สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สีธรรมชาติ

Development of Sato Fermentation with Natural Colorant

โดย

นายจตุรพิธ	พลศิลป์
นายวิทวัฒน์	สาบุญมา
นายสมัคร	ศรีสมศักดิ์
นางสาวหทัยรัตน์	แก้วเจิม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสาตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2547

สพ.
ว 139 ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58861
วัน,เดือน,ปี 10 ก.พ. 2549

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b 11004939
i.....

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2547

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สีธรรมชาติ

Development of Sato Fermentation with Natural Colorant

ชื่อ – สกุล นายจตุรพิธ พลศิลป์

นายวิทวัฒน์ สาบุญมา

นายสมัคร ศรีสมศักดิ์

นางสาวหทัยรัตน์ แก้วเจิม

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

บทคัดย่อ

การทดลองการพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สีธรรมชาติจากผลหม่อน ผลมะเกี๋ยง และดอกคำฝอย เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ พีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ตลอดจนศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโท การทดลองเริ่มต้นด้วยการทำ saccharification โดยใช้ข้าวเหนียวนึ่งสุก ล้างให้หมดเมือก ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ คลุกด้วยลูกแป้งสาโท 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ปล่อยให้เกิดการย่อยข้าวนาน 3 วัน ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วปรับให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 เปอร์เซ็นต์และปล่อยให้เกิดการหมักและเก็บตัวอย่างวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักพบว่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงตามระยะเวลาการหมัก โดยที่เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่วนค่าพีเอชอยู่ในช่วง 2.88–3.55 โดยสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.71 1.48 1.83 และ 1.60 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 12.85 13.90 และ 14.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาโทมะเกี๋ยง เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 0.71 1.38 2.78 และ 1.78 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 13.65 14.15 และ 14.73 ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสาโทดอกคำฝอยที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.50 3.40 3.80 และ 3.90 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 8.00 12.45 13.90 และ 13.95 ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำดอกคำฝอย 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นทำการหมักเพื่อเพิ่มปริมาตรของน้ำหมัก ในทุกชุดของการหมักสาโท ทุกขั้นตอนปฏิบัติเหมือนกันกับชุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยเพิ่มปริมาณของข้าวเหนียว เป็น 1,000 กรัม คลุกด้วยลูกแป้งสาโท 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ปล่อยให้เกิดการหมักนาน 18 วัน แล้วนำมาทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าสาโทหม่อน ที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี กลิ่น รสชาติและความชอบรวม สาโทมะเกี๋ยง ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของกลิ่น ส่วนความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี รสชาติและความชอบรวม และสุดท้ายสาโทดอกคำฝอย ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี กลิ่น รสชาติและความชอบรวม จะเห็นได้ว่าสาโทที่ใช้สีสกัดจากผลหม่อน ผลมะเกี๋ยง และดอกคำฝอยที่ได้รับการยอมรับทางสถิติสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 30 30 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากการศึกษาการพัฒนาการหมักสาโทโดยใช้สีธรรมชาติมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไปคือ ควรใช้ลูกแป้งสำหรับผลิตสาโทโดยตรง ควรเป็นลูกแป้งที่ใหม่ และไม่ควรใช้ลูกแป้งในปริมาณที่มากเกินไป ข้าวเหนียวที่ใช้ควรเลือกใช้พันธุ์ที่มีคุณภาพ การนึ่งข้าวเหนียวไปควรนึ่งนานเกินไป และไม่ควรล้างข้าวเหนียวในขณะที่ข้าวยังร้อน ส่วนในการคลุกลูกแป้งกับข้าวเหนียวไม่ควรคลุกในขณะที่ข้าวเหนียวยังไม่สะเด็ดน้ำ น้ำและภาชนะที่ใช้บรรจุควรสะอาด ควรรักษาความสะอาดในทุกขั้นตอนการผลิต ในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ควรเก็บมาเป็นชุด ๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และควรเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม และเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทต่อไปควรนำสีธรรมชาติจากพืชชนิดต่าง ๆ มาใช้หมัก ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบทางการเกษตรและพัฒนาการหมักสาโทควบคู่กันไปสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษ นี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำเพื่อมาแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดี ตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้รับการอำนวยความสะดวกต่างๆ จากเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร รวมทั้งความช่วยเหลือจากเพื่อน ๆ ในการทำการทำลอง ซึ่งทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น และที่ขาดไม่ได้คือผู้ทดสอบชิมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ณ โอกาสนี้

ความดีและประโยชน์จากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ และกำลังใจตลอดมา รวมทั้งอาจารย์ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญภาพ.....ซ
บทที่
1 บทนำ
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2.1 สาโท.....4
2.2 กรรมวิธีการผลิต.....5
2.3 วัตถุดิบในการผลิตสาโท.....7
2.4 อุปกรณ์ในการผลิตสาโท.....19
2.5 เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง.....21
2.6 สมุนไพร.....32
3 อุปกรณ์และวิธีการ
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....49
3.2 วิธีการ.....50
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....52
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล
4.1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักสาโท.....53
4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อสาโท.....66
5 สรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง.....71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....72
บรรณานุกรม.....73
ภาคผนวก.....76
ภาคผนวก ก.....77
ภาคผนวก ข.....79
ภาคผนวก ค.....80
ภาคผนวก ง.....81
ภาคผนวก จ.....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 การแบ่งประเภทข้าวตามอะไมโลส.....10
2 ตำรับลูกแป้งข้าวหมาก.....13
3 ตำรับลูกแป้งสุรา.....14
4 เชื้อราในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ.....25
5 ยีสต์ในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ.....26
6 ค่าเฉลี่ยในองค์ประกอบพื้นฐานในมะเกี๋ยง.....43
7 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง.....43
8 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนไม่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง.....44
9 ค่าเฉลี่ยของแร่ธาตุและโลหะหนักในผลมะเกี๋ยง.....44
10 ค่าเฉลี่ยของวิตามินในผลมะเกี๋ยง.....45
11 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของลูกหม่อน.....47
12 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน.....54
13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน.....58
14 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน.....62
15 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกหม่อน.....67
16 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกมะเกี๋ยง.....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

17 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากดอกคำฝอย.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 แผนภูมิแสดงการหมักกระแช่หรือน้ำขาว.....6
2 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว.....9
3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตลูกแป้ง.....17
4 แสดงลักษณะของดอกคำฝอย.....38
5 แสดงลักษณะของดอกคำฝอยแห้งและน้ำสีที่สกัดได้.....38
6 แสดงลักษณะของผลมะเกี๋ยง.....41
7 แสดงลักษณะผลหม่อน.....46
8 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....55
9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....55
10 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....56
11 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....56
12 สาโทหม่อนที่มีความเข้มเข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....57
13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....59
14 การเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....59
15 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....60
16 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมัก สาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

17 สาโทมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....61
18 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ในระหว่างการหมักสาโท
ดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....63
19 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมัก
สาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....63
20 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย
ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....64
21 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมัก
สาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3-18 วัน.....64
22 สาโทดอกคำฝอยที่ความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....65
23 สาโทหม่อนที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....66
24 สาโทมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....68
25 สาโทดอกคำฝอยที่ความเข้มข้น 15 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ.....69
26 แสดงเครื่อง DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER.....78
27 แผ่นสากลเทียบเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของเครื่อง
DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER.....78
28 วิธีการตรวจนับเซลล์ยีสต์ด้วย Petreoff – Hausser counting chamber.....80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

สาโทเป็นเครื่องดื่มที่จัดอยู่ในประเภทสุราแช่ตามพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่ยังไม่ได้กลั่น และมีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี กรรมวิธีการหมักสาโทต้องนำข้าวเหนียวมาแช่น้ำให้นิ่ม จากนั้นนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดให้หมดเมือก ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จึงนำมาคลุกกับหัวเชื้อหรือลูกแป้งบ่มไว้ 1-3 วัน จนได้น้ำต้อยออกมา ปรับความเข้มข้นของเปอร์เซ็นต์บริกซ์โดยเติมน้ำลงไปหรือเรียกว่า "ผ่าน้ำ" หมักต่ออีก 7-14 วัน นำมากรองด้วยผ้าขาวบางทิ้งให้ตกตะกอนแล้วจึงนำมาบรรจุ (ประดิษฐ์ ครุวัฒนา, 2543 : 9)

สาโทจัดเป็นสุราพื้นเมืองซึ่งได้จากการหมักข้าวซึ่งอาศัยหลักการที่สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโดยกิจกรรมของเอนไซม์จากเชื้อราและในที่สุดเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์โดยกิจกรรมของยีสต์ กิจกรรมทั้งสองขั้นตอนอาศัยลูกแป้งหรือหัวเชื้อซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์เป็นเชื้อผสมระหว่าง *Saccharomyces cerevisiae* 281 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แยกจากลูกแป้งและคัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการหมักแอลกอฮอล์กับเชื้อราสายพันธุ์ต่าง ๆ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizopus oryzea* MB 39, *Aspergilus niger* H5, *Amylomyces rouxii* AH3 และ *Endomycopsis fibugera* ER 10 ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 4 สายพันธุ์ มาจากลูกแป้ง และได้นำมาทดสอบการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแล้วเช่นกัน โดยใช้ตำรับการผลิตลูกแป้งที่ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้า 400 กรัม ขิง ข่า ชะเอม กระเทียม และพริกไทยอย่างละ 6 กรัม และดีปลี 2 กรัม ผลปรากฏว่าลูกแป้งที่ได้มีลักษณะของเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่าที่มีขายตามท้องตลาด แต่ผลจากการวิเคราะห์แอลกอฮอล์ที่หมักได้ จะใกล้เคียงกับลูกแป้งจากแหล่งผลิตบางแหล่งแต่จะต่ำกว่าลูกแป้งบางท้องถิ่น คู่ผสมเชื้อที่ได้ผลดีได้แก่ การผสมระหว่าง *S. cerevisiae* 281 กับ *R. oryzae* MB 39 *S. cerevisiae* 281 กับ *A. niger* H5 (พิไลพรรณ พงษ์บูล, 2523 : 35)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำเหล้าไวน์หรือเมรัยนั้นนิยมเติมยีสต์พันธุ์เฉพาะลงไปมากกว่าที่จะใช้ยีสต์จากธรรมชาติและจะทำลายยีสต์และจุลินทรีย์อื่น ๆ ด้วย เพื่อรสชาติจะได้เป็นไปตามต้องการ ในการทำข้าวหมาก แป้งสตาร์ชในข้าวเหนียวจะถูกเปลี่ยนเป็นมอลโทส ในที่สุดเป็นกลูโคส แล้วน้ำตาลตัวนี้ก็จะถูกเปลี่ยนด้วยเอนไซม์จากยีสต์ในลูกแป้งข้าวหมากให้เป็นแอลกอฮอล์ ถ้าเราปิดฝาทิ้งไว้ต่อไปอีกแอลกอฮอล์จะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำส้มด้วยแบคทีเรียชนิดที่สร้างกรดน้ำส้มที่มีอยู่ทั่วไปในอากาศหรืออาจไม่เปลี่ยนเป็นน้ำส้มถ้าเชื้อรามากและลงไปเจริญเติบโตในนั้น จนเชื้อแบคทีเรียไม่สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดได้ (กำเนิด สุภัณวงษ์, 2540 : 215) ซึ่งสาโทจะที่มีข้อเปรียบเทียบเหนือไวน์หลายประการ และเป็นสินค้าที่มีอนาคตไกลอีกชนิดหนึ่งที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่ากับการลงทุน เนื่องจากไม่ต้องมีการลงทุนสูง

ปัจจุบันคนไทยให้ความสำคัญกับสุขภาพกันมากขึ้นและหันมาบริโภคอาหารที่ปลอดสารพิษ และพืชผักสมุนไพรกันมากขึ้น โดยพืชสมุนไพรจะมีสรรพคุณทางยา สี กลิ่นและรสชาติที่เฉพาะตัวของสมุนไพรชนิดนั้น ๆ สมุนไพรที่มีคุณสมบัติให้สีธรรมชาติมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่น ดอกกระเจี๊ยบจะให้สีแดงเนื่องจากมีสารสีที่ เรียกว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ดอกคำฝอยประกอบด้วยสารสีแดงที่เรียกว่า คาร์ทามินและสารสีเหลืองที่เรียกว่า แซฟฟลาวเวอร์เยลโลดอกอัญชันมีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่ให้สีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นสารสีที่ละลายน้ำได้ เป็นต้น (วันดี กฤษณพันธ์, 2537 : 51-57)

ดังนั้นจึงมีการนำสมุนไพรประเภทดอกมาใช้เป็นสีปรุงแต่งอาหารตามธรรมชาติมากมาย และแนวทางการใช้ประโยชน์ที่น่าสนใจประการหนึ่งคือ การพัฒนาสีของสาโทจากสีธรรมชาติของสาโทที่มีสีขาวขุ่นหรือสีตามข้าวที่นำมาใช้ผลิต ซึ่งเป็นสีที่ไม่เป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภคมาเป็นสีธรรมชาติจากสมุนไพรประเภทดอก โดยการสกัดเอารงควัตถุหรือสารสีที่มีอยู่ในสมุนไพร เช่น การต้มให้เป็นน้ำสมุนไพร เช่น น้ำดอกเก๊กฮวย น้ำดอกคำฝอย และน้ำดอกอัญชัน แล้วนำมาเติมแทนน้ำในขั้นตอนการผ่าน้ำ เพื่อให้ได้สาโทที่มีรสชาติ สี และกลิ่นที่ดีและยังปลอดภัยกว่าการใช้สีสังเคราะห์ในการผสมอาหารด้วย ซึ่งจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพของตนเองมากขึ้นในเรื่องการเลือกรับประทานอาหาร (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2524 : 42)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำมะเกี๋ยง น้ำหม่อน และน้ำดอกคำฝอยที่เหมาะต่อการหมักสาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และแอลกอฮอล์ ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน ในระหว่างการหมักสาโท

3. เพื่อศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโท โดยกลุ่มผู้ชิมซึ่งไม่ผ่านการฝึกฝน

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ใช้สีธรรมชาติจากน้ำดอกคำฝอย น้ำหม่อน และน้ำมะเกี๋ยงมาศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการหมักสาโท โดยวิเคราะห์ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และแอลกอฮอล์ ระหว่างอายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

2. ผลิตสาโทและทดสอบการยอมรับทางประสาทของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์สาโทใหม่ที่มีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรและเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปอีกทางหนึ่ง

2. นำวิธีการทดลองไปประยุกต์ใช้กับงานทดลองอื่น การทำสาโทรสผลไม้รวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาโท

สาโท มีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น เหล้าโท กระแช่ น้ำขาว น้ำแดงหรือเหล้าขาว เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์พื้นบ้านดั้งเดิม (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 : 18) มีอยู่ในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลาง จัดอยู่ในประเภทสุราแช่ เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่ยังไม่ได้กลั่น และมีแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี สาโททำมาจากข้าวเหนียว โดยการหมักข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้วกับลูกแป้งเหล้า ซึ่งลูกแป้งที่ใช้ทำสาโทจะมีส่วนผสมของเชื้อราและยีสต์ หลังจากหมักประมาณ 3 วันจะได้กล้าเชื้อที่เรียกว่า โคจิ (koji) เมื่อเติมน้ำสะอาดจะหมักต่ออีกประมาณ 7 วัน แล้วจึงนำมาเติมน้ำตาลหมักต่ออีกประมาณ 10-15 วัน กรองเอาสาโทมาทำการพลาสเจอร์ไรส์ เพื่อยับยั้งกระบวนการหมัก บรรจุใส่ขวดสะอาด จะได้สาโทแบบไทยๆ ที่มีรสชาติหวานหอม มีแอลกอฮอล์ประมาณ 12-15 ดีกรี และมีอายุการเก็บประมาณ 1 เดือน (จริยา เดชกุญชร และ ดวงหทัย ธำรงโชติ, 2546 : 1)

การผลิตสาโทเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวไทยที่มีมาช้านาน ด้วยความที่สาโทเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ทำง่าย ดื่มง่าย ขายคล่อง ราคาถูก ไม่ต้องเสียเวลาหาซื้อน้ำแข็งและโซดามาผสม อีกทั้งยังมีรสชาติถูกปากคนชาวบ้านท้องถิ่น (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 : 26-33) ลักษณะเฉพาะของสาโทเป็นของเหลวสีขาวขุ่นหรือตามข้าวที่นำมาหมัก รสหวานและมีรสซ่าส์เล็กน้อย เนื่องจากมีฟองก๊าซเกิดขึ้นในระหว่างการหมักต่อเนื่อง มีกลิ่นหอมเฟื่อนเล็กน้อย ถ้าหมักจากข้าวเหนียวดำจะมีสีดำ รสชาติอร่อย ในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนืออาจมีการใช้ข้าวจ้าวในการผลิตสาโท แต่ไม่ค่อยจะเป็นที่นิยม รสชาติของสาโทที่ดีขึ้นอยู่กับความเหนียวของข้าวยิ่งข้าวมีความเหนียวมากเท่าใด ก็ยิ่งทำสาโทออกมามีรสชาติอร่อยนุ่มนวลหากมีความหอมของข้าวด้วยถือว่าสุดยอด โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวพื้นบ้าน ได้แก่ หอมนางนวล แม่ผึ้ง เป็นต้น (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 : 7)

การหมักสาโทหรือวิธีการผลิตยังใช้ได้กับวิธีการแบบดั้งเดิมคือ ใช้ลูกแป้งทำให้ข้าวเกิดการหมักจนผลสุดท้ายเปลี่ยนสภาพไปเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เพราะในลูกแป้งมีเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายชนิดอยู่ในสภาพของเซลล์ที่พักตัวและสปอร์ ซึ่งเมื่อเซลล์และสปอร์เหล่านี้เจริญขึ้นในสภาวะที่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดการหมัก แต่มักมีปัญหาเกิดขึ้นโดยเฉพาะเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ไม่แน่นอน มีกลิ่นรสไม่ชวนดื่ม (ปราโมทย์ ธรรมรัตน์, 2538 : 38) น้ำสาโทมีความแตกต่างจากไวน์ผลไม้ทั่วไป เนื่องจากมีเศษตะกอนข้าว และเศษยีสต์ปะปนจนทำให้สาโทมีลักษณะขาวขุ่น และเนื่องจากการผ่านน้ำ แต่น้ำตาลทำให้สาโทมีรสหวานมีปริมาณน้ำตาลมากซึ่งจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้สาโทมีโอกาสเกิดการหมักครั้งที่สองในขวดบรรจุ ทำให้เกิดการระเบิด แต่การผลิตสาโทในระดับอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงการคลัง ผลิตภัณฑ์สาโทต้องบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ไม่สามารถให้มีการหมักอยู่ในขวดได้ ดังนั้นจึงต้องทำให้น้ำสาโท มีความคงตัว ไม่มีตะกอน ไม่มียีสต์และจุลินทรีย์อื่นเหลืออยู่ โดยการบ่ม การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2545 : 7)

