื้อและขั้นตอนการทำ saccharification

การหมักสาโท

1 การปรับเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและมะเกี๋ยงเป็นตัวปรับ โดยใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (สำหรับชุดที่เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาตรรวมในขวดเท่ากับ 150 มิลลิลิตร สำหรับชุดที่เพิ่มปริมาตรการหมักใช้ปริมาตรรวมเท่ากับ 2,500 มิลลิลิตร) จากนั้นปล่อยให้เกิดการหมัก

2 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) โดยใช้ Hand Refractometer ใช้ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ 2- หยด

2.2 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ โดยใช้ Ebulliometer

2.3 วิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้เครื่องวัดพีเอช

2.4 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด โดยการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล และคำนวณค่าความเป็นกรดโดยใช้กรัมสมมูลของกรดแลคติก

2.5 ตรวจนับจำนวนเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

หลังจากทราบผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์เพิ่มปริมาตรของน้ำหมักเป็น 2,500 มิลลิลิตร เก็บเกี่ยวน้ำหมักที่อายุการหมัก 18 วัน นำมากรองและพาสเจอรไรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติและความชอบรวม ใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test โดยผู้ทดสอบเป็นตัวแทนผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละลักษณะด้วยวิธี Dancan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

(8 ก) (8 ข)

ภาพที่ 8 ภาพ 8 (ก) ขั้นตอนการหมักสาโทหม่อน และภาพ 8 (ข) การหมักสาโทมะเกี๋ยง

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ค. 140 ค. 149 และ ค. 150 ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

เดือนตุลาคม 2547 - เดือนกรกฎาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาการพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงที่ระดับความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) โดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดและตรวจนับจำนวนเซลล์ยีสต์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน ตลอดจนทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติและการความชอบรวม ผลการศึกษาในแต่ละส่วนมีรายระเอียดดังต่อไปนี้

การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน

การหมักสาโท

ขั้นตอนการหมักเริ่มด้วยการนำน้ำสกัดจากผลหม่อนเติมลงในข้าวเหนียวนึ่งที่ผ่านขั้นตอนการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล โดยปรับความเข้มข้นของบริกซ์ในปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 20 บริกซ์ จากนั้นปล่อยให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 3 - 18 วัน การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ระหว่างการหมักแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และจำนวนเซลล์ในการหมักสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อน (เปอร์เซ็นต์)			
		0	10	20	30
3	บริกซ์ (%)	21.87^{a}	22.10^{a}	21.07^{a}	22.20^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	0.90^{b}	1.55^{ab}	3.35^{a}	1.92^{ab}
	พีเอช	3.23^{a}	3.20^{a}	3.17^{a}	3.23^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.313^{c}	0.533^{ab}	0.437^{bc}	0.707^{a}
	จำนวนเซลล์	3.05×10^{6}	2.70×10^{6}	1.90×10^{6}	1.16×10^{6}
6	บริกซ์ (%)	20.77^{b}	16.87^{ab}	14.10^{a}	19.27^{ab}
	แอลกอฮอล์ (%)	2.20^{b}	8.24^{a}	9.33^{a}	5.53^{ab}
	พีเอช	3.13^{a}	3.03^{a}	3.07^{a}	3.10^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.497^{b}	0.673^{a}	0.720^{a}	0.803^{a}
	จำนวนเซลล์	3.40×10^{6}	3.15×10^{6}	2.60×10^{6}	2.30×10^{6}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อน (เปอร์เซ็นต์)			
		0	10	20	30
9	บริกซ์ (%)	18.77^{b}	12.73^{a}	12.43^{a}	11.40^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	3.90^{b}	10.80^{a}	10.67^{a}	12.13^{a}
	พีเอช	3.10^{c}	3.20^{b}	3.27^{c}	3.30^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.520^{a}	0.677^{a}	0.623^{a}	0.730^{a}
	จำนวนเซลล์	3.50 x 10^{6}	3.70 x 10^{6}	6.96 x10^{6}	3.80 x 10^{6}
12	บริกซ์ (%)	17.67^{b}	9.27^{a}	9.20^{a}	9.55^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	4.78^{b}	13.10^{a}	13.50^{a}	14.57^{a}
	พีเอช	3.27^{b}	3.20^{c}	3.30^{b}	3.40^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.497^{b}	0.750^{a}	0.720^{a}	0.780^{a}
	จำนวนเซลล์	2.60 x 10^{6}	4.24 x 10^{6}	4.40 x 10^{6}	1.07 x 10^{7}
15	บริกซ์ (%)	15.00^{b}	7.87^{a}	7.00^{a}	5.95^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	4.78^{b}	13.97^{a}	13.60^{a}	14.67^{a}
	พีเอช	3.20^{c}	3.33^{ab}	3.26^{bc}	3.40^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.590^{a}	0.807^{a}	0.757^{a}	0.780^{a}
	จำนวนเซลล์	1.08 x 10^{7}	4.70 x 10^{7}	3.80 x 10^{6}	4.10 x 10^{6}
18	บริกซ์ (%)	13.90^{b}	6.20^{a}	6.77^{a}	6.97^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	9.77^{c}	13.43^{b}	14.10^{a}	14.37^{a}
	พีเอช	3.33^{b}	3.37^{b}	3.40^{b}	3.57^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.650^{a}	0.786^{a}	0.783^{a}	0.753^{a}
	จำนวนเซลล์	5.20 x 10^{7}	2.29 x 10^{6}	2.36 x 10^{6}	4.44 x 10^{6}

การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนตามข้อมูลในตารางที่ 6 พบว่า ที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และค่าพีเอชในทุกทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าชุดควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) จำนวนเซลล์ยีสต์ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 10^{6} เซลล์/มิลลิลิตร ที่อายุการหมัก 6 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