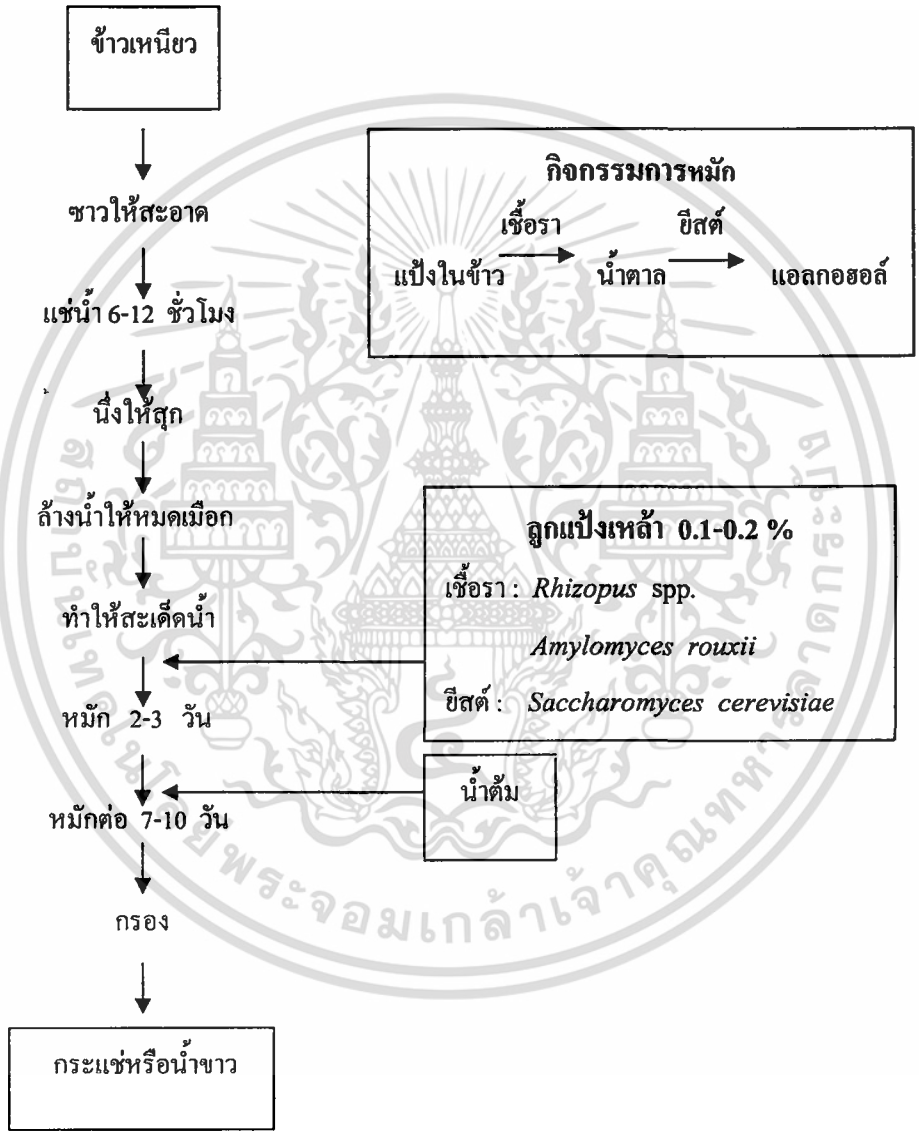
2.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไปสัดส่วนของข้าวเหนียวกับลูกแป้งขึ้นอยู่กับลูกแป้งแต่ละสูตรว่าจะใช้ในปริมาณเท่าใด ส่วนวิธีการหมักคล้าย ๆ กัน ซึ่งส่วนใหญ่จำนวนลูกแป้งที่ใช้ต่อปริมาณข้าวเหนียว 1 กิโลกรัม (1,000 กรัม) ใช้ลูกแป้งหนักประมาณ 2-3 ลูก ลูกใหญ่จะใช้ประมาณ ½ -1 ลูกเมื่อหมักได้ที่แล้ว และนำออกมาจากภาชนะบรรจุตามปกติจะเก็บได้ประมาณ 2-3 วัน สาโทรสชาติจะเปลี่ยนไป มีรสชาติเปรี้ยวขึ้น ในภาคเหนือและภาคอีสาน ถ้าดื่มไม่หมดจะนำไปต้มเป็นเหล้ากลั่นแต่ในภาคกลางจะนิยมถ่วงน้ำตาลเพื่อให้กินได้นานขึ้น โดยใช้น้ำตาลละลายน้ำให้มีรสหวานเล็กน้อย แล้วนำมาเทลงในสาโทปิดฝาทิ้งไว้ให้เกิดการหมักประมาณ 3 วัน จะได้น้ำสาโทที่นำมาดื่มได้ใหม่ เรียกว่า การถ่วงน้ำตาลครั้งที่ 1 และสามารถทำลักษณะนี้ได้ประมาณ 3-4 ครั้ง แต่ปัจจุบันมีวิธีการทำให้สาโทเก็บไว้ได้นานขึ้น ที่เรียกว่า การน็อกเชื้อ โดยการนำน้ำสาโทไปผ่านน้ำเย็นอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส จะทำให้ยีสต์เกิดการตกตะกอน แล้วนำน้ำสาโทไปกรองอย่างละเอียดอีกครั้ง เพื่อเอาเชื้อยีสต์ที่ยังตกค้างออกจะได้น้ำสาโทที่ใสขึ้น
(กอ สะแกกรัง, 2545 : 15-16)

กระบวนการผลิตสาโทโดยทั่วไปแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งเริ่มต้นด้วยการนำข้าวเหนียวมาล้างน้ำให้สะอาด แช่ไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปนึ่งให้สุกและนำมาล้างน้ำให้หมดเมือก ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ และนำข้าวเหนียวที่ได้มาคลุกกับลูกแป้งเหล้า บรรจุใส่ขวดโหลใช้ผ้าขาวบางปิด หมักทิ้งไว้ประมาณ 2-5 วัน จึงเติมน้ำที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ หมักต่ออีกประมาณ 7-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน จึงนำมากรองและทิ้งไว้ให้ใส จะได้สาโทจึงนำมาบรรจุขวดและทำการพลาสเจอร์ไรซ์ทำได้โดยการนำสาโทที่หมักได้และกรองจนใสเทลงหม้อแล้วนำไปตั้งไฟต้มจนสาโทมีอุณหภูมิประมาณ 75 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที แล้วจึงนำสาโทมาบรรจุลงขวดเพื่อบริโภคหรือเก็บรักษารอการจำหน่ายต่อไป



ภาพที่ 1 แผนภูมิการหมักกระแช่หรือน้ำขาว

ที่มา : บรรจงจิตร มหินทราเทพ และคณะ, 2530 : 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วัตถุดิบในการผลิตสาโท

สาโท ผลิตจากข้าวเหนียว โดยข้าวเหนียวที่ใช้ทำให้สาโท มี 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียวขาว เมื่อนำไปหมักเป็นสาโทจะได้สาโทที่มีสีขาวอมเหลืองจาง ๆ และข้าวเหนียวดำ ซึ่งเมื่อนำมาหมักเป็นสาโทจะได้สาโทสีแดงเข้ม (จริยา เดชากุญชร และ ดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2546 : 14) นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า ถ้าใช้ข้าวจ้าวในการผลิตสาโทจะได้ผลไม่ดีเท่าข้าวเหนียว คือ ได้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยกว่า สาโทที่ได้มีลักษณะขุ่นทำให้ตกตะกอนยากแต่มีปริมาณกรดมากกว่า และอาจจะมีรสเปรี้ยวได้ แต่ยังไม่มีผลการวิจัยที่ชัดเจนทั้งนี้อาจเป็นเพราะองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างในข้าวแต่ละชนิด การขัดสีข้าวก็อาจมีผลต่อคุณภาพของการหมักสาโท หากใช้ข้าวที่มีรำข้าวเหลืออยู่บ้างอาจช่วยให้การหมักดีขึ้น เนื่องจากว่ามีอาหารให้จุลินทรีย์มากกว่าข้าวขัดขาว

2.3.1 ข้าวเหนียว

ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก แป้งที่อยู่ในข้าวคือสารประกอบที่เรียกว่า คาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบขึ้นจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาเรียงต่อกันเป็นเส้นยาว และอาจมีการแตกแขนง แป้งที่มีโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาเรียงต่อกันเป็นเส้นยาว เรียกว่า อะไมโลส (amylose) ส่วนแป้งที่มีโครงสร้างแตกแขนง เรียกว่า อะไมโลเพคติน (amylopectin) ข้าวจ้าวและข้าวเหนียวต่างกันที่อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน โดยในข้าวเหนียวจะมีอะไมโลเพคตินมากกว่าข้าวจ้าว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ข้าวเหนียวมีคุณสมบัติดีกว่าข้าวจ้าวในการหมักสาโท

โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

โครงสร้างของเมล็ดข้าวแสดงในภาพที่ 2 ประกอบด้วย โครงสร้าง 3 ส่วนหลัก ซึ่งประกอบด้วยส่วนแข็งและเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนแรกเป็นเปลือกแข็งประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้จึงต้องแยกออกก่อนบริโภค แต่ส่วนที่หุ้มเมล็ดจะมีสารอาหารพวกวิตามินและแร่ธาตุอยู่มาก ส่วนที่สองซึ่งเป็นเนื้อเมล็ดจะมีคาร์โบไฮเดรต คือ สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีน้ำ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุและวิตามินอยู่ด้วย ส่วนที่สามคือคัพภะซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนจึงมีสารอาหารอย่างครบถ้วนมากกว่าส่วนอื่นของข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันมีมากกว่าในส่วนอื่น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อรวมคุณค่าทางอาหารของข้าวทั้งหมดแล้วยังมีไม่มากพอที่จะเป็นอาหารที่สมบูรณ์ที่บริโภคเพียงอย่างเดียว การบริโภคอาหารของมนุษย์ที่ใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายจึงต้องบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักร่วมกับอาหารจากแหล่งอื่น เช่น เนื้อสัตว์ต่าง ๆ ผักและผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเหนียวที่ใช้บริโภคมีอยู่หลายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันไป เช่น ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู

คุณสมบัติของข้าวเหนียวพันธุ์เขียวงู

อายุการเก็บเกี่ยว	ประมาณ	21	พฤศจิกายน
ระยะฟักตัว	ประมาณ	36	วัน
เมล็ดข้าวกล้อง	ยาว	7.23	มิลลิเมตร
	กว้าง	7.2	มิลลิเมตร
	หนา	1.77	มิลลิเมตร
ความสูง	ประมาณ	154	เซนติเมตร
ผลผลิต	ประมาณ	666	กิโลกรัม/ไร่

คุณสมบัติเด่น

ทนแล้งได้ดีพอสมควรทำให้ผลผลิตไม่ลดในฤดูการทำนาที่ฝนทิ้งช่วง คุณภาพของการขัดสีและคุณภาพในการหุงต้มดีมากได้ข้าวสุกอ่อนนิ่มและมีกลิ่นหอม ลำต้นแข็งไม่ล้มง่าย ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ลักษณะต้นเหมาะสมกับกับสภาพนาลุ่ม การแตกกออยู่ในเกณฑ์ดี รวงยาวลักษณะเมล็ดยาวให้ ผลผลิตสูง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล เก็บเกี่ยวง่ายและนวดง่าย

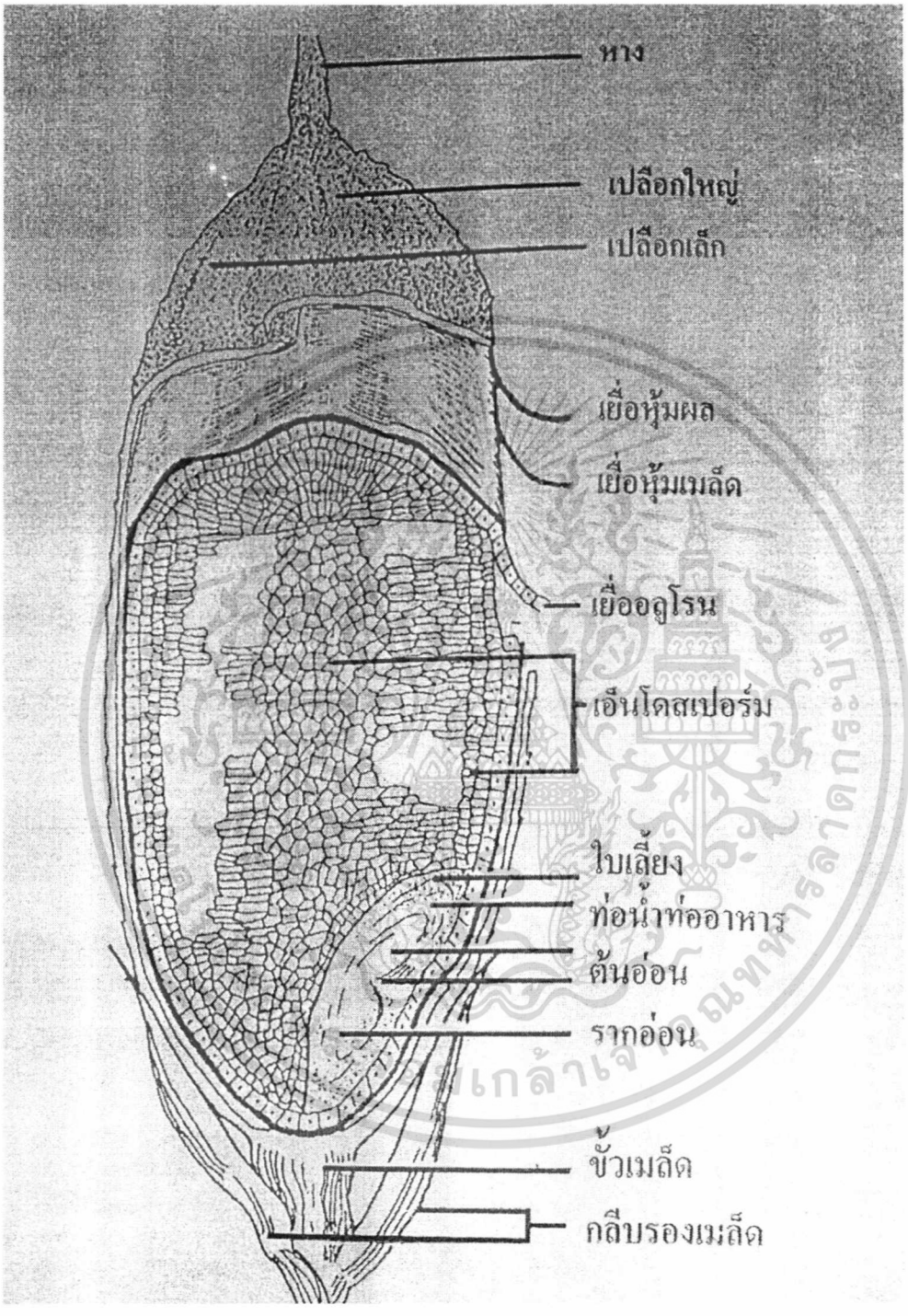
คุณสมบัติด้อย

เป็นพันธุ์ที่ปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้มีต้นกำเนิดมาจากข้าวจ้าว เมื่อปลูกข้าวไปนาน ๆ จะเกิดการกลายพันธุ์เป็นข้าวจ้าวได้ง่าย ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้ง ไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงบั่ว

คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว

คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุก โดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพของข้าวสุกขึ้นอยู่กับเมล็ดทางเคมี คือ สัดส่วนอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิของแป้งสุก การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก โปรตีน กลิ่นหอม ความชื้นและการเก็บรักษา (งามชื่น คงเสรี, 2531 : 94)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : งามชื่น คงเสรี, 2545 : 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

เมล็ดข้าวสารโดยทั่วไปมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ เมล็ดสตาร์ช (starch geanule) ซึ่งภายในโครงสร้างจะประกอบไปด้วยอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก และอะไมโลสเป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกนั้นมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะมีน้ำและขยายปริมาณในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าอะไมโลสต่ำ ทำให้ข้าวที่สุกมีลักษณะทึบแสงไม่ร่วนและข้าวสุกขยายปริมาตรได้มากกว่าหรือที่เรียกว่าหุงขึ้นหม้อ ส่วนความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุกจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนอะไมโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวมักจะมีอะไมโลเพคตินเกือบทั้งหมด ทำให้การดูดน้ำและการขยายตัวน้อยกว่าข้าวจ้าว ข้าวที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า สำหรับข้าวจ้าวในประเทศไทยมีส่วนประกอบของสตาร์ชที่มีอะไมโลเพคตินอยู่ระหว่างร้อยละ 12-31 โดยข้าวที่มีความอ่อนนุ่ม เช่น ข้าวขาวหอมมะลิ 105 มีอะไมโลส ร้อยละ 12-16 จัดเป็นข้าวอะไมโลสต่ำ (งามชื่น คงเสรี, 2531 : 58) ได้แบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทข้าวตามอะไมโลส

ประเภทข้าวเหนียว	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ลักษณะของข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวจ้าวอะไมโลสต่ำมาก	2-9	เหนียวนุ่ม
ข้าวจ้าวอะไมโลสต่ำ	9-20	เหนียวนุ่ม
ข้าวจ้าวอะไมโลสปานกลาง	20-25	นุ่มค่อนข้างเหนียว
ข้าวจ้าวอะไมโลสสูง	25-35	ร่วนแข็ง

ที่มา : งามชื่น คงเสรี, 2531 : 97

2.3.2 ลูกแป้ง

ลูกแป้ง คือ กล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เก็บในรูปเชื้อแห้งที่ใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดแถบเอเชีย เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ลูกแป้งที่มีมาแต่โบราณโดยเข้าใจว่ามีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน และได้ถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ทิเบต สิขิม อินเดีย เกาหลี และกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย กล้าเชื้อในลักษณะนี้มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นของแต่ละประเทศ ส่วนการใช้ประโยชน์นั้นจะคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ คือ ใช้ในการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแป้งในวัตถุดิบ ประเภทธัญพืชและพืชหัวให้เป็นน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(saccharification) เพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก สุราและเมรัย เช่น กระแช่ สาโทหรืออุ ยกเว้น "ราจิเทมเป้" ของประเทศอินโดนีเซียที่ใช้ในการผลิตเทมเป้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก ถั่วเหลืองโดยกิจกรรมของกล้าเชื้อจะเป็นการย่อยสลายโปรตีน สำหรับประเทศไทยยังมีลูกแป้งที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบพวกธัญพืชซึ่งเรียกว่า "ส่าน้ำส้ม" ชาวตะวันตกเรียกลูกแป้งรวมกันว่า "Chinese yeast cake"

การผลิตลูกแป้งเชื้อสุราที่ทำกันเป็นอุตสาหกรรมในประเทศไทยในปัจจุบัน ได้พัฒนามาถึงขั้นที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์แทนลูกแป้ง เชื้อราที่ใช้ได้แก่ *Rhizopus* spp. เช่น *Rhizopus oryzae* ที่แยกจากลูกแป้งและได้คัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส ในการผลิตจะใช้รำกับปลายข้าวจ้าวผสมกับข้าวเหนียวที่บดอย่างหยาบ ๆ เป็นวัตถุดิบ และบางแห่งจะไม่ใช้ปลายข้าวเหนียวเป็นส่วนผสม ซึ่งประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสต่ำลงเมื่อใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบ การผลิตลูกแป้งเชื้อด้วยเชื้อบริสุทธิ์นี้ไม่ใช้สมุนไพรในการยับยั้งของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน แต่วัตถุดิบจะผ่านการนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อ เมื่อส่วนผสมเย็นแล้วจึงใส่เชื้อราเกลี่ยลงในกระด้งที่อุณหภูมิห้อง 36-40 องศาเซลเซียส เส้นใยของเชื้อราจะชอนไปทั่ว ทำให้ส่วนผสมเกาะตัวเป็นก้อน ที่ปฏิบัติอยู่โดยทั่ว ๆ ไป จะนำก้อนแป้งเชื้อไปตากประมาณ 6-8 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียด เพื่อใช้เป็นเอนไซม์ย่อยข้าวในกระบวนการหมักสุรา แป้งเชื้อนี้ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า "โคจิ" และชาวตะวันตกเรียกว่า "mold brand"

ลูกแป้งข้าวหมาก

ลูกแป้งข้าวหมากมีลักษณะเป็นก้อนแห้ง ครึ่งวงกลม สีขาวนวล เนื้อแป้งโปร่ง มีเส้นใยของเชื้อราเกาะอยู่ทั่วไป เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ลูกแป้งแต่ละเจ้าจะมีเชื้อราและเชื้อยีสต์ต่างสายพันธุ์กัน ลูกแป้งที่ดีจะต้องใช้แป้งเชื้อที่ดี มีการเก็บรักษาความสะอาดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในขณะทำลูกแป้งให้พอเหมาะ ส่วนประกอบที่สำคัญของลูกแป้งได้แก่ เครื่องเทศ น้ำ และแป้งเชื้อ

การผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์ได้สำเร็จเพียงไรนั้นนอกจากการคัดเลือกและจับคู่จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อได้อย่างเหมาะสมแล้ว จะต้องมีการศึกษาให้ทราบแน่ชัด ถึงผลของสมุนไพรต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งกลุ่มที่ต้องการให้มีในลูกแป้งและกลุ่มที่เป็นจุลินทรีย์ปนเปื้อน สำหรับลูกแป้งข้าวหมากที่ใช้ได้แก่ *Aspergllus rouxii, Endomycopsis* spp. และ *Hansenula* spp. ซึ่งจากการศึกษาผลของสมุนไพร 23 ชนิดและส่วนผสมของสมุนไพรเหล่านี้ต่อเชื้อทั้ง 3 ชนิด เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rhizopus spp. , *Aspergllus* spp., *Penicillium* spp. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกสมุนไพรที่ไม่ยับยั้งการเจริญของเชื้อบริสุทธิ์ที่เติมลงในลูกแป้งแต่มีผลต่อจุลินทรีย์ปนเปื้อน ผลปรากฏว่า ลูกแป้งที่ตรวจพบเฉพาะ *Aspergllus rouxii* , *Endomycopsis* spp และ *Hansenula* spp. โดยไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อราอื่น ๆ ได้แก่ ลูกแป้งที่เติมส่วนผสมของสมุนไพร สูตรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 กานพลู 0.5 เปอร์เซ็นต์ และขิง 3 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2 ขิง 3 เปอร์เซ็นต์ ข่า 1 เปอร์เซ็นต์ และดีปลี 1.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ข่า 1 เปอร์เซ็นต์ ชะเอม 2 เปอร์เซ็นต์และดีปลี 1.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 กระเทียม 3 เปอร์เซ็นต์ ขิง 3 เปอร์เซ็นต์ ข่า 1 เปอร์เซ็นต์ และพริกไทย 1.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 5 กระเทียม 3 เปอร์เซ็นต์ ขิง 3 เปอร์เซ็นต์ ชะเอม 2 เปอร์เซ็นต์ และพริกไทย 1.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 6 ขิง 3 เปอร์เซ็นต์ ชะเอม 2 เปอร์เซ็นต์ ดีปลี 1.5 เปอร์เซ็นต์ และพริกไทย 1.5 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 7 กระเทียม 3 เปอร์เซ็นต์ ขิง 3 เปอร์เซ็นต์ ชะเอม 2 เปอร์เซ็นต์ และดีปลี 1.5 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษานี้ตรวจพบ *Bacillus* spp. ในลูกแป้งที่เติมสมุนไพรทุกสูตร ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากการทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่พบว่าชะเอม ขิง และดีปลี อย่างใดอย่างหนึ่งในระดับความเข้มข้นเท่ากับที่ใช้ผสมในลูกแป้ง สามารถยับยั้งการเจริญของ Bacillus spp. โดยสิ้นเชิงและเมื่อใช้ในรูปของสมุนไพรผสมก็พบว่า ส่วนผสมทั้ง 7 สูตรมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นี้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่า *Bacillus* spp. เหล่านี้ปนเปื้อนในวัตถุดิบในรูปของสปอร์ ซึ่งสมุนไพรไม่มีประสิทธิภาพทำลายได้ และในสภาวะบ่มลูกแป้งที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำจะไม่เอื้อให้สปอร์งอกเป็นเซลล์ได้ ดังนั้นจุลินทรีย์ยังคงอยู่ในลูกแป้งในสภาพของสปอร์ จึงควรจะได้มีการศึกษาเพื่อได้ข้อมูลในเรื่องนี้ ตลอดจนตรวจสอบคุณภาพของข้าวหมากที่หมักโดยใช้ลูกแป้งเหล่านี้เป็นกล้าเชื้อ

เป็นที่น่าสังเกตว่าองค์ประกอบของสมุนไพร ที่ทดสอบว่าได้ผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน โดยไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ลูกแป้งจะตรงกับส่วนผสมในตำรับโบราณเป็นส่วนใหญ่แต่ชนิดของสมุนไพรที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละสูตรจะน้อยกว่าตำรับเดิม กล่าวคือแต่ละสูตรจะใช้สมุนไพรเพียง 2-4 ชนิดเท่านั้น ในขณะที่ตำรับเดิมต้องใช้ถึง 6-13 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ตำรับลูกแป้งข้าวหมาก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
ชะเอม	180
พริกไทย	60
ดีปลี	120
กระเทียม	420
ขิง	420
ข่า	60
ข้าวจ้าว	1,200

ที่มา : กฤษณามรสิฐิ ขุน, 2494 : 79

ลูกแป้งเหล้า

ลูกแป้งหรือหัวเชื้อส่าเหล้า เป็นส่วนประกอบสำคัญที่สุดในการผลิตสุรา ทำจากแป้งผสมกับสมุนไพรและเครื่องเทศประมาณ 38 ชนิดแล้วปั้นเป็นลูกกลม ๆ นำผ้ามาคลุมไว้ประมาณ 3 วัน แต่ละบ้านมีสูตรการทำลูกแป้งแตกต่างกันไปและถือว่าเป็นความลับ จึงทำให้รสชาติของสุราแต่ละบ้านไม่เหมือนกัน เหล้าทั้ง 2 ชนิด คือ อุและสาโท จะใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบในการผลิตปราศจากสารเคมี และแต่ละหมู่บ้านมีสูตรการทำเหล้าพื้นบ้านแตกต่างกัน และเป็นการผลิตตามวิธีที่ถ่ายทอดกันมาชั่วอายุคน สืบทอดกันมารุ่นต่อรุ่นเป็นภูมิปัญญาของชาวบ้าน

ได้มีการศึกษาการผลิตลูกแป้งเหล้าด้วยเชื้อบริสุทธิ์ในรูปเชื้อผสมระหว่าง *Saccharomyces cerevisiae* 281 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แยกจากลูกแป้งและคัดเลือกแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการหมักแอลกอฮอล์กับเชื้อราสายพันธุ์ต่าง ๆ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizopus oryzae* MB 39, *Aspergillus niger* H5, *Amylomyces rouxii* AH3 และ *Endomycopsis fibugera* ER10 ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 4 สายพันธุ์นี้ มีที่มาจากลูกแป้งและได้ทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแล้วเช่นกัน โดยใช้ตำรับที่ประกอบด้วยแป้งข้าวจ้าว 400 กรัม ขิง ข่า ชะเอม กระเทียม และพริกไทยอย่างละ 6 กรัมและดีปลี 2 กรัม ผลปรากฏว่าลูกแป้งได้ผลดีมีลักษณะในเรื่องเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่าที่มีขายตามท้องตลาด แต่ผลจากการวิเคราะห์จากแอลกอฮอล์ที่หมักได้ จะใกล้เคียงกับลูกแป้งจากแหล่งผลิตบางแหล่ง แต่จะต่ำกว่าลูกแป้งบางท้องถิ่น คู่ผสมของเชื้อที่ให้ผลดีได้แก่ การผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง *S. cerevisiae* 281 กับ *R.. oryzae* MB 39 S. *cerevisiae* 28 กับ *A. niger* H5 (พิไลพรรณ พงษ์บูล, 2523 : 35)

ตารางที่ 3 ตำรับลูกแป้งสุรา

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
กระเทียม	40
ขิง	40
ข่า	20
ชะเอม	40
พริกไทย	60
ดีปลี	60
หัวหอม	20
ข้าวจ้าว	2,500

ที่มา : นภา โล่ห์ทอง, 2537 : 15

การผลิตลูกแป้ง

ลูกแป้งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำข้าวหมาก มีลักษณะเป็นก้อนแข็ง แต่สามารถใช้มือบีบให้แตกได้ เป็นหัวเชื้อที่ใช้ในการผลิตสาโท มีชื่อที่เรียกแตกต่างกันมากมาย มีเชื้อจุลินทรีย์รวมกันอยู่หลายชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อราได้แก่ *Rhizopus oryzae , Aspergillrs niger* ฯลฯ และเชื้อยีสต์ ได้แก่ *Saccharmyces cerevisiae, Endomycopsis fiburigela* ฯลฯ โดยส่วนใหญ่แล้วเชื้อราจะมีบทบาทอย่างมากในช่วงแรกโดยทำการย่อยแป้งให้ได้เป็นน้ำตาล แล้วในช่วงต่อมายีสต์จะทำการเปลี่ยนน้ำตาลที่รายย่อยให้ได้เป็นแอลกอฮอล์ องค์ประกอบในการทำลูกแป้งมีดังนี้

ข้าว

เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสาโท มี 2 ชนิดด้วยกัน คือ ข้าวจ้าวและข้าวเหนียวเมล็ดข้าวประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่าเม็ดแป้งหรือกรานูลซึ่งอัดแน่นอยู่รวมกัน องค์ประกอบของแป้งจะเป็นพอลิเมอร์ของ α - D-glucose ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอะไมโลแพคติน โดยทั่วไปนิยมใช้ข้าวเหนียวเป็นส่วนใหญ่ ไม่นิยมใช้ข้าวจ้าวเนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นรสที่ดีกว่าและจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวจ้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ

น้ำเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการผลิตสาโทเนื่องจากปริมาณสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำจะมีผลโดยตรงต่อสาโทที่ได้สารที่มีผลอย่างมากต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ธาตุเหล็กเป็นสารที่ให้สีน้ำตาลแดง ทำให้สีและรสชาติเสียไป น้ำยังช่วยในการควบคุมความชื้นของลูกแป้งต้องให้เหมาะสม ไม่แฉะจนเกินไปซึ่งจะทำให้ลูกแป้งเหม็นเปรี้ยวและเสียได้ หรือแห้งจนเกินไปจนลูกแป้งแตกและเชื้อราเจริญในลูกแป้งได้ไม่ดี นอกจากนี้ความชื้นที่เหมาะสมยังมีผลต่อการเก็บรักษาจุลินทรีย์ในลูกแป้งให้อยู่ได้นานและมีประสิทธิภาพอีกด้วย ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับลูกแป้งมีอยู่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์

แป้ง

ถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิต จะระบุว่าใช้ได้ทั้งแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวจ้าวแต่ผลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวจ้าวล้วน ๆ จะมีคุณภาพดีกว่าที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียวหรือแป้งข้าวจ้าวผสมแป้งข้าวเหนียว การใช้แป้งที่ผลิตขายเป็นการค้าในปัจจุบัน (เฉพาะแป้งแห้งซึ่งบรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท) มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบแป้งที่ผลิตขึ้นเอง

สมุนไพร

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งแต่ละประเทศมีสูตรการผลิตลูกแป้งที่แตกต่างกัน มักเป็นความลับถ่ายทอดกันในเฉพาะครัวเรือน ตำรับลูกหมากและลูกแป้งสุราหรือลูกแป้งเหล้าของไทยที่ปรากฏเป็นเอกสารที่น่าพอใจ ประกอบด้วย ขิง ข่า กระเทียม พริกไทย ชะเอม ดีปลี หอมแดง ซึ่งใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน

ขิง

เหง้าขิงแก่จะมีรสเผ็ด เนื่องจากในเหง้าขิงมีสารพวกโอเลโอเรซิน ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยและสารชิงจิเนอโรน (Zingingrone) ทำให้น้ำขิงมีกลิ่นหอมและรสเผ็ด ประโยชน์ทางยาช่วยขับลม ช่วยย่อยอาหาร แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ทำให้เหงื่อออกมา ปรับอุณหภูมิในร่างกายให้กระชุ่มกระชวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่า

ในเหง้าข่ามีน้ำมันหอมระเหยที่สูง ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น ซีนอล (cineol) ยูจีนอล (eugenol) เคมเฟอรอล (kaempferol) การาบรู (camphor) และซินนามิคอัลดีไฮล์ (cinnamic aldehlyde) น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ช่วยขับลมแก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่น จุกเสียด และยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและยับยั้งเชื้อราที่ผิวหนังบางชนิด

กระเทียม

จะใช้กระเทียมสด ๆ เพราะเมื่อเก็บไว้นาน สารสำคัญ คือ อัลลิซีนและเอนไซม์อัลดีเนส (alines) จะสลายไปทำให้คุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ฤทธิ์ในการลดไขมันในเลือด ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดและฤทธิ์อื่น ๆ ของกระเทียมลดลง นอกจากนี้กระเทียมยังประกอบด้วยโปรตีน น้ำตาล กรดไขมัน กรดอะมิโน แร่ธาตุและวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตาซี ส่วนฤทธิ์ทางยาเป็นยาขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ ขับลม แก้จุกเสียด แน่นท้อง แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ฯลฯ

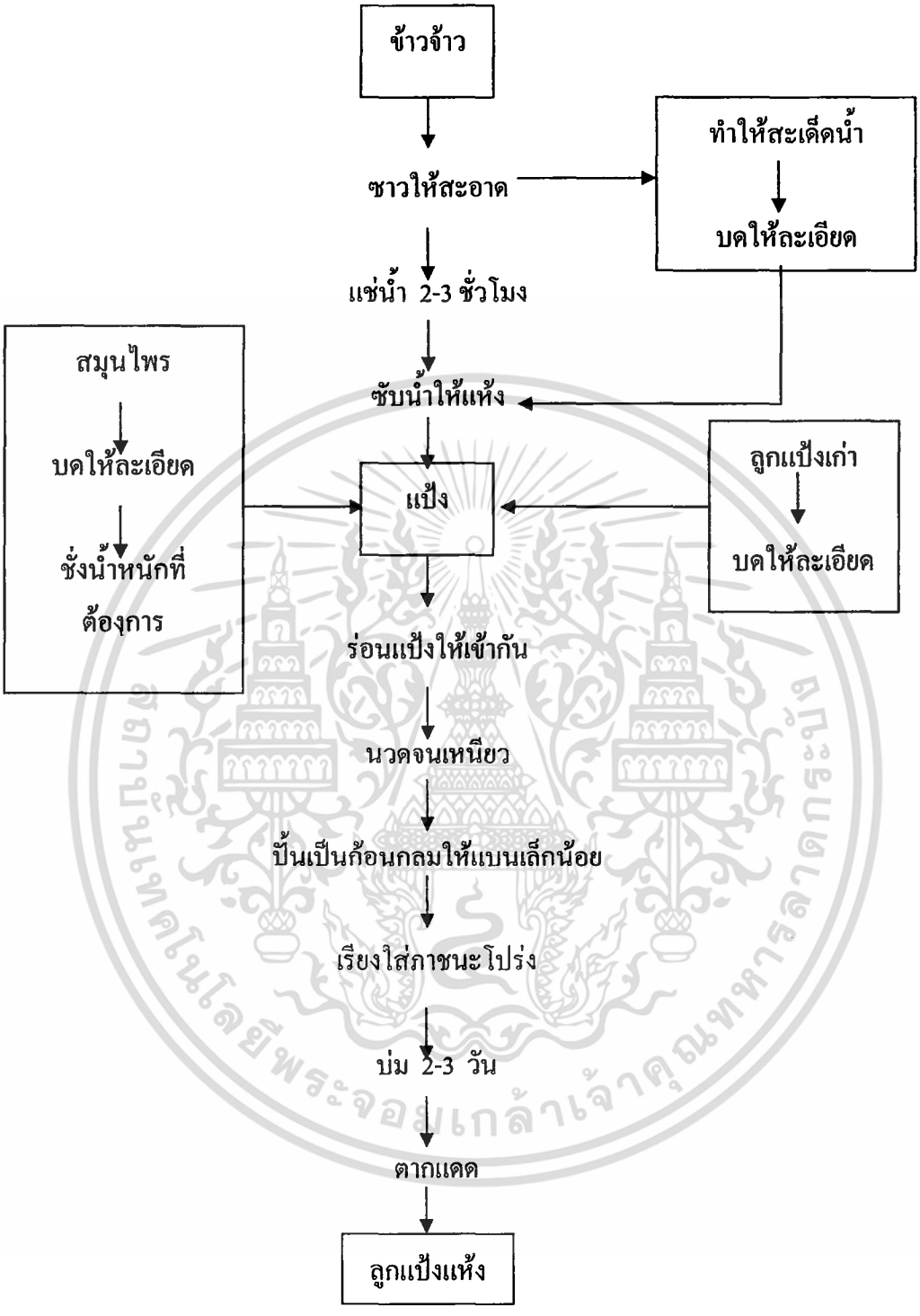
พริกไทย

มีส่วนช่วยในการถนอมอาหาร อาหารที่ปรุงด้วยพริกไทยจะเก็บรักษาได้นาน ในผลและเมล็ดพริกไทยมีน้ำมันหอมระเหยและมีแอลคาลอยด์ไพเพอลิน ซึ่งทำให้พริกไทยมีกลิ่นฉุนและเผ็ดร้อน ไพเพอลินยังมีฤทธิ์ฆ่าแมลงได้นอกจากเป็นเครื่องเทศแล้วยังเป็นยาขับลม ขับเสมหะ แก้ท้องอืดแน่น อาหารไม่ย่อยและแก้ปวดท้องได้

สมุนไพรเหล่านี้ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อการยับยั้งต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปนเปื้อน ความเก่าใหม่ของสมุนไพรนับเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากสารออกฤทธิ์ส่วนใหญ่เป็นสารระเหย การเก็บสมุนไพรไว้เป็นระยะเวลานาน ๆ สารเหล่านี้จะลดปริมาณลง โดยที่สมุนไพรที่เก็บไว้ในลักษณะที่เป็นผงละเอียดอัตราการระเหยจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการซื้อสมุนไพรที่ใช้ในเรื่องนี้ควรเลือกซื้อสมุนที่ยังไม่ได้นำมาบด มาใช้เป็นคราว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตลูกแป้ง

ที่มา : นภา โล่ห์ทอง, 2537 : 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58861

การเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง

1. เตรียมแป้งโดยซาวข้าวให้สะอาด แช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำไปโม่และซับน้ำให้แห้งหรือทำให้ข้าวสะเด็ดน้ำเสียก่อนและจึงนำไปบดหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรง การแช่ข้าวนานเกินไปโดยไม่เปลี่ยนน้ำจะมีผลให้แบคทีเรียแลคติกและ *Bacillus* spp. เจริญเพิ่มจำนวนในปริมาณมากทำให้ลูกแป้งที่ผลิตได้ด้อยคุณภาพ

2. บดสมุนไพรกับลูกแป้ง สมุนไพรสดอาจนำไปบดกับข้าว

3. ผสมแป้งและสมุนไพรกับลูกแป้ง (ลูกแป้ง 5 กรัมต่อแป้ง 1 กิโลกรัม) ที่บดละเอียดให้เข้ากัน โดยร่อนด้วยตะแกรงหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าด้วยความเร็วต่ำ ๆ เติมน้ำหรือน้ำต้มชะเอม ในปริมาณเมื่อนวดแล้วปั้นเป็นก้อนได้ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นกำหนดไม่ได้แน่นอนขึ้นกับความแห้งของลูกแป้งที่ใช้ปริมาณสมุนไพรซึ่งแตกต่างกันในแต่ละตำรับและสภาพความชื้นในขณะบ่มลูกแป้ง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ในการผลิต

4. เมื่อนวดแป้งจนเหนียวแล้วจึงปั้นเป็นก้อนกลม ขนาดต่างกันตามชนิดของลูกแป้งของการผลิตลูกแป้งเหล่านั้น พบว่าการหมักแป้งที่นวดแล้วประมาณ 6-12 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาปั้นจะได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีกว่าที่ปั้นโดยไม่หมักแห้ง

5. การเรียงลูกแป้งบนกระด้งหรือภาชนะก้นโปร่งอื่น ๆ ให้แต่ละลูกวางห่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์เจริญจะทำให้ลูกแป้งฟูขึ้น ส่วนของลูกแป้งที่ติดกับภาชนะจะแบนราบตามผิวที่สัมผัส โดยที่ด้านบนจะคงรูปครึ่งวงกลมอยู่ สำหรับการปั้นลูกแป้งขนาดใหญ่เมื่อเรียงบนภาชนะแล้วควรกดด้านบนเล็กน้อยเพื่อให้ลูกแป้งบางลง จุลินทรีย์ภายในลูกแป้งจะมีโอกาสรับอากาศมากขึ้น

6. เมื่อเรียงลูกแป้งเต็มภาชนะแล้ว โรยผงลูกแป้งที่เตรียมไว้บนลูกแป้งที่ปั้นใหม่โดยใช้ผงลูกแป้งประมาณ 15 กรัม ต่อสูตรลูกแป้งที่ใช้ 1 กิโลกรัม คลุมภาชนะด้วยผ้าหนา ๆ โดยไม่ให้สัมผัสกับผิวลูกแป้ง บ่มประมาณ 48 ชั่วโมงหรือนำไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บในภาชนะที่ปิดฝาให้สนิท การที่ลูกแป้งได้รับแสงแดดโดยตรง จะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงไปบ้างซึ่งเป็นผลจากรังสีอุลตร้าไวโอเลต ดังนั้นจึงไม่ควรตากลูกแป้งโดยให้แดดสัมผัสกับลูกแป้งโดยตรง

อายุการเก็บลูกแป้ง

ลูกแป้งที่เก็บไว้ใช้ในระยะเวลานานๆ จะต้องแห้ง (ความชื้นต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์) เพื่อป้องกันเชื้อราปนเปื้อนบางชนิด และควรเก็บในภาชนะปิดสนิททันทีโดยที่แน่ใจว่าแมลงจะไม่สามารถเจาะผ่านไปทำลายได้ ลูกแป้งที่เก็บโดยขาดความระมัดระวังจะมีปัญหาพวกแมลงมอดและแมลงต่างๆ การเก็บลูกแป้งในตู้เย็นในภาชนะปิดสนิท จะลดปัญหาการถูกทำลายโดยแมลง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้จุลินทรีย์ลูกแป้งลดจำนวนช้าลง ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าโดยทั่ว ๆ ไป เมื่อแห้งแล้ว และเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทจะใช้เป็นกล้าเชื้อได้อย่างน้อยที่สุดประมาณ 6 เดือน ลูกแป้งข้าวหมากจากบางแหล่งที่เก็บได้นานถึง 18 เดือน ถึงแม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกแป้งจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ปริมาณที่เหลือจะเพียงพอสำหรับเป็นกล้าเชื้อในกระบวนการหมัก โดยคุณสมบัติการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งตามปรกติแล้ว *Amylomyces rouxii* เป็นเชื้อราที่เก็บค่อนข้างยาก กล่าวคือ เมื่อเก็บในสภาพเชื้อสดในตู้เย็นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น Potato dextrose agar หรือ Sabouraud agar คุณสมบัติของเชื้อจะเปลี่ยนไปค่อนข้างเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อราชนิดอื่น ๆ ดังนั้นจึงนับว่ากรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง เป็นวิธีการเก็บรักษาพันธุ์จุลินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งได้มีการพัฒนามาเป็นระยะเวลานาน ก่อนที่จะค้นพบวิธีการเก็บเชื้อโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ เช่น การไลโอฟิลไลส์ (lyophilize)