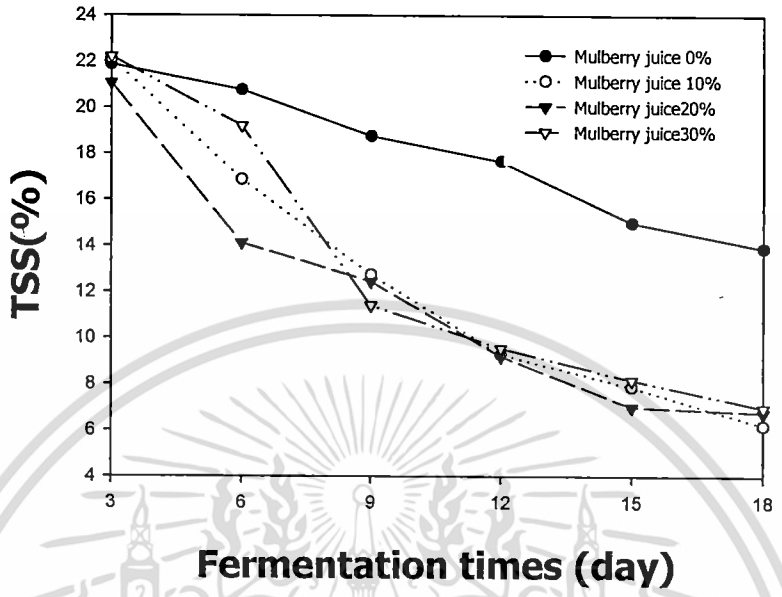
แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยเปอร์เซ็นต์บริกซ์มีค่าเท่ากับ 14.10 16.87 19.27 และ 20.77 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.33 8.24 5.33 และ 2.20 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 10 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกัน จำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นจากอายุการหมัก 3 วัน

ที่อายุการหมัก 9-12 วัน การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักมีลักษณะเดียวกับอายุการหมัก 6 วัน โดยในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 มีความแตกต่างจากชุดควบคุม โดยที่อายุการหมัก 12 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 9.20 9.27 9.55 และ 17.67 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 10 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับ 14.57 13.50 13.10 และ 4.78 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 20 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ปริมาณกรดทั้งหมดในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนเพิ่มขึ้นโดยค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างจากชุดควบคุม ($p<0.05$)

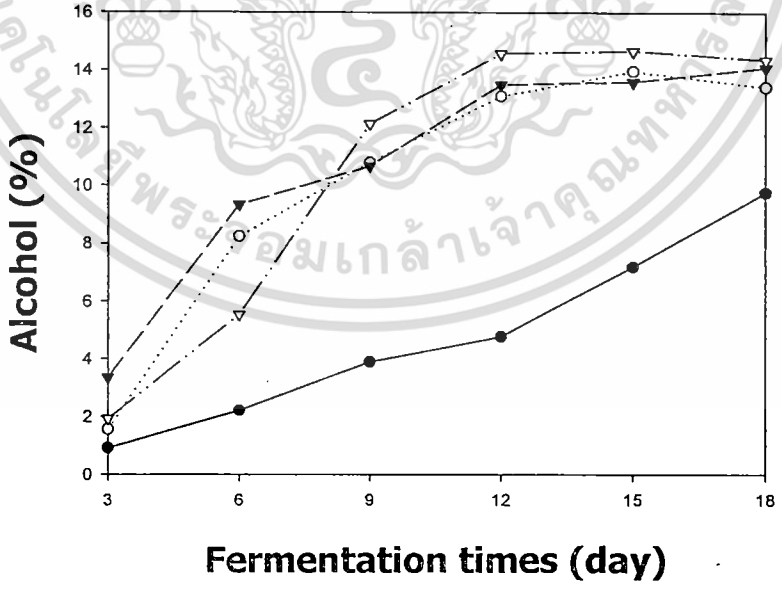
ที่อายุการหมัก 15 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด เท่ากับ 14.67 และ 13.97 และลดลงเป็น 14.37 และ 13.43 ที่อายุการหมัก 18 วัน ขณะที่การใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 เปอร์เซ็นต์ที่อายุการหมัก 18 วัน ให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงสุด 14.10 ส่วนเปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่อายุการหมัก 15 วัน เท่ากับ 5.95 7.00 7.87 และ 15.00 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 20 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณกรดทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนค่าพีเอชมีความแตกต่างกัน สุดท้ายที่อายุการหมัก 18 วัน ทั้งเปอร์เซ็นต์บริกซ์และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เปลี่ยนแปลงจากอายุการหมัก 15 วันเพียงเล็กน้อย ปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน ผลการหมักที่อายุ 3-18 วัน การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงตลอดระยะเวลาการหมักส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงในภาพที่ 9 และ 10 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดแสดงในภาพที่ 11 และ 12 ลักษณะสีของสาโทแต่ละทรีทเมนต์แสดงในภาพที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