2.4 อุปกรณ์ในการผลิตสาโท

1. ภาชนะที่ใช้หมักสาโทควรเป็นภาชนะที่ทำด้วยแก้ว มีปากแคบทรงสูง หรือใช้โหลแก้วหรือใช้ถังพลาสติกบรรจุน้ำดื่มขนาด 20 ลิตร นำมาล้างให้สะอาด คว่ำภาชนะทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำมาใช้

2. เครื่องชั่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นเครื่องชั่งแบบใส่น้ำหนักด้านบน เครื่องชั่งแบบนี้ชั่งได้เร็วและเครื่องชั่งบางชนิดสามารถลบน้ำหนักภาชนะได้ การชั่งน้ำหนักส่วนผสมของสาโทให้ถูกต้อง ต้องรู้หลักการทำงานของเครื่องชั่งและการชั่งน้ำหนัก ซึ่งมีหลักการดังนี้ เครื่องชั่งต้องได้ระดับ เครื่องชั่งบางชนิดมีปุ่มลบน้ำหนัก น้ำหนักภาชนะสามารถลบออกได้อัตโนมัติ ปุ่มลบน้ำหนักยังใช้ปรับศูนย์ขณะที่ไม่มีสิ่งของบนจานชั่ง เมื่อต้องการลบน้ำหนักภาชนะให้วางภาชนะด้านบนของเครื่องชั่งแล้วกดปุ่มปรับศูนย์ จนเครื่องชั่งมีน้ำหนักอยู่ที่ศูนย์ ใส่สารที่ต้องการชั่งบนภาชนะ ที่วางบนเครื่องชั่ง อ่านตัวเลขที่เครื่องชั่งแสดงออกมา เมื่อใช้เสร็จต้องทำความสะอาดเครื่องชั่งให้เรียบร้อย

3. ลังถึง ซึ้ง หวด เป็นอุปกรณ์สำคัญในการทำสาโท ลังถึง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่ง “ซึ้ง” เป็นอุปกรณ์ในการนึ่ง ที่ทำจากโลหะประเภทอะลูมิเนียมหรือสแตนเลส แต่ที่นิยมใช้ตามบ้านเป็นลังถึงที่ทำจากอะลูมิเนียม เพราะมีน้ำหนักเบา แข็งแรงทนทานและมีราคาถูกกว่าลังถึงที่ทำมาจากสแตนเลส ลังถึงมีหลายขนาด สามารถเลือกซื้อได้ตามลักษณะการใช้งาน นอกจากนั้นยังมีอุปกรณ์การนึ่งข้าวเหนียวที่ทำจากไม้ไผ่สานเป็นรูปกรวย เรียกว่า หวด ซึ่งนิยมใช้มากในภาคอีสานหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แต่ไม่ว่าจะใช้อุปกรณ์ใดในการนึ่งข้าวเหนียว ต้องไม่ลืมนำข้าวเหนียวไปแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืนก่อน เพราะจะช่วยให้ข้าวเหนียวนึ่งสุกได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เทอร์โมมิเตอร์ ควรเลือกใช้ขนาดที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ 100 องศาเซลเซียส เทอร์โมมิเตอร์มีไว้สำหรับควบคุมอุณหภูมิ ขณะทำการพลาสเจอไรส์สาโท

5. เครื่องมือวัดแอลกอฮอล์ มีหลายชนิด เช่น เครื่อง Ebulliometer จะดูค่าการเปลี่ยนจุดเดือดของสาโทซึ่งเป็นสารละลายผสมของน้ำกับแอลกอฮอล์ ถ้าปริมาณแอลกอฮอล์ในสาโทสูงจะทำให้จุดเดือดต่ำลง จากจุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ที่ 100 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์จะนำไปคำนวณเป็นร้อยละของแอลกอฮอล์ การใช้ Alcohol hydometer ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความถ่วงจำเพาะ ซึ่งใช้ยากกว่าเครื่อง Ebulliometer เพราะต้องมีการนำสาโทมากลั่น ให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำกับแอลกอฮอล์จึงใช้วัดค่าความถ่วงจำเพาะได้

6. หม้อต้ม จำแนกได้ตามรูปร่างและวัสดุในการทำหม้อ การจำแนกหม้อต้มตามรูปร่างสามารถจำแนกได้ 3 ชนิด คือ หม้อมีด้านถือหม้อ 2 หู และหม้อหูหิ้ว ส่วนการจำแนกหม้อต้มตามวัสดุที่ใช้ทำหม้อก็สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด เช่นกัน คือ หม้ออะลูมิเนียม หม้อเคลือบ และหม้อสแตนเลส หม้อต้มเป็นภาชนะที่ใช้สำหรับพลาสเจอไรส์สาโทเพื่อยับยั้งการหมัก และช่วยให้สาโทมีอายุการเก็บนานขึ้น ซึ่งหม้อที่นิยมให้ใช้ควรเป็นหม้อ 2 หู ทำด้วยสแตนเลส เพื่อความสะดวกในการใช้งานและทำความสะอาด

7. ขวดและฝาจุก ขวดที่ใช้บรรจุสาโทนิยมใช้ขวดแก้วสีชาหรือสีเขียว ปิดฝาด้วยฝาจีบ ขวดแก้วที่จำหน่ายในปัจจุบันมีหลายราคา ตั้งแต่ราคาขวดละ 6-15 บาท ขึ้นอยู่กับรูปแบบและขนาดของขวด แต่การปิดขวดสาโทด้วยฝาจีบอาจทำให้ขวดแตกได้ เนื่องจากการพลาสเจอไรส์สาโทไม่ดีพอ ทำให้สาโทเกิดการหมักต่อ ซึ่งจะทำให้เกิดแก๊สในขวดมากและดันให้ขวดแตกได้ ดังนั้นจุกขวดหรือฝาจุกที่เหมาะสมในการปิดขวดสาโท ควรเป็นจุกที่ทำจากไม้ที่เนื้อไม้มีรูหรือโพรง เช่น ไม้คอร์ก ไม้โสน ไม้ฉำฉา เป็นต้น เพื่อหากเกิดการหมักต่อของเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ในสาโท จะได้ทำให้ขวดไม่แตก ในการทดลองได้ใช้จุกไม้สนโดยการนำไม้สนมาเหลาเอาเปลือกออก แล้วนำเนื้อไม้มาควั่นให้ได้ขนาดของขวดที่จะนำจุกมาปิด แล้วจึงนำไปชุบสีผสมอาหาร หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสจนสีแห้ง สำหรับการเก็บรักษาสาโทที่ได้หลังจากการพลาสเจอไรส์แล้ว ควรเก็บไว้ในตู้เย็น แต่หากเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นานประมาณ 1 เดือน ไม่ควรเก็บสาโทไว้ท้ายรถยนต์หรือที่ ๆ มีอุณหภูมิสูง เพราะสาโทอาจเกิดการเปลี่ยนแปลง บางครั้งอาจจะขุ่นขึ้น บางครั้งจะมีรสชาติเฝื่อนมาก หรือบางทีอาจมีกลิ่นรุนแรงเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง

ในกระบวนการหมักสาโทจำเป็นที่จะต้องอาศัยเชื้อจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ คุณสมบัติของกล้าเชื้อและแหล่งสายพันธุ์จุลินทรีย์ เพื่อให้ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสมต่อการผลิตสาโท ซึ่งมีขั้นตอนในการคัดเลือกดังต่อไปนี้

2.5.1 การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่จะนำมาผลิตเป็นกล้าเชื้อ ควรจะได้มีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้ได้สายพันธุ์ที่ดีซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไป ดังนี้

1. เป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการหมัก ซึ่งหมายถึงมีความสามารถให้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากหรือทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าสายพันธุ์อื่น

2. ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนรวมทั้งเชื้อโรคได้ดี

4. เจริญและดำเนินกิจกรรมการหมักได้ดีในช่วงอุณหภูมิกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักอาหารในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งส่วนใหญ่มีการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการหมักและอุณหภูมิในหน้าร้อนสูงขึ้นมากกว่าการนำสายพันธุ์จากต่างประเทศที่มีอากาศหนาวหรือสายพันธุ์ที่มีการหมักโดยระบบที่มีการควบคุมอุณหภูมิในประเทศที่พัฒนาแล้วมาใช้ จะมีผลเสียต่อกระบวนการหมักได้

5. สามารถเจริญและดำเนินกิจกรรมการหมักได้ดีในช่วงพีเอชกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในระหว่างการหมักในระดับพีเอชที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน ทำให้สามารถลดความระมัดระวังในด้านนี้ลงได้

6. ทนต่อการเข้าทำลายของฝาจก์ (phage) ซึ่งการแก้ปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของฝาจก์นี้บางครั้งจำเป็นต้องคัดเลือกจุลินทรีย์นั้น ๆ ไว้มากกว่าหนึ่งสายพันธุ์ และนำไปใช้ในรูปเชื้อผสม เนื่องจากฝาจก์แต่ละชนิดมีความจำเพาะในการเข้าทำลายจุลินทรีย์ในระดับสายพันธุ์

7. เป็นสายพันธุ์ที่มีความถาวรทางพันธุกรรม ซึ่งในขั้นตอนของการผลิตกล้าเชื้อจำเป็นต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ

8. ก่อนที่จะใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ใดก็ตาม จะต้องตรวจสอบจนแน่ใจว่าสายพันธุ์นั้นไม่ก่อให้เกิดโรค และไม่สร้างสารพิษ

9. เป็นสายพันธุ์ที่มีอายุการอยู่รอดนานหรือมีโครงสร้างที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 คุณสมบัติของกล้าเชื้อ

กล้าเชื้อที่ผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนั้นมีวิธีการผลิตต่าง ๆ กันซึ่งควรมีคุณสมบัติทั่วไป ดังนี้

1. อยู่ในรูปที่ใช้ง่ายและเหมาะสมกับกรรมวิธีการหมักแต่ละชนิดเช่น การหมักบางประเภทจำเป็นต้องใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่ปลอดจากจุลินทรีย์อื่นโดยสิ้นเชิง ในขณะที่อาหารหมักอื่น ๆ มิได้มีความจำเป็นเช่นนั้น การเพิ่มขั้นตอนที่จะทำให้กล้าเชื้อปลอดจากการปนเปื้อนโดยสิ้นเชิงเช่นเดียวกับกล้าเชื้อที่จะใช้หมักอาหารประเภทแรก จึงเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

2. กล้าเชื้อที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักควรมีอายุการเก็บนานพอสมควร โดยมีจุลินทรีย์ที่ยังคงประสิทธิภาพในปริมาณเชื้อเริ่มต้นมากพอ และตรวจสอบปริมาณที่เหลือในช่วงระยะเวลาเก็บต่าง ๆ กัน เพื่อกำหนดอายุการใช้งาน นอกจากนั้นกรรมวิธีการผลิตที่ใช้จะต้องคำนึงถึงการลดปริมาณเชื้อบาดเจ็บ (Injured cell) ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3. วัสดุที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อและผสมในกล้าเชื้อต้องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสและคุณสมบัติอื่น ๆ ของอาหารหมัก

4. ในกรณีที่กิจกรรมการหมักเกิดจากเชื้อผสม กล้าเชื้อต้องประกอบด้วยจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอัตราส่วนที่เหมาะสม

5. กล้าเชื้อที่ผลิตขายในอุตสาหกรรม จะต้องอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการขนส่ง บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันแมลงได้ มีรายละเอียดกำหนดปริมาณการใช้และอายุของเชื้อที่แน่นอน

2.5.3 แหล่งสายพันธุ์จุลินทรีย์

สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักนั้น นอกจากผู้ผลิตจะทำการคัดเลือกเองแล้ว ยังขอบริการได้จากแหล่งเก็บพันธุ์จุลินทรีย์ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีสายพันธุ์ที่ได้คัดเลือกแล้วว่ามีคุณสมบัติดีพอสมควร และเก็บรักษาไว้ในรูปเชื้อบริสุทธิ์ด้วยวิธีที่เหมาะสมกับเชื้อแต่ละชนิดสำหรับประเทศไทยนั้นมีศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมข้อมูลแห่งภาคพื้นเอเชียอาคเนย์ (Microbiological Resources Center) หรือมีชื่อเรียกย่อ ๆ ว่า MIRCEN อยู่ที่สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในสหรัฐอเมริกามีแห่งเก็บสายพันธุ์จุลินทรีย์หลายแห่ง เช่น American Type Culture Collection (ATCC) และ Northen Regional Research Laboratory (NRRL) ซึ่งปัจจุบันเปลี่ยนมาเป็น Northen Regional Research Center

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ในลูกแป้งสาโท

ลูกแป้งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการหมักเหล้า หรือทำข้าวหมาก สาโท เพราะว่ารสและกลิ่นที่หอมหวนชวนดื่มได้จากเชื้อจุลินทรีย์และสมุนไพรหรือเครื่องเทศที่มีอยู่ในลูกแป้ง จุลินทรีย์ที่พบมากในลูกแป้งมีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ซึ่งราที่พบเชื้อมากที่สุดคือ สกุล *Amylomyces* sp. จะพบในลูกแป้งข้าวหมากมากกว่าลูกแป้งเหล้า รองมาคือ สกุล *Aspergillus* sp. ส่วน *Rhizopus* sp. จะพบในลูกแป้งเหล้ามากกว่าแป้งข้าวหมากและจะพบยีสต์ในสกุล *Endomkycopsis* spp., *Hansenula* sp.และ *Saccharomyces* sp. เชื้อยีสต์ 2 ชนิดแรกจะพบมากในลูกแป้งข้าวหมาก ส่วนชนิดหลังพบมากในลูกแป้งเหล้าโดยเฉพาะเชื้อราจะทำหน้าที่หลักย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลและยีสต์จะทำหน้าที่หลักเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ (กอ สะแกกรัง, 2545 :18) ส่วนแบคทีเรียจะเป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก มีความสำคัญต่อการหมักสุรา เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ คือ แบคทีเรียเหล่านี้มีส่วนในการทำให้สุราเสื่อมเสียและทำให้เกิดกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ กรรมวิธีการผลิตลูกแป้งจะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้สิ้นเชิง แต่หากกรรมวิธีการผลิตนั้นได้กระทำอย่างระมัดระวังจะมี จุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (Genus) เท่านั้น ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนจนตรวจนับได้ในปริมาณสูง (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 :14-20)

เชื้อรา

ราที่พบในลูกแป้งได้แก่ *Amylomyces rouxii, Rhizopus oryzae* ซึ่งเป็นราสีขาว ในการหมักช่วงแรกเชื้อราจะสร้างเส้นใยไปทั่วข้าวและย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล แต่เนื่องจากเป็นราสีขาวจึงไม่ทำให้ข้าวเปลี่ยนสี ในระหว่างการหมักสาโทเชื้อราจะเจริญในช่วง 2-3 วันแรกของการหมักซึ่งเป็นสภาพการหมักที่ใช้อากาศ เนื่องจากการบรรจุข้าวในถังหมักจะบรรจุเพียง 1 ใน 4 ของปริมาตร ทำให้ราได้รับออกซิเจน จากนั้นเมื่อเกิดน้ำเชื่อมข้าวขึ้นในช่วงนี้ราจะสร้างกรดทำให้ข้าวมีความเป็นกรด คือ มีค่าพีเอชต่ำลง ทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญของยีสต์และยับยั้งแบคทีเรียที่จะทำให้ข้าวบูดเน่า และยีสต์เริ่มทำการหมักทำให้มีปริมาณแอลกอฮอล์และสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งเกิดจากการที่ยีสต์ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ราตายไป

เชื้อยีสต์

ยีสต์ที่พบในลูกแป้งคือ *Saccharomycopsis fibuligela* ซึ่งเป็นยีสต์ที่มีความสามารถผลิตน้ำย่อยออกมาย่อยแป้ง แต่ในลูกแป้งจะไม่พบยีสต์ *Saccharomyces cerevisiea* แม้ว่ายีสต์ในลูกแป้งจะเป็นยีสต์ *Saccharomycopsis* spp. แต่ในระหว่างการหมักสาโทยีสต์นี้จะเจริญเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น แล้วยีสต์นี้จะตายไปแต่จะเกิดยีสต์แซคคาโรไมซีส จะมีความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมักแอลกอฮอล์ได้ดีกว่า และทนปริมาณแอลกอฮอล์ได้สูงกว่ายีสต์จากลูกแป้ง แหล่งที่มาของยีสต์ที่ทำให้เกิดการหมักนี้ยังไม่ทราบเป็นที่แน่นอน แต่อาจมาจากลูกแป้งเช่นกัน แต่มีในลูกแป้งน้อยจนไม่สามารถตรวจพบได้ แต่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในสภาพที่เหมาะสม ในการพัฒนาสาโทนั้นจำเป็นต้องใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เนื่องจากอาศัยเชื้อยีสต์จากธรรมชาตินั้นจะทำให้ได้การเจริญเติบโตของยีสต์ไม่แน่นอน ในการหมักอาจเกิดยีสต์ที่มีคุณภาพที่ไม่ต้องการและการหมักจะเกิดขึ้นช้าหรือเกิดรสเปรี้ยวได้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนากล้าเชื้อยีสต์ขึ้น เพื่อใช้ในการหมักสุราพื้นบ้านโดยเฉพาะและได้มีการคัดเลือกพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักสุรา คือ ผลิตแอลกอฮอล์และสารที่ให้กลิ่นรสที่ดีมีคุณสมบัติในการตกตะกอนและสามารถฆ่าเชื้อยีสต์พันธุ์อื่นได้

เชื้อราและเชื้อยีสต์มีปฏิกิริยาในการหมักสาโทที่เป็นกระบวนการหมักที่หลายปฏิกิริยาเกิดขึ้นพร้อมกันแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) โดยราสร้างเอนไซม์ amylase และ glucoamylase ย่อยโครงสร้างของเม็ดแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล ราจีนัสที่สำคัญคือ *Rhizopus* sp., *Mkucor* sp., *Amylomyces* sp. และโดยเฉพาะ *Aspergilus* sp. มีคุณสมบัติที่สร้างเอนไซม์ที่มีกิจกรรมสูงและไม่สร้างกรดอินทรีย์เป็นกรดฟูมาลิก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท นอกจากนี้การไฮโดรไลซ์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มากกว่า (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , ม.ป.ป.) สำหรับยีสต์ในระยะแรกที่มีอากาศจะยังไม่เกิดกระบวนการหมักได้แอลกอฮอล์แต่จะมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณมากพอ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวส์ให้เป็นแอลกอฮอล์โดยยีสต์ในจีนัสที่สำคัญคือ *Saccharomyces* sp., *Endomycopsis* sp., *Hansenula* sp. และ *Torulopsis* sp. ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อความเป็นกรด ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาลและทนต่อระดับแอลกอฮอล์ได้ดี นอกจากนี้ยังพบกิจกรรมของเอนไซม์อื่น ๆ เช่น โปรตีเอส (Protease) , ไลเปส (lipase) เป็นต้น โดยเอนไซม์เหล่านี้จะเปลี่ยนโปรตีนให้เกิดกรดอะมิโนและเปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลทำให้เกิดกลิ่นรสหลายมิติ เช่น กรดอะมิโนลิวซีนเป็นสารตั้งต้นของ Ethylleucinate ที่เป็นสารให้กลิ่นหอมเฉพาะ (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 : 15) และยังมีการสร้างสารให้กลิ่นรส (Flavor compound) และสารประกอบหอมระเหย (volatile compound) ได้แก่ isoamyl acetate, ethyl caprote, acetaldehyde, diacetyl, acetone และ acetoin เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 เชื้อราในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	เชื้อรา
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Amylomyces rouxii*
	Rhizopus spp.
	Mucor spp.
	Aspergillus niger
	Aspergillus spp.
	Penicillium spp.
	Hyalodendron spp.
	Rhizopus spp.
ลูกแป้งเหล้าไทย	*A. rouxii*
	Mucor spp.
	Aspergillus spp.
	Rhizopus spp.
ลูกแป้ง (ส่า) น้ำส้มไทย	*A. rouxii*
	Mucor spp.
	Aspergillus spp.
	Absidia spp.
ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งอินเดีย	*A. rouxii, Mucor dubius,*
	M. javanicus,
	Rhizopus oryzea
	A. niger
	R. stolonifer, A. rouxii
	R. cohnii,
	Zygorrhynchus moelleri
	A. oryzea, A. flavus,
	R. oligosporus
	R. arrhizus
	Fusarium spp.

ที่มา : พิไลพรรณ พงษ์บูล, 2523 : 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ยีสต์ในลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ

แหล่งและชนิดของลูกแป้ง	ยีสต์
ลูกแป้งข้าวหมากไทย	*Endomycopsis fibuligeras*
	Endomycopsis spp.
	Hansenula tropicalis
	Torulopsis glabrata
ลูกแป้งเหล้าไทย	*Saccharomyces cerevisiae*
	Endomycopsis fibuligela
	Endomycopsis spp.
ลูกแป้งอินโดนีเซีย	*Torala indica*
	Hansenula anomala
	Saccharomyces cerevisiae
	Endomycopsis chodat
	E. fibuligela
	H. subpelliculosa
	Candida guilliermondii
	C. humicola
	C. japoniga
	C. pelliculosa
ลูกแป้งอินเดีย	*Endomycopsis fibuligela*
	H. anomala
ลูกแป้งฟิลิปปินส์	*Endomycopsis* spp.
	Saccharomyces spp.

ที่มา : พิไลพรรณ พงษ์บูล, 2523 : 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์

การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงในน้ำหมักเป็นขั้นตอนที่ปฏิบัติมาเป็นปกติแล้วเพื่อควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ธรรมชาติ โดยจะลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำหมักลง 10 เท่า และทำให้เกิดระยะฟักตัว (log phase) ประมาณ 1-2 วัน ก่อนจะเริ่มการหมัก ในอดีตเชื่อว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะยับยั้งยีสต์ธรรมชาติ แต่ปล่อยให้ *S. cerevisiae* เจริญต่อไปนั้นไม่เป็นความจริง แม้จะมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณ 50-100 กรัมต่อลิตร แต่ยีสต์ *Kloeckera* และ *Candida* ก็ยังเจริญได้

อุณหภูมิ

อุณหภูมิของการหมักมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และระยะเวลาของการหมัก ปริมาณของยีสต์สปีชีส์ต่าง ๆ และปฏิกิริยาชีวเคมีของยีสต์ที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและรสชาติของสุรา ในการหมักที่อุณหภูมิต่ำจะมีการผลิตแอลกอฮอล์โมเลกุลสูงในปริมาณที่ลดลง แต่มีการผลิตสารพวกเอสเทอร์ในปริมาณมากขึ้น แต่ถ้าหมักที่อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดการผลิตสารแอลกอฮอล์ปริมาณสูงทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์และอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้ยีสต์ชะงักการเจริญได้

น้ำ

น้ำที่ใช้ในการทำสาโทไม่ควรใช้น้ำประปา เพราะในน้ำประปามีคลอรีน ซึ่งเป็นสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ อาจทำให้ไม่เกิดการหมักข้าวเหนียวเป็นสาโทได้ แต่หากจำเป็นต้องใช้น้ำประปาในการทำสาโท ซึ่งน้ำมีความสำคัญต่อการทำสาโทมาก เพราะใช้ในการล้างข้าวเหนียวนึ่งสุกให้หมดเมือกก่อนนำไปคลุกกับลูกแป้งเพื่อหมักเป็นโคจิ (น้ำต้อย) และใช้เป็นน้ำเติมโคจิหมักต่อจะได้สาโทที่ให้กลิ่นหอมหวาน มีปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณ 10-12 ดีกรี (จริยา เดชกุญชร และดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2546 : 7)

ปริมาณน้ำตาล

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำ มีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลทรายขาวมีลักษณะเป็นเม็ด ทำจากน้ำอ้อยหรือหัวบีท น้ำอ้อยเมื่อผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ ซึ่งใช้กรรมวิธีทางเคมีจะกลายเป็นน้ำตาลซึ่งประกอบด้วยผลึกน้ำตาลและกากน้ำตาลหรือโมลาส (Molasses) มีเกลือแร่และวิตามินเหลืออยู่บ้าง น้ำตาลเดิมจะมีสีน้ำตาลอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำไปฟอกอีกครั้งหนึ่งจะได้น้ำตาลทรายขาวซึ่งเหมาะที่จะนำไปปรุงอาหารทั่ว ๆไป การนำไปใช้ถ้าเป็นก้อนจะทำให้กระจายออกแล้วปาดให้พอดีไม่กด เขย่า หรือเคาะ (จิตรธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2525 : 13) ในระหว่างการผลิตสาโท น้ำตาลจะค่อย ๆ ปล่อยออกมาจากข้าว ทำให้ปริมาณน้ำตาลในระหว่างการหมักไม่สูงเกินไป อัตราการหมักของ *S. cerevisiae* จะลดลง เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกิน 200 กรัมต่อลิตร (ประมาณ 20 บริกซ์) ดังนั้นการผ่าน้ำจึงไม่ควรเติมน้ำตาลลงไปมากเกินไป

น้ำตาลที่ใช้ในการทำสาโทเพื่อเป็นอาหารของเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในลูกแป้ง และเพื่อเพิ่มความหวาน กลิ่น และรสให้สาโท น้ำตาลที่ใช้ควรเป็นน้ำตาลทรายขาว ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายแดง แต่การใช้น้ำตาลทรายแดงจะทำให้สาโทมีสีเข้มขึ้น และมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าสาโทที่ใช้น้ำตาลทรายขาว เพราะน้ำตาลทรายแดงมีราคาแพงกว่าน้ำตาลทรายขาว (จริยา เดชกุญชร และ ดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2546 : 7)

ไนโตรเจน

กรดอะมิโนอิสระและอิออนของแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักที่ยีสต์ใช้ในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ ในน้ำหวานข้าวมีไนโตรเจนเหล่านี้ในปริมาณเพียงพอ แต่ในการใช้วัตถุดิบทางการเกษตรเพื่อการผลิตสุราบางชนิด อาจมีไนโตรเจนไม่เพียงพอ นอกจากนั้นยีสต์ยังต้องการไนโตรเจนมากขึ้นเมื่อน้ำหมักมีปริมาณน้ำตาลสูง จึงอาจมีการเติมสารไนโตรเจนลงในน้ำหมัก

ความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช)

เมื่อราเจริญในข้าวจะทำให้เกิดกรด ทำให้ความเป็นกรด-ด่าง หรือพีเอชมีค่าอยู่ในช่วง 3.0-4.0 อัตราการเจริญของ *S. cerevisiae* จะลดลงเมื่อพีเอชลดลงจาก 3.5 เป็น 3.0 และยีสต์ชนิดอื่น ๆ ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน

คุณสมบัติอื่น ๆ ของยีสต์ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก

การหมักหยุดชะงัก (Stuck fermentation)

การหมักหยุดชะงักก่อนที่ควรจะทำให้มีน้ำตาลเหลือและได้แอลกอฮอล์ไม่เพียงพอ สาเหตุการหยุดชะงักได้แก่ การเจือจางน้ำในช่วงการผ่าน้ำมากเกินไป การหมักที่อุณหภูมิสูงเกินไป หรือวัตถุดิบในการหมักสาโทอาจมีสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญของยีสต์ การใส่ KMS ลงในน้ำหมัก การปนเปื้อนของแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก การควบคุมการหมักหยุดชะงักอาจทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการให้อากาศในน้ำหมัก การเติมไนโตรเจน และการเติมผนังเซลล์ของยีสต์เพื่อดูดซับกรดไขมันที่สร้างขึ้นโดยยีสต์ในระหว่างการหมัก ซึ่งอาจเป็นพิษต่อยีสต์และการเพิ่มสารสเตอรอลที่จำเป็นต่อยีสต์ในสภาพไม่มีออกซิเจน

ยีสต์เพชรฆาต (Killer yeasts)

ยีสต์บางสายพันธุ์สามารถผลิตโปรตีนที่เป็นพิษต่อยีสต์สปีชีส์เดียวกันหรือคนละสปีชีส์ ยีสต์ธรรมชาติบางชนิดสามารถผลิตสารพิษ (Killer toxin) ได้ และอาจทำให้การหมักหยุดชะงักได้ ยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ผลิตเพื่อการหมักไวน์หลายสายพันธุ์เป็นยีสต์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวทั้งนี้เพื่อควบคุมยีสต์ไม่พึงประสงค์และเพื่อไม่ให้ถูกทำลายด้วยสารพิษในธรรมชาติ

การย่อยสลายตัวเอง (Autolysis)

เมื่อสิ้นสุดการหมัก ยีสต์ที่ตกตะกอนอยู่จะเกิดการสลายตัวอย่างช้า ๆ อวัยวะภายในเซลล์ต่าง ๆ จะย่อยสลายโปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก และโพลีแซคคาไรด์จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์และปลดปล่อยผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมาภายนอกเซลล์ ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติของสุราและอาจเป็นสารสำหรับจุลินทรีย์ปนเปื้อนต่าง ๆ ได้ การย่อยสลายตัวเองจะมีผลมากที่สุดกับสุราที่มีการบ่มกับตะกอนยีสต์ เกิดเป็นกลิ่นรสเพราะตัวของผลิตภัณฑ์ กลิ่นรสเฉพาะของสาโทก็อาจมีส่วนมาจากส่วนนี้ด้วย เพราะสาโทแบบดั้งเดิมจะปล่อยให้น้ำสุราแช่อยู่กับยีสต์โดยไม่แยกตะกอนยีสต์ออก

แบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติก มีความสำคัญต่อการหมักสุราเนื่องจากแบคทีเรียมีส่วนในการสร้างกลิ่นรสของข้าวหมากและสาโท เพราะในการหมักข้าวหมากโดยใช้เชื้อราและยีสต์บริสุทธิ์มีรสชาติต่างจากที่ผลิตจากลูกแป้ง นอกจากนั้นแบคทีเรียแลคติกอาจทำให้สุราเสื่อมเสียได้ปกติจะพบในปริมาณน้อยและจะไม่เจริญในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ แต่จะรอจนเกิดสภาวะที่เหมาะสม แบคทีเรียเหล่านี้ ได้แก่ แลคโตบาซิลัส (*Lactobacillus*) เพดิโอคอคคัส (*Pediococcus*) และลิวโคนอสสตอค (*Leuconostoc*) (ประดิษฐ์ ครุวัณณา, 2543 : 23) การเสื่อมเสียของสุราที่อาจเกิดจากแบคทีเรียเหล่านี้ ได้แก่

1. การเกิดกรด (Acidification) ได้แก่ กรดอะซิติกและกรดแลคติก (D-lactic acid)

2. การเกิดแมนนิทอล (Mannitol taint) โดยเกิดจากน้ำตาลฟรุคโตส การเสื่อมเสียแบบนี้ค่อนข้างซับซ้อน เพราะจะเกิดพร้อมกับกรดอะซิติก กรดดี-แลคติก n-propanol 2-butanol และสารอื่น ๆ สุราจะมีรสน้ำส้มสายชูและเอสเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โรปีเนส (Ropiness) คือการเกิดเมือกข้นคล้ายน้ำมัน ซึ่งเป็นสารเด็กส์ตรินหรือโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตโดยแบคทีเรียมักเกิดก่อนที่จะเกิดการเสื่อมเสียที่รุนแรงขึ้น เช่น การเกิดกรดระเหยและแมนนิทอลมักเกิดกับสุราที่มีความเป็นกรดต่ำ ในสุราที่เก็บในแทงค์จะเกิดโรปีเนสจากก้นถังแล้วค่อย ๆ ลามสู่ส่วนบน โดนความเป็นกรดของสุราเหนือตะกอนยีสต์ เริ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสลายตัวเองของยีสต์ทำให้เกิดสารอาหารสำหรับแบคทีเรีย

4. การเกิดไดอะซิติล (Diacetyl) สุราที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียกรดแลคติกมักมีกลิ่นรสคล้ายเนยหรือเวย์ ซึ่งจะมีไดอะซิติลมากเกินไป สารนี้มีปริมาณเพียง 1 มิลลิกรัม/ลิตร ก็สามารถรับรู้รสได้ ปกติในสุรามีไดอะซิติลประมาณ 0.2-0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งผลิตโดยยีสต์ ปริมาณจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการหมักมาโลแลคติก ซึ่งมีผลต่อการซับซ้อนของรสชาติสุรา แต่ถ้าผลิตโดยแบคทีเรียอื่นจะมีปริมาณที่ทำให้สุราเสื่อมเสีย

5. กลิ่นหนู (Mousiness) การเสื่อมเสียแบบนี้มีกลิ่นเหม็นคล้ายปัสสาวะหนูหรือ Acetamide การตรวจกลิ่นนี้ทำได้โดยถูสุรากับนิ้วมือ เพื่อให้กลิ่นระเหยออกมา การเสื่อมเสียนี้ไม่ค่อยเกิดขึ้นและเกิดกับสุราที่มีความเป็นกรดต่ำและได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เพียงพอ สาเหตุเกิดจากการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์ *Brettanomyces* นอกจากนั้นสุรายังอาจเสื่อมเสียจาก คลอสตริเดียม (*Clostridium*) และบาซิลลัส (*Bacillus*) โดยแบคทีเรีย *Clostridium* ทำให้เกิดกลิ่นหืน เนื่องจากการผลิตกรดบิวทีริค ส่วน *Bacillus* ทำให้มีปริมาณกรดระเหยและกรดไม่ระเหยมากขึ้น

บทบาทของจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่อกระบวนการหมัก

ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจว่าลูกแป้งนั้นใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักผลิตภัณฑ์หลักอยู่สามผลิตภัณฑ์ได้แก่ ข้าวหมากและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน เช่น มันสำปะหลังหมักกวน (tape ketala) ของอินโดนีเซีย เครื่องดื่มประเภทมึนเมา เช่น กระแช่ สาโทและอุ และน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทแป้งเช่น ธัญพืชและพืชหัว ดังนั้นสำหรับลูกแป้งข้าวหมากเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพย่อยแป้งเป็นน้ำตาลและพวกที่ผลิตสารให้กลิ่นหอมบางชนิดเท่านั้นที่จะมีบทบาทสำคัญ ส่วนลูกแป้งเหล้านอกจะต้องประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งได้ดีแล้วยีสต์ที่มีบทบาทที่แท้จริงจะต้องสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกเหนือจากจุลินทรีย์สองกลุ่มที่กล่าวมาแล้ว ส่าน้ำส้มยังต้องประกอบด้วยแบคทีเรียน้ำส้มสายชูในปริมาณมากพอ ที่จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้มได้สูงเกินกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความเข้าใจพื้นฐานนี้ จึงได้มีการศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่แยกได้จากลูกแป้ง เช่น การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกจากลูกแป้งข้าวหมาก พบว่าเมื่อใช้เฉพาะ *Amylomyces rouxii* ร่วมกับ *Endomycopsis fibuligera* จะได้ข้าวหมากที่มีกลิ่นรสที่ไม่มีความแตกต่างจากข้าวหมากของอินโดนีเซียที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อ แต่เมื่อใช้ *Endomycopsis* ชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ *A. rouxii* ร่วมกับ *E . fiburigera* จะหมักได้ข้าวหมากที่มีลักษณะและกลิ่นรสไม่แตกต่างจากข้าวหมากของไทยที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้ง ส่วนการหมักกระแช่นั้นพบว่า เมื่อใช้ *A. rouxii* หรือ *Rhizoprs* spp. ร่วมกับ *Saccharomyces cerevisiae* จะให้ผลไม่แตกต่างจากการหมักกระแช่ด้วยลูกแป้งและพบว่า *Endomycopsis* spp. ในลูกแป้งของไทยไม่มีความสำคัญในการหมัก

ทั้ง *A. rouxii* และ *Rhizopus* spp. เป็นเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอนไซม์ที่ผลิตได้ทั้งแอลฟาอะไมเลสและกลูโคสอะไมเลส ดังนั้นในกระบวนการหมัก เชื้อราเหล่านี้มีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้ได้แอลกอฮอล์และเอสเธอร์ ดังนั้นในการหมักข้าวหมาก *A. rouxii* และยีสต์สองสกุลนี้ จึงมีบทบาทในการทำให้เกิดความหวานและผลิตสารที่ให้กลิ่นรสของข้าวหมาก ส่วนในลูกแป้งเหล้านั้น *Rhizopus* spp. หรือ *A. rouxii* มีบทบาทเช่นเดียวกันในการหมักข้าวหมาก แต่ยีสต์ที่เป็นตัวการในการหมักกระแช่ หรือสาโทได้แก่ *S. cerevisiae* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทธานอล นอกจากใช้ในการหมักเครื่องดื่มประเภทมึนเมาแล้วยังใช้ลูกแป้งเหล้าร่วมกับลูกแป้ง

ส่วนเครื่องดื่มประเภทสาโทหรือกระแช่นั้น ยีสต์จะเจริญและผลิตแอลกอฮอล์เมื่อน้ำหมักมีพีเอชต่ำ (4.2-4.5) และการมีกรดในน้ำหมักยังเป็นผลทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ เจริญได้ช้าลง นอกจากนั้นเครื่องดื่มประเภทนี้ยังนิยมให้มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ดังนั้นแบคทีเรียแลคติกในลูกแป้งจึงมีบทบาทในเรื่องนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกแป้งที่ใช้หมักเหล้าจากข้าวของอินเดียที่เรียกว่า "ชอนนิ" ซึ่งนิยมให้มีรสเปรี้ยวจัด สำหรับการหมักกระแช่หรือสาโทของไทยโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่แยกจากลูกแป้ง ได้แก่ *A. rouxii* หรือ *Rhizopus* spp. ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้า ถึงแม้จะมีในปริมาณน้อยก็จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยมีน้ำส้มเกิดขึ้น

เนื่องจากลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มักมีเชื้อน้ำส้มสายชูปนเปื้อน ในบางครั้งจึงมีการใช้ลูกแป้งเหล้าในการผลิตน้ำส้มสายชู ซึ่งผลที่ได้ในแต่ละครั้งไม่สม่ำเสมอ และได้ปริมาณกรดต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติอาหาร การผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวในระดับโรงงานขนาดย่อม จึงใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกแป้งน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้มโดยเฉพาะ ซึ่งลูกแป้งนี้จะมีเชื้อน้ำส้มสายชูในปริมาณค่อนข้างมาก (บรรจงจิต มหินทราเทพ, 2530 : 37)

2.6 สมุนไพร

สมุนไพรเป็นพืชอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งมีการปลูกและใช้ประโยชน์มานานแล้ว สมุนไพรบางชนิดสามารถนำมารับประทานเป็นอาหาร ให้คุณค่าทางอาหารและยังให้รสชาติที่ทำให้เจริญอาหาร สมุนไพรหลายชนิดยังมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค ช่วยย่อยอาหาร แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ นอกจากนี้สมุนไพรบางอย่างที่มีสรรพคุณเป็นยา สามารถนำมาสกัดเอาสารที่มีอยู่ภายในมาใช้ทำ ยาสมุนไพร หรือนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารและของใช้เพื่อการอุปโภคในชีวิตประจำวัน เช่น สบู่ ยาสีฟัน แชมพูสระผม ครีมนวดผม ครีมบำรุงผิว น้ำหอม ยาดม น้ำมันหอมระเหย และใช้ในการประกอบอาหาร ฯลฯ ด้วย ประโยชน์ของสมุนไพรมีมากมายดังที่กล่าวมาแล้ว ความต้องการใช้สมุนไพรจึงมีมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะในระยะหลังที่คนเริ่มตื่นตัวในเรื่องพิษภัยอันตรายจากสารเคมี และหันมาให้ความสนใจต่อสารที่สกัดจากสมุนไพรกันมากขึ้น ยิ่งทำให้ความต้องการ ใช้สมุนไพรยิ่งมีมากขึ้นตามลำดับ และเพื่อความสะดวกต่อการนำสมุนไพรมาใช้จึงได้มีการนำเอาสมุนไพรมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สบู่ ยาสีฟัน แชมพูสระผม ครีมนวดผม ครีมบำรุงผิว น้ำหอม ยาดม น้ำมันหอมระเหย น้ำสมุนไพรพร้อมดื่ม ไวน์ และสาโท ฯลฯ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2543)

พืชสมุนไพร ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล แต่ละส่วนทำหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต พืชชนิดเดียวกันมีลักษณะของส่วนเหล่านี้เหมือนกัน แต่อาจมีรูปร่าง ขนาด หรือสีแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภูมิภาค ประเภทและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น ลักษณะของส่วนต่าง ๆ มีการจำแนกตามลักษณะภายนอกของพืชออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ (รังสรรค์ ชุณหวรากรณ์, ม.ป.ป.)