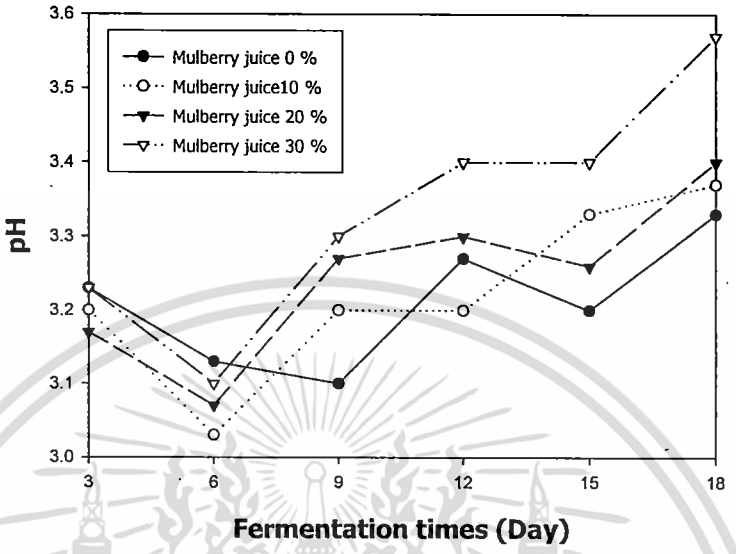


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

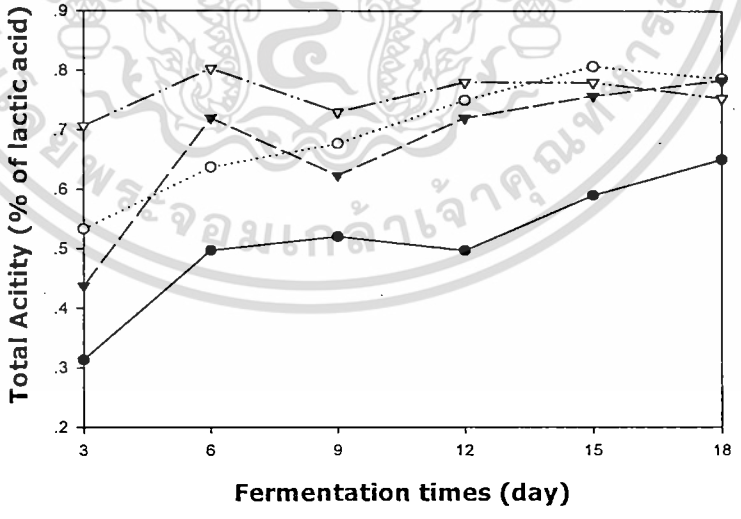


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

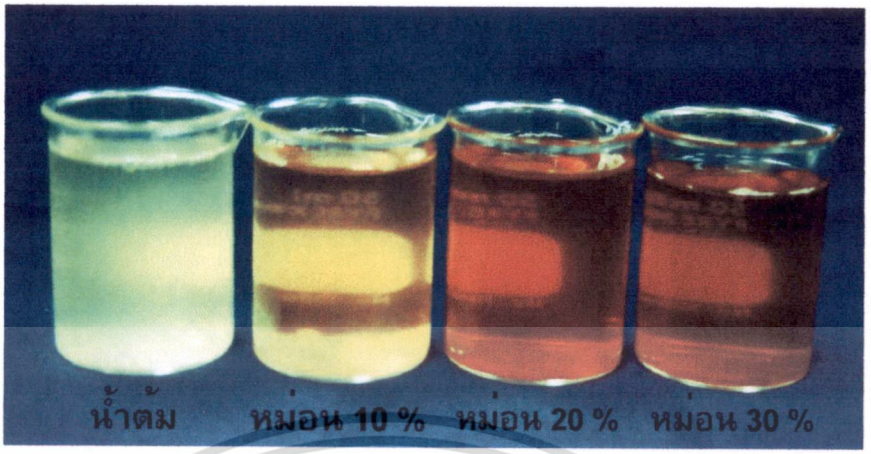


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 13 ลักษณะของสาโทหม่อนหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

จากผลการหมักจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชุดควบคุมในทุกช่วงเวลาของการวิเคราะห์ตัวอย่าง และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากกระบวนการหมักเอทานอลเกิดขึ้นได้เร็ว สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด ๆ ในน้ำสกัดจากผลหม่อน เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ (Dharmananda, 2004) ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญและการผลิตเอทธาของยีสต์ และลักษณะของสาโทที่ได้มีสีแดง ซึ่งเป็นสีที่เกิดจากองค์ประกอบของสารแอนโธไซยานินในผลหม่อน

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการหมักสาโทหม่อน ลักษณะของสาโทที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนมีสีต่างจากชุดควบคุม สาโทที่ได้มีแดงใส ความเข้มของสีแตกต่างกันตามความเข้มข้นของน้ำหม่อน (ภาพที่ 13) ซึ่งกระบวนการหมักเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชุดควบคุม ตลอดจนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้สูงกว่า ดังนั้นการหมักในครั้งต่อไปจึงทำการหมักที่ใช้เฉพาะน้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 2,500 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 15 วัน เมื่อครบอายุการหมักกรองแยกเอากากออก นำสาโทที่กรองได้มาพาสเจอร์ไรซ์ บรรจุขวด และนำไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยกลุ่มผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ลักษณะของสาโทหม่อนที่ได้แสดงในภาพที่ 14 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 ลักษณะสีของสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทหม่อน

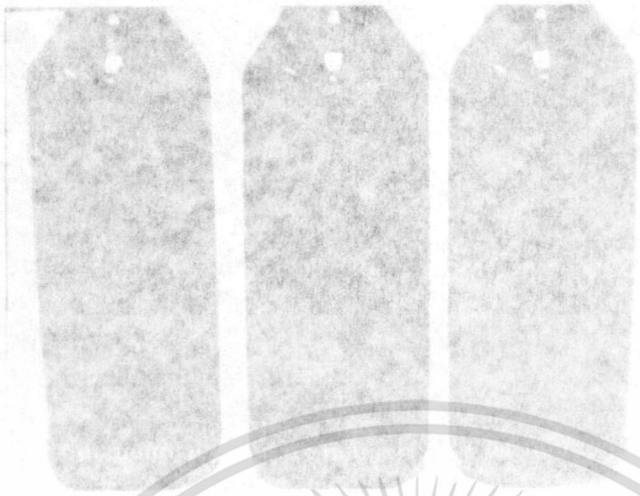
ตัวอย่างสาโทหม่อน	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 เปอร์เซ็นต์	6.22^{b}	6.60^{a}	6.97^{a}	6.84^{b}
น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 เปอร์เซ็นต์	7.03^{a}	6.76^{a}	7.22^{a}	7.14^{ab}
น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์	7.62^{a}	6.97^{a}	7.24^{a}	7.54^{a}

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทโดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test (ภาคผนวกที่) โดยทดสอบการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสีของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 รองมาให้การยอมรับสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.03 และ 6.22 ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของการยอมรับของสาโทหม่อนทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ สาโทที่ได้มีแดงเป็นประกาย และสีแดงมากขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อน

ส่วนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลิ่นและรสชาติของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด โดยมีค่าเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ 6.97 และ 7.24 ทั้งนี้เพราะสาโทที่ได้มีกลิ่นของผลหม่อน ซึ่งเป็นกลิ่นธรรมชาตินอกเหนือจากกลิ่นเฉพาะของสาโทที่เกิดจากการหมัก ตลอดจนมีรสชาติของน้ำหม่อนอยู่ด้วย ซึ่งรสชาติของน้ำหม่อนจะมีความหวานและมีความนุ่ม (Dharmananda, 2004) ทำให้สาโทที่ได้มีกลิ่นและรสาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนค่าเฉลี่ยของกลิ่นและรสชาติรองลงมาเป็นค่าเฉลี่ยนในสาโทที่ผลิตโดยน้ำสกัดจากผลหม่อน 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนเข้มข้นสูงขึ้น กลิ่นและรสชาติ ตลอดจนสีก็จะมีค่าเฉลี่ยของการยอมรับมากขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สุดท้ายการทดสอบในด้านความชอบผลการทดสอบเช่นเดียวกับสี กลิ่น และรสชาติ โดยผู้บริโภคให้การยอมรับสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด (7.54) รองมาให้การยอมรับสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 20 เปอร์เซ็นต์ (7.14) โดยที่ค่าการยอมรับของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 เปอร์เซ็นต์ (6.84) แตกต่างทางสถิติจากสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์

สำหรับข้อเสนอแนะของผู้บริโภคต่อสาโทหม่อน ส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าสีของสาโทมีสีแดงใน เป็นที่ดึงดูดใจ แต่ผู้บริโภคบางรายให้ความเห็นว่าสีแดงเกิดไป รสชาติของสาโทส่วนใหญ่มีความเห็นว่ารสชาติกลมกล่อม และรสฝาดเล็กน้อย มีกลิ่นหอมที่ไม่ใช่กลิ่นของแอลกอฮอล์เพียงอย่างเดียว แต่มีข้อเสนอแนะจากผู้บริโภคบางรายว่าสาโทที่ได้มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์แรงไปและมีกลิ่นค่อนข้างฉุน ควรจะมีรสหวานบ้าง ซึ่งส่วนนี้คงจะนำไว้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาต่อไป

การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง

การหมักสาโทมะเกี๋ยง

การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงวิธีการเช่นเดียวกับการหมักสาโดโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน ผลการศึกษามีรายละเอียดดังในตารางที่ 8

การหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงตามข้อมูลในตารางที่ 8 พบว่า ที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และค่าพีเอชในทุกทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าชุดควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ จำนวนเซลล์ยีสต์ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ที่อายุการหมัก 6 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงลดลงอย่างรวดเร็ว ขณะที่เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเปอร์เซ็นต์บริกซ์มีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เว้นแต่ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และจำนวนเซลล์ในการหมักสาโทมะเกี๋ยงที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)			
		0	10	20	30
3	บริกซ์ (%)	21.87^{a}	22.27^{a}	21.97^{a}	21.70^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	1.20^{a}	1.65^{a}	1.88^{a}	1.87^{a}
	พีเอช	3.37^{a}	3.08^{a}	2.97^{a}	3.08^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.313^{b}	0.897^{a}	0.870^{a}	0.813^{a}
	จำนวนเซลล์	3.05×10^{6}	1.09×10^{6}	1.10×10^{6}	3.00×10^{6}
6	บริกซ์ (%)	20.80^{b}	18.43^{ab}	15.57^{a}	14.47^{ab}
	แอลกอฮอล์ (%)	2.10^{b}	5.43^{ab}	8.37^{a}	7.27^{a}
	พีเอช	3.10^{a}	2.87^{c}	2.98^{b}	2.93^{bc}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.480^{b}	0.657^{ab}	0.720^{a}	0.829^{a}
	จำนวนเซลล์	3.40×10^{6}	1.80×10^{6}	1.90×10^{6}	5.10×10^{6}
9	บริกซ์ (%)	19.27^{b}	15.40^{a}	13.37^{a}	14.03^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	3.82^{b}	8.90^{a}	10.70^{a}	10.67^{a}
	พีเอช	3.10^{c}	3.10^{b}	3.15^{ab}	3.18^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.503^{b}	0.650^{ab}	0.735^{ab}	0.783^{a}
	จำนวนเซลล์	3.50×10^{6}	3.30×10^{6}	2.40×10^{6}	6.00×10^{6}
12	บริกซ์ (%)	17.67^{b}	13.07^{b}	11.50^{ab}	9.27^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	5.90^{b}	11.03^{a}	12.70^{a}	12.47^{a}
	พีเอช	3.24^{b}	3.13^{b}	3.16^{ab}	3.18^{ab}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.483^{b}	0.720^{a}	0.750^{a}	0.780^{a}
	จำนวนเซลล์	2.60×10^{6}	3.50×10^{6}	1.00×10^{7}	7.90×10^{6}
15	บริกซ์ (%)	14.67^{c}	9.93^{b}	8.00^{a}	7.90^{a}
	แอลกอฮอล์ (%)	7.40^{c}	12.20^{b}	12.82^{a}	14.27^{a}
	พีเอช	3.20^{c}	3.19^{ab}	3.17^{b}	3.27^{a}
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.590^{a}	0.743^{ab}	0.780^{a}	0.867^{a}
	จำนวนเซลล์	1.08×10^{7}	9.20×10^{5}	3.00×10^{6}	4.08×10^{6}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ)

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์	ความเข้มข้นของน้ำสกัดจากมะเกี๋ยง (เปอร์เซ็นต์)			
		0	10	20	30
18	บริกซ์ (%)	13.67[c]	8.33[b]	7.67[b]	5.77[a]
	แอลกอฮอล์ (%)	9.50[c]	12.73[b]	14.00[a]	14.25[a]
	พีเอช	3.36[b]	3.22[b]	3.35[a]	3.38[a]
	ค่าความเป็นกรด (%)	0.650[c]	0.777[b]	0.873[a]	0.907[a]
	จำนวนเซลล์	5.20×10^6	8.70×10^5	2.63×10^6	4.18×10^6

14.47 15.57 18.43 และ 20.80 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 7.27 8.37 5.43 2.10 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 10 20 และ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชมีความแตกต่างกัน ประมาณกรดทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงแตกต่างจากชุดควบคุม จำนวนเซลล์ยีสต์เพิ่มขึ้นจากอายุการหมัก 3 วัน

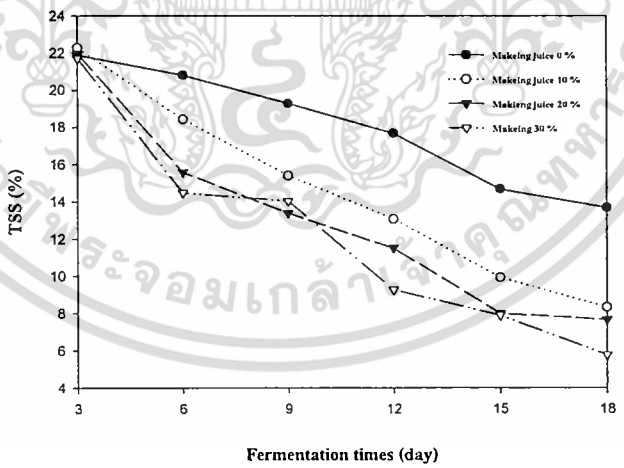
ที่อายุการหมัก 9-12 วัน การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักมีลักษณะเดียวกับอายุการหมัก 6 วัน โดยในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 มีความแตกต่างจากชุดควบคุม ที่อายุการหมัก 12 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 9.27 11.50 13.07 และ 17.67 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 30 20 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์มีค่าเท่ากับ 12.70 12.47 11.03 และ 5.90 ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 30 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ปริมาณกรดทั้งหมดในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างจากชุดควบคุม ($p<0.05$) จำนวนเซลล์ในทรีทเมนต์ที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงสูงกว่าชุดควบคุม

ที่อายุการหมัก 15 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทรีทเมนต์ที่ใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด เท่ากับ 14.27 และ 12.87 แตกต่างจากการหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชแตกต่าง ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