ราก

ราก คือ ส่วนหนึ่งที่งอกต่อจากต้นลงไปในดิน ไม่แบ่งข้อและไม่แบ่งปล้อง ไม่มีใบ ตา และดอก หน้าที่ของราก คือสะสมและดูดซึมอาหารมาบำรุงเลี้ยงต้นพืช นอกจากนี้ยังยึดและค้ำจุนต้นพืชอีกด้วย รากของต้นพืชหลายชนิดก็ใช้เป็นยาสมุนไพรได้ เช่น กระชาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำต้น

เป็นโครงสร้างที่สำคัญของพืช ปกติอยู่เหนือผิวดิน หรือบางทีอาจมีบางส่วนอยู่ใต้ดิน มีข้อ ปล้อง ใบ หน่อ และดอกหน้าที่ของลำต้น ลำเลียงอาหาร ค้ำจุนและสะสมอาหารให้ต้นพืช ลำต้นของต้นไม้หลายชนิดเป็น ยาสมุนไพร เช่น ขี้เหล็ก แคบ้าน บอระเพ็ด ตะไคร้ มะขาม เป็นต้น

ใบ

ใบ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญกับต้นพืชมีหน้าที่สังเคราะห์แสง ผลิตอาหารและเป็นส่วนแลกเปลี่ยนน้ำและอากาศของต้นพืช ใบเกิดจากด้านนอกของกิ่งหรือตากิ่ง ลักษณะที่พบโดยทั่วไปเป็นแผ่นที่มีสีเขียว (สีเขียวเกิดจากสารชื่อคลอโรฟิลล์อยู่ในใบของพืช) ใบของพืชหลายชนิดใช้เป็นยาสมุนไพรได้ เช่น มะกา ฟ้าทะลายโจร กะเพรา ชุมเห็ดเทศ ฝรั่ง มะขามแขก เป็นต้น

ดอก

ดอก เป็นส่วนที่สำคัญในการแพร่พันธุ์ของพืช เป็นลักษณะเด่นพิเศษของต้นไม้แต่ละชนิดส่วนประกอบของดอกมีความแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ไม้ และลักษณะที่แตกต่างกันนี้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการจำแนกประเภทของต้นไม้ ดอกของต้นไม้หลายชนิดเป็นยาได้ เช่น กานพลู ชุมเห็ดเทศ พิกุล ลำโพง ดอกคำฝอย ดอกอัญชัน ดอกเก๊กฮวย เป็นต้น

ผล

ผล คือ ส่วนของพืชที่เกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกเดียวกันหรือคนละดอกก็ได้ มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช มีผลของต้นไม้บางอย่างเป็นยาได้ เช่น มะเกลือ ดีปลี มะแว้งต้น กระวาน เป็นต้น

องค์ประกอบทางเคมีของพืชสมุนไพร พืชสมุนไพรแต่ละชนิดมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางยาแตกต่างกัน โดยสารเคมีที่มีอยู่ในเซลล์หรือในเนื้อเยื่อพืชทุกชนิดเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงของพืชทั้งสิ้น ตามความเป็นจริงจากการรับประทานอาหารประจำวัน เราได้รับยาจากสมุนไพรเข้าไปด้วยทุกวันโดยที่เราไม่รู้สึกว่าเป็นยา พืชสมุนไพรบางชนิดใช้เป็นเครื่องเทศด้วย เช่น กระเทียม หอม ผักชี พริก ขมิ้น และกระชาย เป็นต้น สารสำคัญที่มีฤทธิ์ยาของสมุนไพรเป็นสารเคมีที่มีผลต่อสรีรวิทยาของร่างกาย มีดังนี้ (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ, 2540 : 20-21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลคาลอยด์ (Alkaloid) เป็นสารที่มีรสขม มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ มีคุณสมบัติเป็นด่าง เมื่ออยู่ในรูปของเกลือจะละลายน้ำได้ แต่ถ้าอยู่ในรูปของด่างจะละลายในตัวทำละลายซึ่งละลาย ไขมันได้ดีเช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ เป็นต้น ตัวอย่างของอัลคาลอยด์ ได้แก่ Atropine จากต้นลำโพงมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ จึงใช้เป็นยาแก้ปวดท้อง

ไกลโคไซด์ (Glycoside) เป็นสารประกอบซึ่งมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำตาล และส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาล การมีน้ำตาลมาเกาะทำให้สารนั้นสามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น ส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลเป็นสารพวกอินทรีย์เคมี ซึ่งมีสูตรโครงสร้างและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาแตกต่างกันออกไปเช่น ถ้าเป็น anthraquinone จะมีฤทธิ์เป็นยาถ่าย ถ้าเป็น steroid หรือ triterpene จะมีฤทธิ์ลดการอักเสบหรือขยายหลอดลม เป็นต้น

เอสเซนเชียลออยล์ (Essential oil) เป็นสารที่มีอยู่ในพืช โดยทั่วไปมีกลิ่นหอม เป็นส่วนผสมของ สารเคมีหลายชนิดประเภท terpene มักจะมีฤทธิ์ขับลม สารเหล่านี้หลายชนิดใช้ปรุงแต่งกลิ่นยา ใช้เป็นน้ำหอม ใช้แต่งกลิ่นอาหาร บางชนิดมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

แทนนิน (Tannin) เป็นสารประกอบที่พบในพืชทั่วไป มีรสฝาด มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน สามารถตกตะกอนโปรตีนเมื่อถูกกับเกลือคลอไรด์ของเหลวจะให้สีเขียว น้ำเงินหรือดำ เนื่องจากมีฤทธิ์ฝาด จึงใช้บรรเทาอาการท้องร่วงและยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วย

กัม (Gum) เป็นของเหนียวที่พบในพืชบางชนิด จะพบเมื่อเรากรีดหรือทำให้พืชนั้นเป็นแผล ซึ่งบางชนิดใช้ในทางเป็นยา

ลาเท็ค (Latex) เป็นยางสีขาวเหมือนน้ำมัน ประกอบด้วยแป้ง กัม (gum) เรซิน (resin) และสารอื่น บางชนิดมีสารเคมีซึ่งเมื่อรวมกับสารบางอย่างจะทำให้เกิดมะเร็ง (co-carcinogen) ที่เรียกว่า Phorbol

สเตอรอยด์ (Steroid) เป็นสารประกอบในพืชที่ละลายได้ดีในไขมันหรือตัวทำละลายที่ละลายไขมันได้ สารในกลุ่มนี้บางตัวใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ยาต้านการอักเสบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สปอนิน (Saponin) เป็นสารประเภทไกลโคไซด์ (glycoside) อาจเป็น steroid หรือ triterpene ซึ่ง saponin มีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงแตก เป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นสารประกอบของคาร์บอนและออกซิเจน มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่าง ๆ กัน เช่น ลดการอักเสบ ขยายหลอดลม ทำให้มดลูกคลายตัว ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

ไซยาโนจีนิค ไกลโคไซด์ (Cyanogenic glycoside) เป็นสารเคมีที่มีอยู่ในพืช เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์เกิดปฏิกิริยาทางเคมีจะให้ไซยาไนด์ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย เนื่องจากไปแย่งจับเม็ดเลือดแดง ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถจับกับออกซิเจน สารพวกนี้ถูกทำลายได้ง่ายโดยใช้ความร้อน มีอยู่ในพืชบางชนิด เช่น มันสำปะหลัง จึงไม่ควรรับประทาน

สารสีในพืชสมุนไพร

สารสีที่สำคัญในพืชแบ่งเป็น 4 พวกใหญ่ คือ แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ แอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์

สารสีแคโรทีนอยด์ ให้สีเหลืองถึงแดงอมส้ม สามารถละลายได้ในน้ำมันและพบได้ในส่วนของพืชที่เรียกว่า พลาสติด (Plastids) พบมากในพืชทั่วไป ใบไม้ที่เป็นสีเขียวก็มีสารสีแคโรทีนอยด์ด้วย แต่สีเขียวของคลอโรฟิลล์จะกลบสีเหลือง เราจึงมองใบไม้เป็นสีเขียวเท่านั้น ผลไม้และผักที่มีสารสีนี้ เช่น มะเขือเทศ มันเทศ แครอท ฟักทอง พืช เปลือกกล้วย พริก เป็นต้น สารสีแคโรทีนอยด์ในพืชต่าง ๆ จะมีชื่อแตกต่างกันออกไป เช่น ในมะเขือเทศจะมีสารสีไลโคพีน ในแครอทมีสารแคโรทีน ในข้าวโพดมีสารสีคริบโทแซนทีน ในส้มมีสารสีแซนโธฟิลล์และในพริกแดงมีสารสีแคพแซนทีน

สารสีคลอโรฟิลล์ ให้สีเขียวพบมากในส่วนของพืชที่เรียกว่า พลาสติด (Plastids) มีอยู่ในพืชสีเขียวทุกชนิด ผลไม้บางชนิดจะมีสารสีนี้อยู่ด้วยส่วนมากสามารถละลายได้ในน้ำและน้ำมัน สารสีคลอโรฟิลล์ไม่ทนความร้อนจึงเกิดปัญหามากเมื่อนำมาหุงต้ม สีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวมะกอกและในที่สุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

สารสีแอนโธไซยานิน ให้สีแดง ม่วง น้ำเงิน ส่วนมากสามารถละลายได้ในน้ำและน้ำมัน ผักและผลไม้ที่มีสารนี้ เช่น หัวบีท กะหล่ำปลีสีม่วง ลูกพลัม ราสเบอรี่ กระเจี๊ยบ ผักและผลไม้ที่มีแอนโธไซยานินเมื่อถูกความร้อนสีจะเปลี่ยนไป สารสีแดงละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้นเมื่อนำผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผลไม้ที่มีสารนี้ไปต้มในน้ำ น้ำต้มนั้นจะเป็นสีแดง ถ้าสีนั้นละลายไปมาก ๆ สีของผักและผลไม้นั้นก็จะหมดไป

สารสีฟลาโวนอยด์ ให้สีออกเหลือง มีในพวกผลไม้และผักและพบอยู่ร่วมในเนื้อเยื่อพืชที่เป็นสีแดงและสีเขียวด้วย ละลายได้ในน้ำและจะละลายอยู่ในส่วนเซลล์แซบ (cellsap)

จากที่พืชสมุนไพรเป็นพืชที่มีคุณค่าทางยาและมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค เช่น ช่วยย่อยอาหาร แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ฯลฯ ยังเชื่อกันว่า ต้นพืชสมุนไพรต่าง ๆ เป็นพืชที่มีสารที่เป็นตัวยาด้วยกันทั้งสิ้นเพียงแต่ว่าพืชชนิดไหนจะมีคุณค่าทางยามากน้อยกว่ากันเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการนำพืชสมุนไพรมาสกัดเอาสารที่มีอยู่ภายในมาใช้ทำยาสมุนไพร เครื่องสำอาง นำมาเป็นส่วนประกอบของอาหาร เช่น เครื่องแกง น้ำสมุนไพร สาโทสมุนไพร อันได้แก่ สาโทดอกคำฝอย สาโทมะเกี๋ยง สาโทกระชายดำ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพร อันได้แก่ ส่วนราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด ลักษณะที่แตกต่างกันนี้จึงใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการจำแนกประเภท องค์ประกอบทางเคมี และการนำมาใช้ประโยชน์ และดอกก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญในการขยายพันธุ์ของพืช มีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค และใช้เป็นส่วนประกอบในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สบู่ ยาสีฟัน แชมพูสระผม ครีมนวดผม ครีมบำรุงผิว น้ำหอม ยาดม น้ำมันหอมระเหย น้ำสมุนไพรพร้อมดื่ม ไวน์และสาโท ฯลฯ เนื่องจากส่วนของดอกเป็นส่วนที่ให้สีสันสวยงาม มีกลิ่นรสเฉพาะตัว และมีสารที่เป็นประโยชน์ จึงได้ทำการศึกษาทดลอง โดยการนำเอาพืชสมุนไพรประเภทดอก เช่น ดอกคำฝอย มาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตสาโทสมุนไพร โดยการสกัดเอาสารที่มีอยู่ในสมุนไพรโดยการต้มและนำน้ำที่ได้มาใช้ในการทำสาโท และสรรพคุณและคุณสมบัติของพืชสมุนไพรแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกัน ชนิดของพืชสมุนไพรที่นำมาสกัดสีและใช้น้ำมาหมักสาโทมีดังนี้

2.6.1 ดอกคำฝอย (Safflower)

ชื่อภาษาไทย	คำฝอย
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Carthamus tinctorius* Linn.
ชื่อสามัญ / ชื่ออังกฤษ	Safflower, False Saffron, Saffron Thiste, Dyer's Saffron, American Saffron
วงศ์	COMPOSITAE (ASTERACEAE)
ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น	คำ (ทั่วไป) ดอกคำ คำยอง คำยุ่ง คำหยุม (ภาคเหนือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

คำฝอย เป็นพืชล้มลุกอายุประมาณ 1 ปี ออกดอกออกผลแล้วต้นจะโทรม ลำต้นสูงประมาณ 60-140 เซนติเมตร พบมากทางภาคเหนือ มีลักษณะเป็นพุ่ม แตกกิ่งก้านสาขามากมาย ลำต้นเป็นสัน ผิวเรียบแข็ง โคนลำต้นมีขนาดใหญ่ แต่ปลายกิ่งเรียวเล็ก ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับกัน ไม่มีก้านใบ ลักษณะใบคล้ายรูปไข่ หรือใบหอก เป็นรูปขอบขนาน ขอบใบหยักเป็นซี่คล้าย ฟันเลื่อย ปลายเป็นหนามแหลม ใบเป็นมันหนาสีเขียวเข้ม ออกดอกเป็นช่อ บริเวณปลายกิ่งประกอบด้วยดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก ลักษณะดอกคล้ายดอกบานชื่น กลีบดอกมีสีเหลืองเข้ม และจะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีแดง มีกลีบเลี้ยงหรือกลีบประดับเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ เพื่อรองรับดอก บริเวณปลายกลีบเลี้ยงมีหนามแหลมคม ลักษณะผลคล้ายรูปไข่ มีสีขาว เมล็ดมีลักษณะยาวรี มีเปลือกแข็งสีขาวถึงสีงาช้าง ผลเป็นผลแห้งไม่แตก เมื่อผลแก่แห้งเมล็ดจะไม่แตกกระจาย (http://www.prophansarn.com/herb/herb4.)

แหล่งกำเนิด

คำฝอย มีถิ่นกำเนิดในตะวันออกกลาง บริเวณรัสเซียตอนใต้ทางตะวันตกของอิหร่าน อิรัก ซีเรีย และทางตอนใต้ของตุรกี จอร์แดน อิสราเอล ในประเทศไทยพบปลูกทางภาคเหนือของประเทศ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ชอบดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดี คำฝอยจัดเป็นพืชทนดินเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5–8 เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่ำกว่า 1,000 เมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกอยู่ระหว่าง 5–15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในระยะออกดอกอยู่ระหว่าง 24–32 องศาเซลเซียส คำฝอยเป็นพืชทนแล้ง ต้องการความชื้นเฉพาะในช่วงการงอกและช่วงการออกดอก ความชื้นสูงจะทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ช่วงการปลูกที่เหมาะสมคือฤดูแล้งที่มีความชื้นในดินพอควรซึ่งปลูกได้ตั้งแต่เดือนตุลาคม-มกราคม (http://www.krongthong.com/herb/kumfoil.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของดอกคำฝอย

ที่มา : http://www.prophansarn.com/herb/herb4.

สารสำคัญที่พบ

กลีบดอกคำฝอยประกอบด้วยสารสำคัญ คือ ดอกมีสารที่มีสีแดง เช่นคาร์ทามิน (carthamin) หรือ คาร์ทามิน แอซิค (carthamic acid) อยู่ 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นสารสีเหลือง คือ มีสารสีเหลืองชื่อ แซฟโฟลเวอร์-เยลโลว์ (sufflower-yellow) อยู่ 24-30 เปอร์เซ็นต์ มีเบต้า-ซีสโตสเตอรอล (beta-sistosterol) กรดไขมัน (fatty acids) น้ำตาล ฯลฯ ในเมล็ดมี มีโปรตีน น้ำตาล น้ำมันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญ คือ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) 79 เปอร์เซ็นต์ เบต้าซีสโตสเตอรอล (beta-sistosterol) เบต้าแคโรทีน (bera-carotene) วิตามินอี กรดอะมิโน (amino acids) และอื่น ๆ ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและมีในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีกรดปาล์มมิติก (Palmitic) กรดเมอริสติค (Myristic acid) (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, ม.ป.ป.)

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของดอกคำฝอยแห้งและน้ำสีที่สกัดได้

ที่มา : (http://www.prophansarn.com/herb/herb4.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตำรายาไทยใช้ดอกแห้งเป็นยาบำรุงหัวใจ บำรุงประสาท ขับระดู เมล็ดเป็นยาถ่าย ขับเสมหะ ขับประจำเดือน รักษาโรคผิวหนัง ทาแก้บวม แก้โรคผิวหนัง ลดไขมันในเส้นเลือด และช่วยป้องกันไขมันอุดตัน น้ำมันของดอกคำฝอยมีส่วนประกอบของกรดไลโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (ประมาณร้อยละ 75) จึงเชื่อว่าจะทำให้ปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือดต่ำลง และจากผลการวิจัยในสัตว์ทดลองและในคน พบว่า เมล็ดน้ำมันดอกคำฝอยช่วยทำให้ปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือดลดลงได้จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกรดไลโนเลอิกจะไปทำปฏิกิริยากับคอเลสเทอรอลในเลือดได้เป็นคอเลสเทอรอลไลโนเลเอท (choloesterollinoleate) และยังมีรายงานว่า น้ำมันดอกคำฝอยทำให้ฤทธิ์ของเอนไซม์ ที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดไขมันลดลงอีกด้วย จากผลการวิจัยในสัตว์ทดลอง และในคนพบว่า น้ำมันดอกคำฝอย จะช่วยให้การอุดตันของไขมันในหลอดเลือดลดลง และช่วยป้องกันการอุดตันของไขมันในเลือดได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากน้ำมันดอกคำฝอยมีฤทธิ์ลดการจับตัวของเกล็ดเลือด

กลีบดอกใช้แต่งสีอาหาร โดยนำดอกมาแช่น้ำร้อน ส่วนเมล็ดมีน้ำมันระเหยมาก เรียกว่า น้ำมันเมล็ดคำฝอย มีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดไลโนเลอิก (lioleic) และกรดไลโนเลนิก (liolenic) การทดลองในสัตว์หลายชนิดรวมทั้งคนปกติ และผู้ป่วยที่มีระดับไขมันในเลือดสูง พบว่าน้ำมันสามารถป้องกันไม่ให้ระดับคอเลสเทอรอลสูงขึ้น และป้องกันการอุดตันของไขมันในเลือด (http://www.tigerdragon.in.th)

ประโยชน์และคุณค่าทางสมุนไพร

1. ช่วยบำรุงโลหิต บำรุงหัวใจ บำรุงประสาท ขับเหงื่อ ลดไขมันในเส้นเลือด โดยนำกลีบดอกคำฝอยชงกับน้ำร้อน ดื่มเป็นน้ำชาหรือใช้ดื่มแทนน้ำ

2. เมล็ดคำฝอยช่วยลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด (คอเลสเทอรอล) ป้องกันการอุดตันของไขมันในหลอดเลือด และลดน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้ยังช่วยขับเสมหะ ขับประจำเดือนและใช้เป็นยาถ่าย เพราะมีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อนๆ

3. บรรเทาอาการปวดมดลูกหลังการคลอด โดยตำเมล็ดดอกคำฝอยให้ละเอียดใช้พอกบริเวณหัวหน่าว

4. น้ำมันจากเมล็ด ใช้ทารักษาโรคผิวหนัง โรคไขข้ออักเสบและแก้อาการบวมฟกช้ำดำเขียว ใช้ต้มกับน้ำเมื่อออกหัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 มะเกี๋ยง

ชื่อภาษาไทย	มะเกี๋ยง
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Cleistocalyx nervosum* var. *paniala*
ชื่อสามัญ / ชื่ออังกฤษ	-
วงศ์	CLEISTOCALYX
ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น	มะเกี๋ยง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะเกี๋ยงเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ลำต้นสูง 15-20 เมตร มีเส้นรอบวงของลำต้น มากกว่า 1.5 เมตร ลำต้นตรง เปลือกลำต้นสีเทาหรือน้ำตาลปนเทา เปลือกนอกค่อนข้างเรียบ หรือแตกเป็นร่องตื้นตามแนวยาว เรือนยอดเป็นพุ่มทรงกระบอกถึงค่อนข้างกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง ทรงพุ่ม 8-15 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว เกิดบนกิ่งอ่อนออกตรงกันข้ามเป็นคู่ (opposite) มีจำนวนใบกิ่งละ 4-6 คู่ แผ่นใบรูปขอบขนานถึงรูปรีขอบขนาน (oblong-elliptic) หรืออาจเป็นรูปใบห่อ (lanceolate) ขนาดใบกว้าง 8-12 เซนติเมตร ยาว 20-30 เซนติเมตร ผลสดมีเนื้อนุ่ม (berry) รูปไข่ขอบขนาน เส้นผ่านศูนย์กลางผล 1.0-1.8 เซนติเมตร ยาว 1.5-2.4 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเหลืองปนเขียว ผลแก่มีเปลือกบางสีแดง แดงปนม่วงถึงม่วงปนดำ เนื้อผลหนา 0.3-0.5 เซนติเมตร เนื้อผลชั้นในเป็นเยื่อบางหุ้มรอบเมล็ดในผลหนึ่ง ๆ มีเมล็ดเพียงหนึ่งเมล็ด ผลมีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมเฉพาะ เมล็ดมีรูปไข่หรือกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8-1.0 เซนติเมตร ภายในเมล็ดมีหลายเอ็มบริโอ (polyembryony) เรียงตามขวางของเมล็ด เปลือกเมล็ดสีน้ำตาลอ่อน ภายในสีเขียว เมล็ดสามรถงอกเป็นต้นอ่อนได้ตั้งแต่ระยะผลเริ่มสุกแก่ รากมะเกี๋ยงที่เกิดจากเมล็ดเป็นรากแก้ว สีน้ำตาลเข็ม แตกรากแขนงค่อนข้างมาก รากที่เกิดจากกิ่งตอนมีสีน้ำตาลอ่อนมีขนาดใหญ่กว่ารากที่เกิดจากเมล็ด แต่มีจำนวนน้อยกว่ารากที่เกิดจากเมล็ด

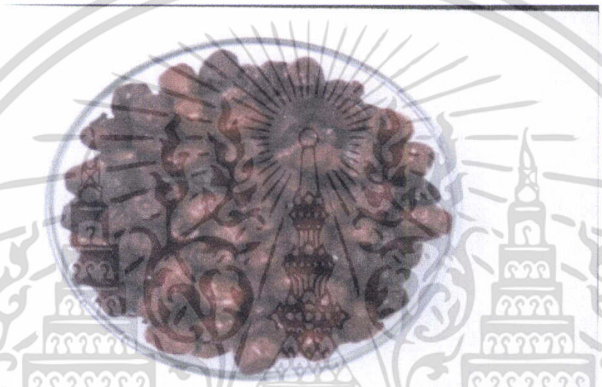
ถิ่นกำเนิดมะเกี๋ยง

ถิ่นกำเนิดของมะเกี๋ยงยังไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่มีรายงานว่าพบมะเกี๋ยงในประเทศอินเดีย พม่า และเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย จากการสำรวจในภาคเหนือของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2537-2538 ปรากฏว่าพบต้นมะเกี๋ยงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และน่าน ในจังหวัดอื่นสำรวจไม่พบต้นมะเกี๋ยง มะเกี๋ยงเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 350-550 เมตร โดยเฉพาะพื้นที่ริมห้วย หนองบึง ที่มีความชื้นตลอดปี ไม่มีน้ำท่วมขังและเป็นที่น่าสังเกตว่า มะเกี๋ยงเป็นไม้ผลที่ขึ้นอยู่ใกล้แหล่งที่อยู่อาศัยของผู้คนไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่ในป่าธรรมชาติ นอกจากจะมีคนนำไปปลูกไว้จึงสันนิษฐานว่า มะเกี๋ยงเป็นพืชที่คนไทยทางภาคเหนือนำเมล็ดมาปลูกในเขตหมู่บ้าน

ปัจจุบันได้นำมะเกี๋ยงไปปลูกบนพื้นที่สูง 150 เมตร (จากระดับน้ำทะเล) และมีสภาพอากาศหนาวเย็น พบว่ามีการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งหน้าจะเป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ให้เหมาะสมได้ในอนาคตอันใกล้นี้ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 7-14)



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของผลมะเกี๋ยง

การจำแนกสายพันธุ์มะเกี๋ยง

มะเกี๋ยงเป็นพืชพื้นเมืองที่ยังไม่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย จึงยังไม่มีการจำแนกหรือการตั้งชื่อสายพันธุ์ที่แน่ชัด แต่จากการสำรวจในเขตภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่าต้นมะเกี๋ยงมีลักษณะใบและผลที่แตกต่างกันพอสมควร ซึ่งอาจจำแนกเป็นสายพันธุ์เบื้องต้นตามความแตกต่างของสีและขนาดของใบและผลแก่ได้ดังนี้

1. จำแนกตามสี

1.1 สายพันธุ์ที่มีแผ่นใบสีเขียวเข้ม ก้านใบสีเขียวหรือสีน้ำตาลปนเขียว ฐานดอกสีเหลือง ผลแก่สีแดงส้ม

1.2 สายพันธุ์ที่มีแผ่นใบสีเขียว ก้านใบสีแดง ฐานดอกสีเหลืองปนเขียว ผลแก่สีแดงปนม่วงหรือสีม่วงดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จำแนกตามขนาด

2.1 สายพันธุ์ที่มีผลขนาดใหญ่ ผลยาว 1.8-2.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.5-1.8 เซนติเมตร น้ำหนักผล 3.1-4.0 กรัม

2.2 สายพันธุ์ที่มีผลขนาดกลาง ผลยาว 1.4-1.7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2-1.5 เซนติเมตร น้ำหนักผล 2.1-3.0 กรัม

2.3 สายพันธุ์ที่มีผลขนาดเล็ก ผลยาว 1.0-1.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9-1.2 เซนติเมตร น้ำหนักผล 1.1-2.0 กรัม

อย่างไรก็ตามขนาดของผลอาจแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่มะเกี๋ยงขึ้นอยู่ นอกจากนี้ ยังพบต้นมะเกี๋ยงที่ออกดอกเร็ว มีผลสุกแก่ในเดือนเมษายน ซึ่งเร็วกว่าต้นมะเกี๋ยงทั่วไปที่ออกดอกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมและมีผลสุกแก่ในช่วงปลายเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนกันยายน

คุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการของผลมะเกี๋ยงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่ควรทำการศึกษา เนื่องจากเป็นพืชวงศ์เดียวกับลูกหว้าที่มีผู้ศึกษาหลายคน พบว่าลูกหว้ามีฤทธิ์ทางยาหลาย ๆ ด้านจากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่ามีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิก เช่น Resvertrol จากการศึกษาทางการแพทย์ได้ใช้สารนี้เป็นยาป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เนื่องจากสารนี้ช่วยในการกระตุ้นเพิ่มระดับของ HDL (High Density Lipoprotein) ในกระแสเลือด ซึ่ง HDL นี้จะทำหน้าที่ทำลายไขมันที่เกาะตามผนังหลอดเลือดช่วยป้องกันไม่เกิดโรคหลอดเลือด หัวใจอุดตัน ในส่วนเปลือกของมะเกี๋ยงพบสารในกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) และแทนนิน (tennins) ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกันกับที่พบในเปลือกและเมล็ดองุ่นสารนี้ทำหน้าที่จับกับสารกระตุ้นการเกิดมะเร็งที่เป็นอนุมูลอิสระ ทำให้ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรม การเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 67)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยในองค์ประกอบพื้นฐานในมะเกี๋ยง

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

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 67)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
ไอโซ- ลูซีน	26.32 ± 7.76	198.86 ± 31.93
ลูซีน	56.60 ± 15.98	416.95 ± 67.71
ไลซีน	46.76 ± 13.35	354.74 ± 60.42
เมธไธโอนีน	8.93 ± 2.51	67.99 ± 12.69
ซีสตีน	14.29 ± 5.25	109.37 ± 18.21
ฟีนิลอะลานิน	67.18 ± 131.42	494.44 ± 155.319
ทรีโอนีน	31.51 ± 9.16	275.50 ± 105.48
ทริปโตเฟน	9.01 ± 2.26	70.12 ± 17.05
วาลีน	35.37 ± 10.13	267.17 ± 40.19
ฮีสตีดีน	16.65 ± 5.14	125.51 ± 21.18

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 70)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายในผลมะเกี๋ยง (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)

กรดอะมิโน	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
กรดแอสปาร์ติค	65.46 ± 19.35	495.72 ± 85.62
ซีรีน	39.08 ± 11.30	296.10 ± 46.79
กรดกลูตามิค	87.62 ± 25.31	665.95 ± 130.20
โปรลีน	31.95 ± 10.37	243.64 ± 52.46
ไกลซีน	36.62 ± 10.61	277.21 ± 45.06
อะลานีน	43.55 ± 12.58	328.62 ± 51.01
ไทโรซีน	14.65 ± 4.48	108.13 ± 27.80
อาร์จีนีน	31.18 ± 31.57	239.15 ± 52.85

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 71)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของแร่ธาตุและโลหะหนักในผลมะเกี๋ยง

ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนัก	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
แคลเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	55.19 ± 28.26	408.60 ± 153.5
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	11.80 ± 4.87	87.32 ± 23.6
เหล็ก (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	0.47 ± 0.32	3.50 ± 1.90
สังกะสี (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	0.28 ± 0.16	2.38 ± 1.84
ตะกั่ว (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	0.24 ± 0.20	2.38 ± 1.8
ปรอท (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	0	0

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 68)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของวิตามินในผลมะเกี๋ยง

ปริมาณวิตามิน	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
วิตามินเอ (เบต้า-แคโรทีน)(IU/100 g.)	625.36 ± 562.43	4574.73 ± 3708.5
วิตามินบี 2 (µg/100 g.)	95.89 ± 48.41	717.30 ± 280.16
วิตามินบี 1 (µg/100 g.)	47.66 ± 24.39	357.44 ± 154.81
วิตามินอี (µg/100 g.)	0.9 ± 0.0	5.87 ± 1.28
วิตามินซี	ไม่พบ	ไม่พบ

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2539 (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 69)

2.6.3 หม่อน

ชื่อภาษาไทย	หม่อน
ชื่อวิทยาศาสตร์	*Morus alba* L.
ชื่อสามัญ	Mulberry Tree, White Mulberry
วงศ์	MORACEAE
ชื่ออื่น / ชื่อท้องถิ่น	หมะหม่อน (ภาคเหนือ)

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับหม่อน

หม่อนมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในประเทศจีน ญี่ปุ่น และทางตอนเหนือของประเทศไทย จัดเป็นพืชกึ่งเมืองร้อน (Sub-Tropical) แต่สามารถเจริญได้ดีในเขตร้อนทั่วไป รวมทั้งประเทศไทยด้วย (ไชยา อุ้ยสูงเนิน, 2532: 9) ในธรรมชาติพบหม่อนตามป่าเบญจพรรณทั่วทุกภาค เป็นไม้พุ่ม อายุหลายปี ทุกส่วนของต้นเมื่อหักจะมีน้ำยางสีขาวขุ่น ใบเป็นรูปไข่ ปลายเรียวแหลม ออกเวียนสลับรอบกิ่ง แผ่นใบหยักเว้าเป็นแฉกลึกตามแนวเส้นใบมี 3–5 แฉก ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยไม่สม่ำเสมอ ช่อดอกเป็นช่อกระจุกออกที่ซอกใบ ดอกแยกเพศอยู่ร่วมต้นกัน ผลเป็นผลรวมอัดกันแน่นเป็นช่อ เมื่อสุกสีแดงคล้ำถึงดำฉ่ำน้ำ (อุไร จีรมงคลการ, 2547 : 190)

ชนิดของหม่อน

โดยทั่วไปหม่อนแบ่งได้เป็น 2 ชนิด หม่อนที่ปลูกรับประทานผล (Back Mulberry หรือ *Morus nigra*) มีผลโตเป็นช่อ ผลสุกมีสีดำ รสเปรี้ยวอมหวาน ใช้รับประทานสดหรือทำแยม หม่อนพันธุ์ที่ปลูกไว้เลี้ยงไหม (White Mulberry หรือ *Morus alba* Linn) หม่อนชนิดนี้มีผลเป็นช่อขนาดเล็ก ผลสุกมีสีแดง รสเปรี้ยวอมหวาน ใบมีขนาดใหญ่และดก หม่อนชนิดนี้จึงนิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอาหารสำหรับตัวไหม ส่วนผลไม่ค่อยมีผู้นิยมรับประทานสดมากนัก แต่ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะนำมาแปรรูปมากขึ้น (เผดิม ฐิตะฐาน, 2523 : 10) พันธุ์หม่อนที่ปลูกโดยทั่วไปในประเทศไทยมี 14 พันธุ์ดังนี้ 1) หม่อนน้อย 2) หม่อนส้ม 3) หม่อนใบมน 4) หม่อนใบโพธิ์ 5) หม่อนจาก 6) หม่อนใย 7) หม่อนแก้วอุบล 8) หม่อนตาดำ 9) หม่อนหยวก 10) หม่อนแม่ลูกอ่อน 11) หม่อนมี่ 12) หม่อนสา 13) หม่อนแก้วชนบท 14) หม่อนไผ่

คุณค่าทางโภชนาการของผลหม่อน

ผลหม่อนเป็นผลไม้ที่ไร้คุณค่าในสายตาของบุคคลทั่วไป แต่ความเป็นจริงแล้วผลหม่อนมีคุณค่าทางอาหารพอสมควร จากผลการวิเคราะห์พบว่า หม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 และหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ให้คุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 11

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะผลหม่อน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำลูกหม่อน พบว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 85–88 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล, กลูโคสและฟรุกโตส) 7.8–9.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.4-1.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.4-0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอิสระ 1.1-1.9 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 0.9-1.4 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ 0.7-0.9 เปอร์เซ็นต์

แม้ว่าในปัจจุบันนี้วิทยาการเรื่องลูกหม่อนยังไม่เป็นที่แพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการศึกษาอยู่ตลอด และได้พบว่าการศึกษาในผลหม่อนมีสารอาหารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหลักที่เรียกว่า “ไซยานิน” อยู่ในผลหม่อน โดยเฉพาะโครงสร้างที่เป็นไซยานิน (เป็นสารสีแดงที่ทำให้ผลหม่อนเมื่อแก่จะมีสีแดงถึงม่วง) ในองค์ประกอบของผลหม่อนสุกมีสารตัวนี้ 0.2 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในผลหม่อน 1 ออนซ์ จะมีแอนโธไซยานิน 60 มิลลิกรัม การบริโภคผลหม่อนแห้งประมาณ 9–15 กรัมต่อวัน จะได้องค์ประกอบของแอนโธไซยานิน 90–150 มิลลิกรัม (Dharmananda, 2003)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำลูกหม่อนโดย (Dharmananda, 2003) พบว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 85–88 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ คาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล, กลูโคสและฟรุกโตส) 7.8–9.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 0.4-1.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.4-0.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอิสระ 1.1-1.9 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 0.9-1.4 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ 0.7-0.9 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของลูกหม่อน

พันธุ์หม่อน	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	เส้นใย (%)	เถ้า (%)	ความเปรี้ยว (%)	พีเอช (%)	ความชื้น (%)
นครราชสีมา 60								
(สีของผล)								
สีเขียว	3.16	2.33	2.40	0.47	94.17	7.85	4.00	83.40
สีชมพู	2.09	2.25	3.51	0.50	95.45	6.91	4.0	83.24
สีแดง	2.09	1.48	5.16	0.49	95.26	4.91	4.15	89.57
สีม่วง	1.56	1.47	26.31	0.50	94.67	1.39	6.00	90.27
บุรีรัมย์ 60								
(สีของผล)								
สีเขียว	3.25	2.27	1.80	0.06	93.42	8.21	3.91	84.19
สีชมพู	2.27	2.30	2.51	0.66	93.42	7.05	4.00	83.24
สีแดง	2.24	1.35	4.91	0.66	93.98	4.71	4.05	89.67
สีม่วง	1.26	1.31	21.81	0.63	93.23	1.51	5.90	90.15

ที่มา : วิโรจน์ แก้วเรืองและคณะ, 2535 : 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์จากลูกหม่อน

หม่อนพันธุ์ลูกผสมที่นิยมปลูกในประเทศไทยได้แก่ นครราชสีมา 60 บุรีรัมย์ 60 และศรีษะเกษ 33 ซึ่งให้ผลที่มีขนาดใหญ่ทั้ง 3 พันธุ์ ในจำนวน 100 ผล พบว่าให้น้ำหนักเป็น 113.08, 99.80 และ 143.20 กรัมตามลำดับ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2535 : 7) ดังนั้นจึงมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลหม่อนโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ มากขึ้นเช่น น้ำลูกหม่อน ไวน์หม่อนและแยมลูกหม่อนเป็นต้น (อุไร จีรมงคลการ, 2547 : 190)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลไม้ที่อุดมไปด้วยแอนโธไซยานินจะมีมาก ซึ่งผู้ใหญ่ควรบริโภคในปริมาณ 180-215 มิลลิกรัมต่อวัน โดยเฉพาะในบลูเบอร์รี่มีมากที่สุดและแหล่งที่สำคัญอื่น ๆ คือ เชอรี่ ลูกเกด (black currants) ไบเบอรี่และผลไม้อื่น ๆ ที่มีสีแดง สีฟ้า สีม่วง การบริโภคแอนโธไซยานินในปัจจุบันก็ยังบริโภคกันอย่างต่อเนื่องโดยในตัวผลหม่อนเองใช้เป็นทั้งสมุนไพรและเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีการศึกษาถึงประโยชน์ของแอนโธไซยานินเกี่ยวกับกิจกรรมการป้องกันการออกซิไดซ์ การป้องกันโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด การส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน กิจกรรมการต้านเชื้อไวรัสและการลดความเครียด (Dharmananda, 2003)

เนื่องจากปัจจุบันสาโทเริ่มเป็นที่รู้จักของนักดื่มอย่างแพร่หลาย ด้วยรสชาติที่หวานนำเปรี้ยวของสาโททำให้ดื่มง่าย มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และมีกระบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก สามารถผลิตไว้ดื่มเองได้ จึงทำให้สาโทเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยม สาโทที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไปจะมีลักษณะสีขาวขุ่นซึ่งเกิดจากการหมักของข้าว ลักษณะดังกล่าวทำให้สาโทได้รับความนิยมน้อยกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่นที่มีการผสมสีลงไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้เป็นที่สนใจของผู้บริโภคจึงได้มีการคิดค้นนำพืชสมุนไพรเช่น หม่อน มะเกี๋ยง และดอกคำฝอย เป็นต้น โดยการใช้สีจากพืชดังกล่าวมาผสมในขั้นตอนการผ่านำ้ของสาโทในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สาโทสมุนไพรที่มีรสชาติ สี และกลิ่นที่ดีขึ้น ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์สาโทให้มีความแตกต่างจากสาโทที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่มีความห่วงใยในสุขภาพของตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1. เครื่องมือ

1. Hand Retractometer (Model : RHB-32 ATC และ Model : RHB-62)
2. Ebulliometer (DUJ ARDIN-SALLERON)
3. เครื่องวัด pH meter (Precisa รุ่น PN 3900–01 D)
4. ตู้ปลอดเชื้อ (Clean รุ่น V5–V6)
5. เตาแก๊ส (Electrlux รุ่น EK 9720)
6. แผ่นให้ความร้อน (Hot Plate)
7. กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS รุ่น COVE R-015)
8. เครื่องชั่ง 1.000 กรัม (TANITA MODEL 114)

3.1.2. อุปกรณ์ และเครื่องแก้ว

1. หม้อสแตนเลส
2. อ่างผสมสแตนเลส
3. กระชอน
4. ลังถึง
5. ผ้าขาวบาง
6. ขวดแก้ว
7. โหลแก้ว
8. ถุงพลาสติก
9. ช้อนพลาสติก
10. ยางรัด
11. บีกเกอร์
12. ขวดรูปชมพู
13. บิวเรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ปิเปต
15. กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิเมตร
16. กระดาษทิชชู
17. กระดาษสติ๊กเกอร์

3.1.3. วัตถุดิบ

1. ข้าวเหนียวเขี้ยวงู
2. สมุนไพรที่ใช้ คือ หม่อน มะเกี๋ยง ดอกคำฝอย
3. ลูกแป้ง
4. น้ำสะอาด
5. น้ำตาลทราย

3.1.4. สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolpthalein)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

3.2 วิธีการ

3.2.1. การเตรียมน้ำที่สกัดจาก ลูกหม่อน มะเกี๋ยง และดอกคำฝอย

3.2.1.1 วิธีสกัดน้ำลูกหม่อน

1. คัดเลือกลูกหม่อน เลือกลักษณะลูกที่สมบูรณ์ไม่เน่าเสีย ไม่มีแมลงเจาะ
2. ล้างทำความสะอาด
3. คั้นน้ำจากผลหม่อนโดยใช้อัตราส่วนผลหม่อนต่อน้ำเท่ากับ ผลหม่อน 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน
4. นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้ได้น้ำลูกหม่อนที่ไม่มีเศษเนื้อของลูกหม่อน
5. นำมาบรรจุลงขวดพลาสติก แล้วจึงนำไปแช่แข็งเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 วิธีสกัดน้ำมะเกี๋ยง

1. คัดเลือกมะเกี๋ยง เลือกลักษณะของลูกที่ดี ไม่เน่าเสีย

2. นำมาล้างทำความสะอาด

3. นำมาบดเพื่อให้น้ำออกโดยมีการเติมน้ำลงไป 1 ส่วนต่อมะเกี๋ยง 3 ส่วน เพื่อให้คั้นได้ง่ายขึ้นและได้ปริมาณของน้ำสีเพิ่มมากขึ้น