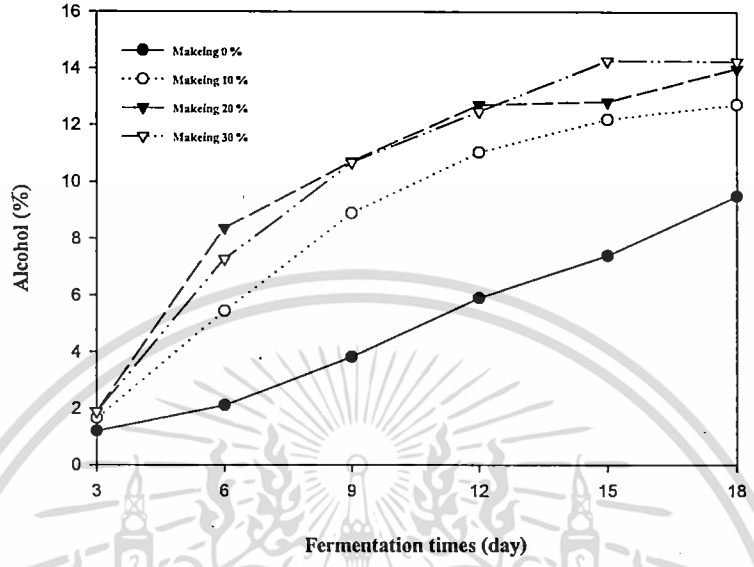
ที่อายุการหมัก 18 วัน การหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงสุด (14.00) ขณะที่การหมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ลดลงจากอายุการหมัก 15 วัน (14.25) เปอร์เซ็นต์บริกซ์มีค่าเท่ากับ 5.77 7.67 8.33 และ 13.67 ในทรีทเมนต์ที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 20 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าพีเอชและค่าความเป็นกรดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในทรีทเมนต์ที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจาก 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์

จากการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง ผลการหมักที่อายุ 3-18 วัน การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงตลอดระยะเวลาการหมักส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงในภาพที่ 15 และ 16 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดแสดงในภาพที่ 17 และ 18 ลักษณะสีของสาโทแต่ละทรีทเมนต์แสดงในภาพที่ 19 และ 20

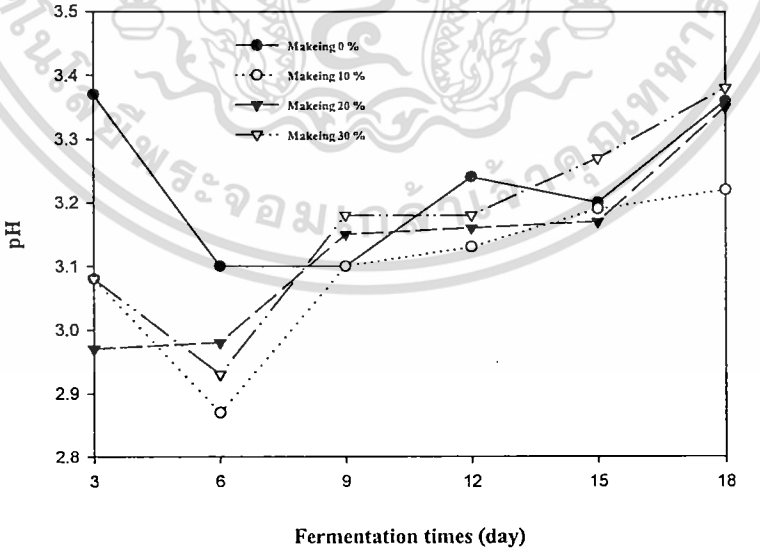


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

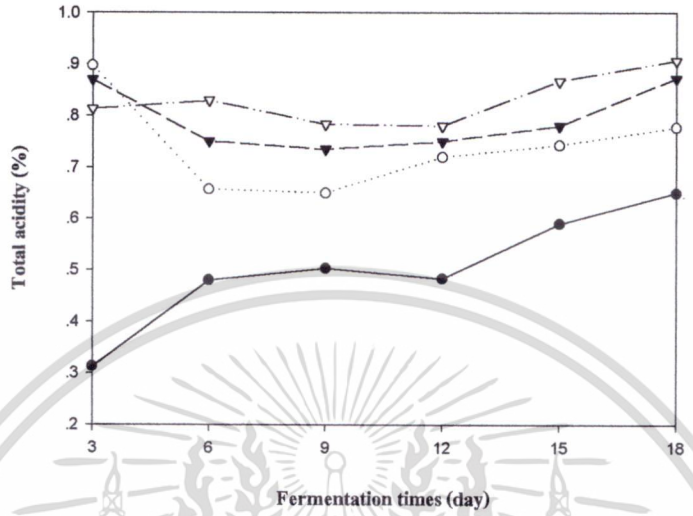


ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 3-18 วัน

ภาพที่ 19 ลักษณะของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงที่ระดับความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 20 ลักษณะของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

จากผลการหมักจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักสาโทโดยใช้น้ำสกัดจากผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชุดควบคุมในทุกช่วงเวลาของการวิเคราะห์ตัวอย่าง และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากกระบวนการหมักเอทานอลเกิดขึ้นได้เร็ว สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด ๆ ในน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง เช่น คาร์โบไฮเดรท กรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็น ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2545) ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญและการผลิตเอทธาของยีสต์ ลักษณะของสาโทที่ได้มีชมพู ซึ่งเป็นสีที่เกิดจากองค์ประกอบของสารแอนโธไซยานินในผลมะเกี๋ยง การเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการหมักจะเกิดการออกซิไดซ์ได้มากว่าการหมักสาโทหม่อน ดังนั้นลักษณะของสาโทที่ได้จึงให้สีชมพูจาง

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการหมักสาโทมะเกี๋ยง ลักษณะของสาโทที่ใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนมีสีต่างจากชุดควบคุม สาโทที่ได้มีสีชมพู ความเข้มของสีแตกต่างกันตามความเข้มข้นของน้ำมะเกี๋ยงหม่อน (ภาพที่ 19) ซึ่งกระบวนการหมักเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชุดควบคุม ตลอดจนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ได้สูงกว่า ดังนั้นการหมักครั้งต่อไปจึงเป็นการหมักที่ใช้เฉพาะน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ เพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 2,500 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 15 วัน เมื่อครบอายุการหมักกรองแยกเอากากออก นำสาโทที่กรองได้มาพาสเจอร์ไรซ์ บรรจุขวด และนำไปทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยกลุ่มผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ลักษณะของสาโทหม่อนที่ได้แสดงในภาพที่ 20 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทมะเกี๋ยง

ตัวอย่างสาโทมะเกี๋ยง	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 10 เปอร์เซ็นต์	6.75^{b}	6.47^{a}	6.06^{a}	6.03^{b}
น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์	6.84^{a}	6.94^{a}	6.75^{ab}	6.31^{ab}
น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์	7.09^{a}	6.19^{a}	6.94^{a}	6.88^{a}

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทโดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test โดยทดสอบการยอมรับในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสีของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.09 รองมาให้การยอมรับสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.84 และ 6.75 ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของการยอมรับของสาโทมะเกี๋ยง 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจาก สาโทมะเกี๋ยง 10 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของสาโทที่ได้มีสีชมพูเป็นประกาย และความเข้มของสีเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง

ส่วนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลิ่นสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.94 รองมามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.47 และ 6.19 ในสาโทมะเกี๋ยง 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะสาโทที่ได้มีกลิ่นของมะเกี๋ยงซึ่งเป็นกลิ่นของผลไม้พื้นบ้านที่ผู้บริโภคไม่คุ้นเคย ส่วนค่าเฉลี่ยด้านรสชาติของสาโทพบว่า สาโทมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (6.94) เพราะน้ำมะเกี๋ยงมีความนุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายการทดสอบในด้านความชอบ ค่าเฉลี่ยของการทดสอบเท่ากับ 6.88 6.31 และ 6.03 โดยให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับสี รสชาติ โดยที่ค่าการยอมรับของสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากสาโทที่ผลิตโดยใช้น้ำมะเกี๋ยง 10 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะในการทดสอบลักษณะของสาโทมะเกี๋ยงโดยกลุ่มผู้บริโภคพบว่า สาโทมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่ามีรสชาติดี แต่สีจางไปหน่อย ส่วนสาโทมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ รสชาติเข้มเกินไป เพราะมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ค่อนข้างสูง ส่วนสาโทมะเกี๋ยง 10 เปอร์เซ็นต์มีรสชาติค่อนข้างดี แต่มีสีจางไป รสชาติหรือเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่แรงเกินไปควรจะเพิ่มให้มีรสหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เติมลงในขั้นตอนการหมักสาโท และเก็บตัวอย่างวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดและตรวจวัดค่าพีเอช ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน จากนั้นเป็นการหมักสาโทโดยเพิ่มปริมาตรเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนต่อผลิตภัณฑ์สาโท ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงที่ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการหมักสาโทดีกว่าชุดควบคุมซึ่งเติมน้ำต้มเพียงอย่างเดียว โดยความเข้มข้นของน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงทั้ง 3 ระดับ กิจกรรมการหมักสาโทเกิดได้เร็วกว่าชุดควบคุม การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์จากลูกแป้งมีการใช้น้ำตาลในการสร้างแอลกอฮอล์ การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดในรูปของกรดแลคติกค่อนข้างคงที่อายุการหมัก 9-18 วัน ค่าพีเอชในระหว่างการหมักมีสภาพเป็นกรด จึงทำให้รสชาติของสาโทมีความเปรี้ยวเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงในชุดที่เติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงเกิดขึ้นได้เร็วกว่าชุดควบคุมเป็นเพราะน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงมีสารอาหารต่าง ๆ ที่ยีสต์นำไปใช้ในการเจริญและการสังเคราะห์แอลกอฮอล์ได้ ที่อายุการหมัก 15 วันในทรีทเมนต์ที่เติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงให้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ไม่แรงเกินไป ลักษณะสีของสาโททั้งสองชนิดเป็นสีแดง โดยน้ำสกัดจากผลหม่อนให้สีแดงเข้ม ส่วนน้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงให้สีชมพู

2. การเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมัก เมื่อตรวจนับจำนวนเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าจำนวนเซลล์ตลอดระยะเวลาการหมักเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย จำนวนเซลล์ที่อายุการหมัก 3 วัน ในทุกทรีทเมนต์เท่ากับ 10^6 เซลล์/มิลลิลิตร แต่ในทรีทเมนต์ที่เติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงมีจำนวนเซลล์เริ่มต้นน้อยกว่า เป็นเพราะว่าการเติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงทำให้ยีสต์มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ช้ากว่าชุดควบคุม หลังจากการหมักผ่านไป 3 วัน แนวโน้มการเพิ่มจำนวนเซลล์ยีสต์ในชุดที่เติมน้ำสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงเป็นไปอย่างรวดเร็วพร้อมกับการใช้น้ำตาลและการสร้างแอลกอฮอล์ เมื่อสิ้นอายุการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเซลล์ยีสต์ส่วนใหญ่ยังคงที่อยู่ที่ 10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ยกเว้นชุดควบคุมมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^7 เซลล์/มิลลิลิตร

3. การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโทหม่อนและสาโทมะเกี๋ยง โดยการหมักสาโทเพื่อทดสอบการยอมรับได้เพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 2,500 มิลลิลิตร หมักเป็นเวลา 15 วัน กรองเอาส่วนน้ำไปพาสเจอร์ไรซ์และบรรจุขวด ทดสอบการยอมรับโดยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ผลการทดสอบพบว่า สาโทที่หมักโดยเติมน้ำสกัดจากผลหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมสูงสุด เป็นเพราะว่าการใช้น้ำสกัดจากผลหม่อนความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้สีของสาโทเข้มขึ้น ตลอดจนมีกลิ่นและรสชาติของน้ำหม่อนอยู่ด้วย ความชอบโดยรวมจึงสูงสุด ส่วนสาโทที่หมักโดยใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยงค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านสี รสชาติ และความชอบรวมสูงสุดเมื่อใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของสาโทเป็นสีชมพู ส่วนค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านกลิ่นสูงสุดเมื่อใช้น้ำสกัดจากผลมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพราะว่าความเข้มข้นมากไปมีกลิ่นของมะเกี๋ยงเกิดขึ้น ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่คุ้นเคย

ข้อเสนอแนะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์สาโทหม่อนและสาโทมะเกี๋ยง ส่วนใหญ่แล้วผู้บริโภคพอใจกับผลิตภัณฑ์สาโทที่มีลักษณะเปลี่ยนไปจากการหมักแบบเดิม โดยสาโทหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ มีสีเป็นที่ดึงดูดใจ รสชาติกลมกล่อม มีรสฝาดเล็กน้อยซึ่งเป็นรสของน้ำสกัดจากผลหม่อน และมีกลิ่นของผลหม่อนผสมอยู่ด้วย แต่มีข้อเสนอแนะว่าผลิตภัณฑ์สาโทมีแอลกอฮอล์สูงเกินไป และมีกลิ่นฉุน ดังนั้นควรจะเพิ่มรสหวานเล็กน้อย ส่วนในสาโทมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นว่ามีรสชาติดี แต่สีจางไป แต่ถ้า 30 เปอร์เซ็นต์ รสชาติเข้มข้นเกินไป ซึ่งข้อเสนอแนะของผลิตภัณฑ์สาโททั้งสองชนิดผู้วิจัยคงจะได้นำไปปรับปรุงในการวิจัยครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2539. รายงานกิจกรรม ฉบับที่ 54 ปีงบระมาณ 2539. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ. 330 น.

กอ สะแกรัง. 2545. เหล้าพื้นบ้านภูมิปัญญาทำ "น้ำเมา" ไทย. **วารสารเกษตรธรรมชาติ.** ฉบับที่ 8 : 11-20

งามชื่น คงเสรี. 2531. **คุณภาพการหุงต้มข้าวรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.** สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

จริยา เดชากุญชร และดวงฤทัย ธำรงโชติ. 2546. **สาโท.** บริษัทสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 120 น.

นภา โล่ห์ทอง. 2537. **กล้าเชื้อหมักและเทคโนโลยีการผลิต.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 159 น.

ประดิษฐ์ ครุวัฒนา. 2543. **สาโทและสาเก.** เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากผลิตผลเกษตร. จัดโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4-6 กันยายน 2543 : 27 น.

ประดิษฐ์ ครุวัฒนา. 2545. **ไวน์.** ศาสตร์และศิลป์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ : 167 น.

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. 2538. **การควบคุมขบวนการหมักส่าขาวและข้าวแดง.** การสัมมนาการควบคุมการหมักและวิเคราะห์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์. กรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง กรุงเทพฯ : 88 น.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : **สาโท.** มผช. 3/2546

ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล. **กระบวนการผลิตสาโทและจุลชีววิทยาของสาโท.** [online]. Available : http://www.nfi.or.th/current-trade-issues/pdffile/distilled_report.pdf (15/5/47)

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง. 2544. **มะเกี๋ยง** พืชในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. 18 น.

สมุนไพรให้สี: [online] Available : http://wwwpharm.su-ac.th/thai/Organizations/DIS/Articles/herb006.asp (4/7/47)

สารสีในพืช [online] Available : http://se-ed.net/peerakitk/articles/pigment1.htm (10/4/47)

สีผสมอาหารจากธรรมชาติ ข้าวเหนียวดำ : [online] Available http://web.ku.ac.th/agri/color/b19.htm (18/5/47)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีผสมอาหารธรรมชาติ ดอกอัญชัญ [online]

Available : http://web.ku.ac.th/agri/color/b21.htm (12/8/47)

สีผสมอาหารธรรมชาติ [online] Available : http://mukdahan.doae.go.th/food2.htm (12/8/47)

สมชาย จอมทอง. 2539. ความเป็นไปได้ในการสกัดสีผสมอาหารจากผลมะเกี๋ยง. **รายงานการวิจัยการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากมะเกี๋ยง**.สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, กระทรวงศึกษาธิการ. น. 175-180.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analytical.** 17th ed. AOAC. International Gaithersburs. MD.

Bridle, P. and C. F. Timberlake. 1997. Anthocyanins as food colours : selected and aspects. **Food Chemistry.** 58 (1-2) : 103-109.

Brown, A. 2004. **Understanding Food : Principles and Preparation.** Thomson Learning, Singapore. pp. 314-314.

Chigurupati, N., L.Saiki, C. G. Jr and A. K. Dash. 2002. Evalution of red cabbage dry as a potential natural color for pharmaceuticle use. **Int. J. Pharmaceutics** (241) : 293-299.

Dharmananada, S. 2004. Fruit as medicine : Morus fruit (Mulberry) [online]. Available: http://www.itmonline.org.arts/morus.htm (8/27/04)

Doymaz, I. 2004. Pretreatment effect on drying of Mulberry fruit (*Morus alba* L.) J. of Food Engineering. 65 : 205-209.

Einbond, L. S., K. A. Reynertson, X.-D. Luo, M. J. Basile and E. J. Kennelly. 2004. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. **Food Chemistry.** (84) : 23-28.

Francis, F.J. 2000. Colorants. **Encyclopedia of food Science and Technology.** Vol.1 2nd ed. John Wiley&Son, Inc., New York.

Geoffery,C 1987. **Fermentation Foods of The World : A Dictionary and Guide.** University of Great Britian, Cambridge. pp. 184-185.

Ghiselli, A., M. Nardini, A. Baldi and C. Scaccini. 1998. Antioxidant activity of Different phenolic fractions separated from an Italian red wine. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 46 (2) : 361-367.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gould, K. S. and D. W. Lee. 2002. Anthocyanins and leaves. **The function of anthocyanin in vegetable organs.** Vol. 37 Advanced in botanical research. London : Academic Press.

Hans, G.S. 1993. **General microbiology** (7th ed.) Cambridge University. p.294.

Kong, J.-M., L.-S. Chia, N.-K. Goh, T.-F. Chia and R. Brouillard. 2003. Analysis and biologycals activity of anthocyanins. **Phytochemistry** (64) : 923-933.

Lee, D. W. and T. M. Collins. 2001. Phylogenetic and on tagenetic influence the distributuin of anthocyanin and betacyanins in leave of tropical plants. **Int. J. Plant Science** (162) : 1141-1153.

Lotong, N. 1998. Koji, **In Microbiology of Fermented Foods.** Vol. 2 (ed. B.J.B. Wood), Blackie Academic & Professional, New York. pp. 694.

Pazmino-Duran, E.A., M.M. Giusti, R.E. Wrolstad and M. B. A. Gloria. 2001. Anthocyanin from babana bracts *(Musa* X *paradidiaca)* as potential food colorants. **Food Chemistry.** (73) : 327-332.

Stintzing, F.C. and R. Carle. 2004. Functional properties of anthocyanins and betalain in plants, food and human nutrition. **Trends in Food Science & Technology.** (15) : 19-38.

Tsai, P.J., J. McIntosh, P.Pearce, B. Camden and B. J. Jordan. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. **Food Research International** (35) : 351-356.

Warren, J. and S. Mackenize. 2001. Why are all colour combination equally represents as flower colour polymorphism? **New Phylogenist.** (151) : 237-241.

Zhang, Z., P. Xuequn, C. Yang. Z. Ji and Y. Jiang. 2004. Purification and structural analysis of anthocyanin from litchi pericarp. **Food Chemistry.** (84) : 601-604.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณเพื่อปรับระดับความหวาน

ตัวอย่างการคำนวณ

ขั้นตอนของการทำ saccharification นำน้ำต้อยที่ได้จากการย่อยแป้งมาวิเคราะห์

เมื่อวัดความหวานได้เท่ากับ 40 องศาบริกซ์ จากปริมาตรทั้งหมด 50 มิลลิลิตร

ต้องการเติมน้ำสกัดจากผลหม่อนในการหมักสาโทเท่ากับ 200 มิลลิลิตร

ดังนั้นปริมาตรรวมของการหมักสาโท เท่ากับ 50 +200 = 250 มิลลิลิตร

และมีความหวานเท่ากับ (40 x 50) / 250 = 8 องศาบริกซ์

ในการหมักต้องการความหวานเริ่มต้นเท่ากับ 20 องศาบริกซ์

ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำตาลทรายเท่ากับ 20 - 8 = 12 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมน้ำเพิ่มเติมในการหมักสาโทต้องเติมน้ำตาลทรายเท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่อง DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER

การหาจุดเดือดของน้ำ

1. เตรียมตะเกียงแอลกอฮอล์ให้เรียบร้อย
2. ล้าง boiler ให้ทั่วแล้วเทน้ำออกผ่านทางท่อ A
3. ใช้กระบอกแก้วตวงน้ำให้ถึงขีด (EAU) น้ำ กรอกน้ำใส่ช่อง A แล้วใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าไป
4. จุดตะเกียงวางไว้ที่กระบอก B หลังจากนั้นระดับของปรอทในเทอร์โมมิเตอร์จะสูงและมีไอน้ำระเหยออกมาจากส่วนบนของเครื่องมือ เมื่อระดับปรอทหยุดนิ่งแล้วให้อ่านค่า สมมุติว่าอ่านค่าได้ 100.1 องศาเซลเซียส ให้หมุนแผ่นวงกลมชั้นบนที่มีอุณหภูมิ 100.1 องศาเซลเซียสไปที่ศูนย์ดีกรีของแผ่นล่าง ซึ่งเครื่องมือก็พร้อมที่จะวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าอากาศไม่แปรปรวนมากก็ไม่จำเป็นต้องหาจุดเดือดหลายครั้ง

การวิเคราะห์ตัวอย่างสาโท

1.เปิดก๊อก F ให้น้ำออกให้หมด ใช้สาโทที่จะทดสอบล้างกลั้ว Boiler แล้วเทออกให้หมด เป่าลมเข้าทางช่อง C เพื่อไล่ไอน้ำที่ตกค้าง

2. เติมสาโทที่จะทดสอบใน Boiler ช่อง A โดยตวงด้วยกระบอกตวงที่ขีดบอกระดับ wine ใส่เทอร์โมมิเตอร์ แล้วเติมน้ำในกระบอก Dc หลังจากนั้นจุดตะเกียง ไม่ช้าอุณหภูมิก็จะสูงขึ้น รอจนอุณหภูมิคงที่อ่านค่า

สมมุติว่าอ่านค่าได้ 90.7 องศาเซลเซียส นำค่าที่ได้ไปเทียบกับแผ่นวงกลมตรงจุด ณ อุณหภูมิ 90.7 องศาเซลเซียส ซึ่งจะตรงกับด้านล่างระดับแอลกอฮอล์เท่ากับ 13.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมากรดโดยการไทเทรต (AOAC, 2000)

การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์และน้ำกลั่นปริมาณเท่า ๆ กัน ละลายให้เข้ากันและใส่ขวดพลาสติกตั้งทิ้งไว้ 3-4 วัน เพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอน ใช้สารละลายส่วนใสมาเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยดูดสารละลายมา 8.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายโปตัสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (potassium htdrogen phthalate) เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยใช้สมการ

$$\text{Molarity (mol/l)} = \text{g}KHC_8H_4O_4 \times 1000/\text{mL NaOH} \times 204.229$$

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในตัวอย่างสาโท

ดูดตัวอย่างสาโท 10 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอฟธาลีน 1-2 หยด นำไปไทรเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีชมพู คำนวณปริมาณกรดแลคติกตามสมการ

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก} = \frac{(N \times V_1 \times 90.08 \times 100)}{1{,}000 \times V_2}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

V_2 = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวปิ่นมณี ขวัญเมือง

ตำแหน่งปัจจุบัน

1. อาจารย์ระดับ 7
2. กรรมการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
3. กรรมการบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 0-2737-3000 ต่อ 3699

โทรสาร 0-2326-4324

E-mail kkamnuay@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปี พ.ศ.	ระดับการศึกษา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถานศึกษา/ประเทศ
2546	ปริญาญาเอก	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
2538	ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	พฤกษศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย
2534	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตพืช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยที่สนใจ

1. เทคโนโลยีชีวภาพด้านเทคโนโลยีการหมัก
2. การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
3. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
4. การใช้ประโยชน์จากฟังค์ชันนัลฟูดส์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่

ปิ่นมณี ขวัญเมือง และวิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2546. การจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากตัวอย่างแหนมของประเทศไทย. **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่** 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร หน้า 108-117.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. ผลของอุณหภูมิต่อการหมักแหนมด้วยกล้าเชื้อ. **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่** 42 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาอุตสหกรรมเกษตร หน้า 339-346.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง .2546. คุณสมบัติของธัญชาติในการเป็น functional foods และ functional ingredients. **วารสารจาร์พา** ปีที 10 ฉบับที่ 75 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) น. 56-60.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง .2547. คุณสมบัติของเส้นใยอาหารในการเป็น functional foods . **วารสารจาร์พา** ปีที 10 ฉบับที่ 76 (มกราคม-กุมภาพันธ์) น. 50-54.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. น้ำมันพืช คุณสมบัติการเป็น functional foods. **วารสารจาร์พา**. ปีที่ 10. ฉบับที่ 77 (พฤษภาคม-มิถุนายน) น. 34-38.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. ไฟโทเคมิคัล : คุณสมบัติในการเป็น functional foods (ตอน 1) **วารสารจาร์พา** ปีที 11 ฉบับที่ 81 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) น. 44-48.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. ไฟโทเคมิคัล : คุณสมบัติในการเป็น functional foods (ตอน 2) **วารสารจาร์พา** ปีที 12 ฉบับที่ 81 (พฤษภาคม-มิถุนายน) น. 56-59.

Punnapayak, H., A. Kwanmuang and M. Kuhiran. 1996. Biomass conversion of agricultural crop residues. Aninal and Plant Technology. **Proceeding of siminar held at Sichuan Agricultural University**. Technical Exchange of Chulalongkorn University. pp.177-182.

Pinmanee Kwanmuang. 2005. Sato fermentation with white mulberry juice extracts. RJ00iA, Transaction on Agriculture – Spring 2005. Vol. 5 (1) : 13-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้