4. จากนั้นนำกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้ได้น้ำมะเกี๋ยงที่ไม่มีเศษของเนื้อมะเกี๋ยงปนลงไป

5. นำมาบรรจุลงขวดพลาสติก แล้วจึงไปแช่แข็งเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป

3.2.1.3 วิธีสกัดน้ำดอกคำฝอย

1. นำดอกคำฝอยแห้ง 50 กรัม ต่อ น้ำ 2,000 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดแล้วยกลงทิ้งไว้ให้เย็น

2. กรองด้วยผ้าขาวบาง

3. นำมาบรรจุขวดพลาสติก แล้วจึงไปแช่แข็งเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป

3.2.2. ขั้นตอนการผลิตสาโท

1. นำข้าวเหนียวตราเขี้ยวงู 1 กิโลกรัม แช่น้ำ 6 ชั่วโมง ซาวน้ำให้สะอาด

2. นำมานึ่งให้สุก นำข้าวเหนียวที่นึ่งสุกมาล้างน้ำให้หมดเมือก แล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำ

3. บดลูกแป้งให้ละเอียดแล้วนำมาคลุกเคล้ากับข้าวที่เตรียมไว้ (ใช้ลูกแป้ง 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก)

4. นำข้าวมาบรรจุใส่ขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ขวดละ 50 กรัม แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3 วัน

5. หลังจากหมักได้ 3 วันแล้ว เติมน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำตาลแล้ว ขวดละ 150 มิลลิลิตร โดยใช้ความเข้มข้น ดังต่อไปนี้

- ลูกหมอน 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์
- มะเกี๋ยง 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์
- คำฝอย 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

6. เริ่มทำการหมักสาโท จนครบระยะเวลาที่กำหนดไว้คือ 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์

1. เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

2. ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) โดยใช้เครื่องวัด pH meter จะใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 30 มิลลิลิตร

- เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก วัดโดยการไตรเตรทกับ NaOH 0.1 นอร์มัล จะใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ไล่คาร์บอนแล้ว 9 มิลลิเมตร ยกเว้นตัวอย่างที่ควบคุม (control) ไม่ต้องเจือจางตัวอย่าง

- เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ หาได้โดยการใช้เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) จะใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 50 มิลลิลิตร

- ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (% Brix) โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer จะใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2-3 หยด

- จำนวนเซลล์ โดยทำการเจือจางตัวอย่างที่ 10^{-1} จากนั้นนำมานับโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

3.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน โดยทดสอบโดยวิธี Hedonic Scale และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

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

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2547 - มีนาคม พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การศึกษาการผลิตสาโท โดยใช้สีสกัดจากผลหม่อน ผลมะเกี๋ยง (ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์) และดอกดำฝอย (ความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์) เก็บตัวอย่างวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก พีเอช และจำนวนเซลล์ยีสต์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน จากนั้นทำการหมักโดยเพิ่มปริมาตรและทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักสาโท

การหมักสาโททุกชุดของสีธรรมชาติ เริ่มต้นด้วยการทำ saccharification โดยใช้ข้าวเหนียวนึ่งสุก ล้างให้หมดเมือก ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ คลุกด้วยลูกแป้งสาโท 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ปล่อยให้เกิดการย่อยข้าวนาน 3 วัน ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วปรับให้ได้ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักสาโทจากน้ำผลหม่อน

การผลิตสาโทโดยการเติมน้ำผลหม่อน ที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) พบว่า เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 21.80 22.40 21.95 และ 22.00 ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เท่ากับ 0.71 1.48 1.83 และ 1.60 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เท่ากับ 13.75 9.10 7.95 และ 7.00 (ภาพที่ 8) ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 12.85 13.90 และ 14.13 (ภาพที่ 9) โดยการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ยีสต์จากอายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 3.05×10^6 2.70×10^6 1.90×10^6 และ 1.16×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น 5.20×10^7 2.29×10^6 2.36×10^6 และ 4.44×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 3.50 3.12 2.95 และ 3.10 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.32 0.28 0.42 และ 0.47 เมื่ออายุการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

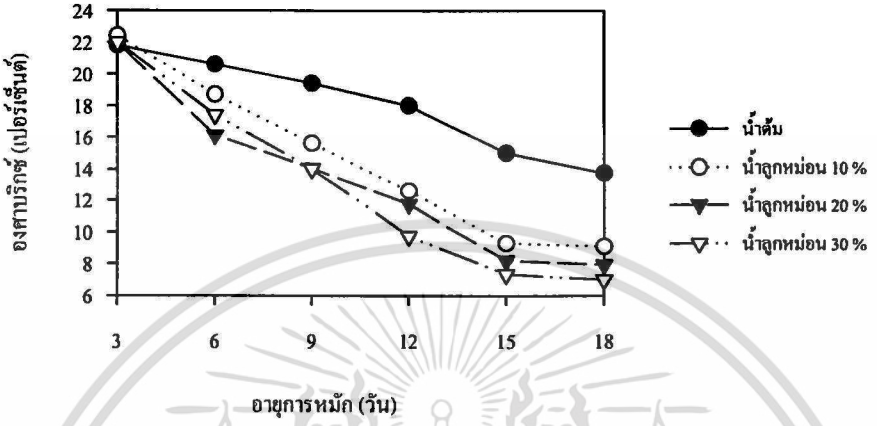
18 วัน ค่าพีเอชเท่ากับ 3.34 3.23 3.23 และ 3.37 (ภาพที่ 10) ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.65 0.73 0.84 และ 0.89 (ภาพที่ 11) ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำผลหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

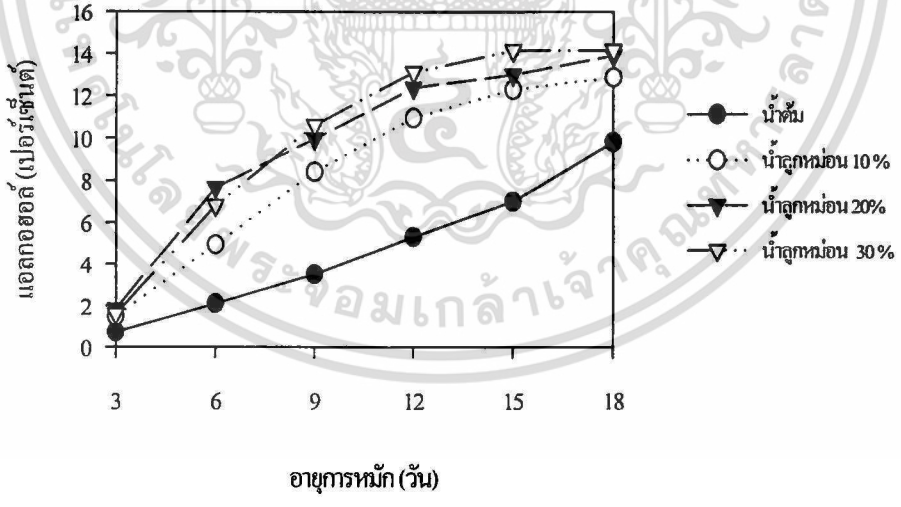
ทรีทเมนต์ / การวิเคราะห์	อายุการหมัก (วัน)						หมายเหตุ
	3	6	9	12	15	18	
1 / บริกซ์(%)	21.80	20.60	19.40	18.00	15.00	13.75	
แอลกอฮอล์ (%)	0.71	2.10	3.50	5.30	7.00	9.80	(ชุดควบคุม)
แลคติก (%)	0.32	0.46	0.47	0.49	0.59	0.65	เติมน้ำต้ม
พีเอช(pH)	3.50	3.43	3.11	3.27	3.20	3.34	
จำนวนเซลล์	3.05×10^6	3.40×10^6	3.5×10^6	2.6×10^6	1.08×10^7	5.20×10^7	
2 / บริกซ์(%)	22.40	18.70	15.60	12.60	9.30	9.10	
แอลกอฮอล์ (%)	1.48	4.93	8.40	10.90	12.28	12.85	
แลคติก (%)	0.28	0.59	0.61	0.70	0.70	0.73	น้ำลูกหม่อน
พีเอช(pH)	3.12	2.86	3.10	3.15	3.19	3.23	10 %
จำนวนเซลล์	2.70×10^6	3.15×10^6	3.7×10^6	4.24×10^6	4.7×10^6	2.29×10^6	
3 / บริกซ์(%)	21.95	16.10	14.05	11.75	8.20	7.95	
แอลกอฮอล์ (%)	1.83	7.65	9.95	12.35	12.98	13.90	
แลคติก (%)	0.42	0.67	0.70	0.75	0.75	0.84	น้ำลูกหม่อน
พีเอช(pH)	2.95	2.98	3.16	3.17	3.16	3.23	20 %
จำนวนเซลล์	1.90×10^6	2.60×10^6	6.96×10^6	4.40×10^6	3.8×10^6	2.36×10^6	
4 / บริกซ์(%)	22.00	17.40	14.00	9.75	7.35	7.00	
แอลกอฮอล์ (%)	1.60	6.80	10.60	13.10	14.13	14.13	
แลคติก (%)	0.47	0.70	0.71	0.75	0.83	0.89	น้ำลูกหม่อน
พีเอช(pH)	3.10	3.00	3.17	3.17	3.25	3.37	30 %
จำนวนเซลล์	1.16×10^6	2.3×10^6	3.8×10^6	1.07×10^7	4.10×10^6	4.44×10^6	

หมายเหตุ : จำนวนเซลล์ (เซลล์ / มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

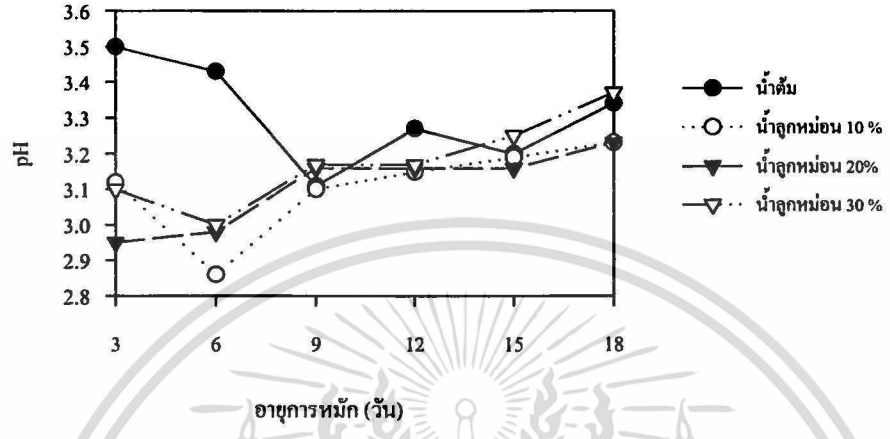


ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ในระหว่างการหมักสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

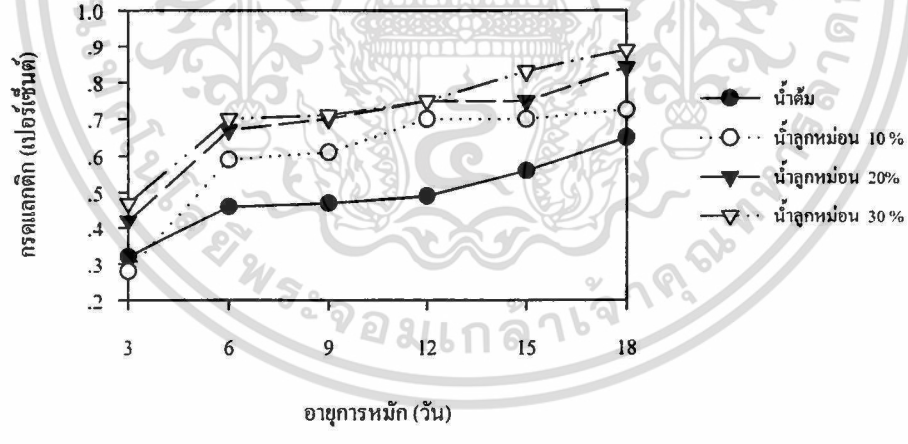


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมักสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3–18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

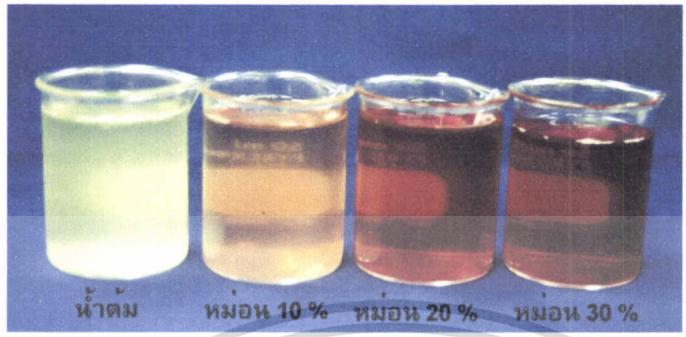


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3–18 วัน



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 12 สาโทหม่อนที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ

จากผลการหมักจะเห็นได้ว่าชุดที่เติมน้ำผลหม่อนมีกิจกรรมการหมักเกิดได้สูงกว่าชุดที่เติมน้ำต้ม เป็นเพราะว่าน้ำผลหม่อนมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการหมัก เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กรดอิสระ เส้นใย และแร่ธาตุต่าง ๆ (Dharmananda , 2003) จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้น้ำผลหม่อนความเข้มข้นมากขึ้น เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักสาโทจากน้ำผลมะเกี๋ยง

การผลิตสาโทโดยการเติมน้ำผลมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) พบว่า เปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 21.80 22.15 20.60 และ 22.30 ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.71 1.38 2.78 และ 1.78 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เท่ากับ 13.75 7.20 7.00 และ 6.90 (ภาพที่ 13) ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 13.65 14.15 และ 14.73 (ภาพที่ 14) โดยที่การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ยีสต์จากอายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 3.05×10^6 1.09×10^6 1.10×10^6 และ 3.00×10^6 เซลล์/มิลลิลิตรเป็น 5.20×10^7 8.70×10^5 2.63×10^6 และ 4.18×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 3.50 3.24 3.12 และ 3.25 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.32 0.14 0.28 และ 0.43 เมื่ออายุการหมัก 18 วัน ค่าพีเอชเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

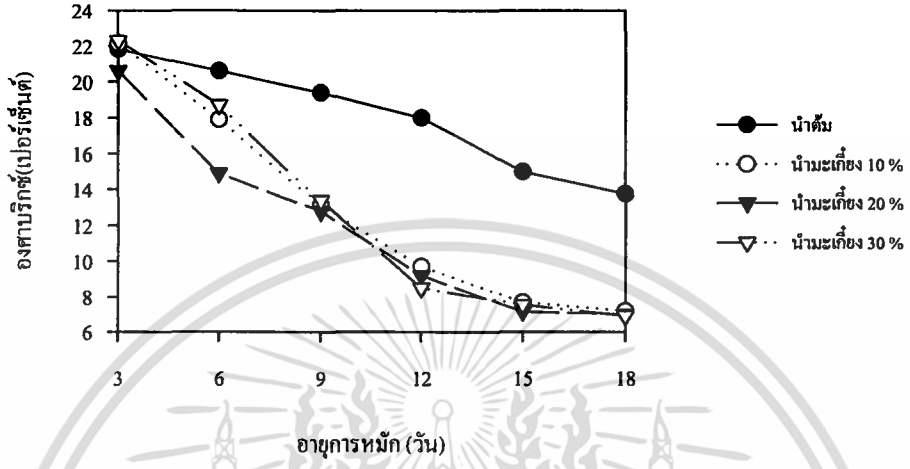
3.34 3.37 3.42 และ 3.55 (ภาพที่ 15) ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.65 0.71 0.75 และ 0.77 (ภาพที่ 16) ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำผลมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

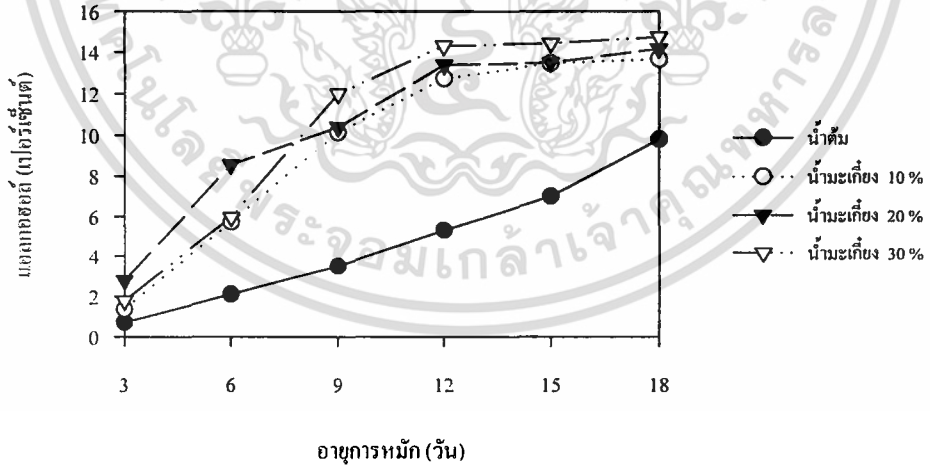
ทรีทเมนต์ / การวิเคราะห์	อายุการหมัก วัน)						หมายเหตุ
	3	6	9	12	15	18	
1/ บริกซ์(%)	21.80	20.60	19.40	18.00	15.00	13.75	
แอลกอฮอล์ (%)	0.71	2.10	3.50	5.30	7.00	9.80	(ชุดควบคุม)
แลคติก (%)	0.32	0.46	0.47	0.49	0.59	0.65	เติมน้ำต้ม
พีเอช(pH)	3.50	3.43	3.11	3.27	3.20	3.34	
จำนวนเซลล์	3.05×10^6	3.40×10^6	3.5×10^6	2.6×10^6	1.08×10^7	5.20×10^7	
2/ บริกซ์(%)	22.15	17.90	13.10	9.70	7.70	7.20	
แอลกอฮอล์ (%)	1.38	5.70	10.13	12.73	13.45	13.65	
แลคติก (%)	0.14	0.29	0.44	0.64	0.66	0.71	น้ำมะเกี๋ยง
พีเอช(pH)	3.24	3.00	3.18	3.21	3.26	3.37	10 %
จำนวนเซลล์	1.09×10^6	1.8×10^6	3.3×10^6	3.5×10^6	9.2×10^5	8.7×10^5	
3/ บริกซ์(%)	20.60	14.90	12.75	9.20	7.15	7.00	
แอลกอฮอล์ (%)	2.78	8.54	10.38	13.38	13.48	14.15	
แลคติก (%)	0.28	0.43	0.62	0.625	0.67	0.75	น้ำมะเกี๋ยง
พีเอช(pH)	3.12	3.10	3.24	3.36	3.30	3.42	20 %
จำนวนเซลล์	1.1×10^6	1.9×10^6	2.4×10^6	1.0×10^7	3.0×10^6	2.63×10^6	
4/ บริกซ์(%)	22.30	18.70	13.35	8.50	7.55	6.90	
แอลกอฮอล์ (%)	1.78	5.95	12.00	14.30	14.42	14.73	
แลคติก (%)	0.43	0.65	0.67	0.75	0.76	0.77	น้ำมะเกี๋ยง
พีเอช(pH)	3.25	3.13	3.20	3.41	3.43	3.55	30 %
จำนวนเซลล์	3.0×10^6	5.1×10^6	6.0×10^6	7.9×10^6	4.8×10^6	4.18×10^6	

หมายเหตุ : จำนวนเซลล์ (เซลล์ / มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

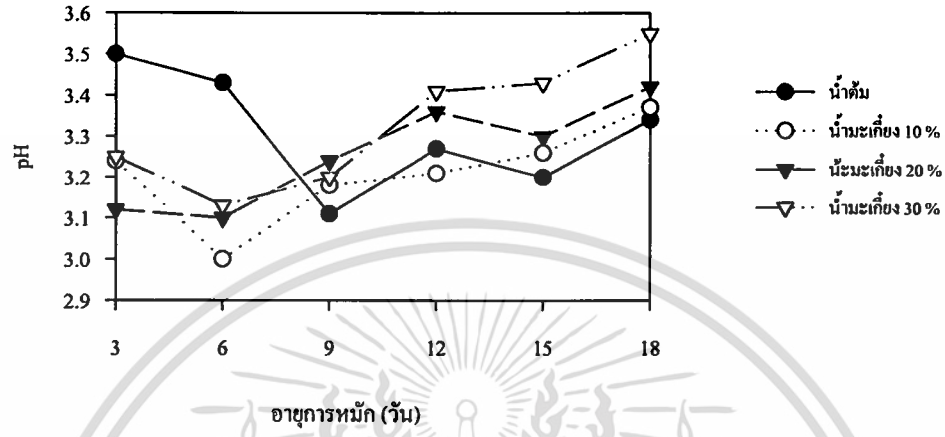


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

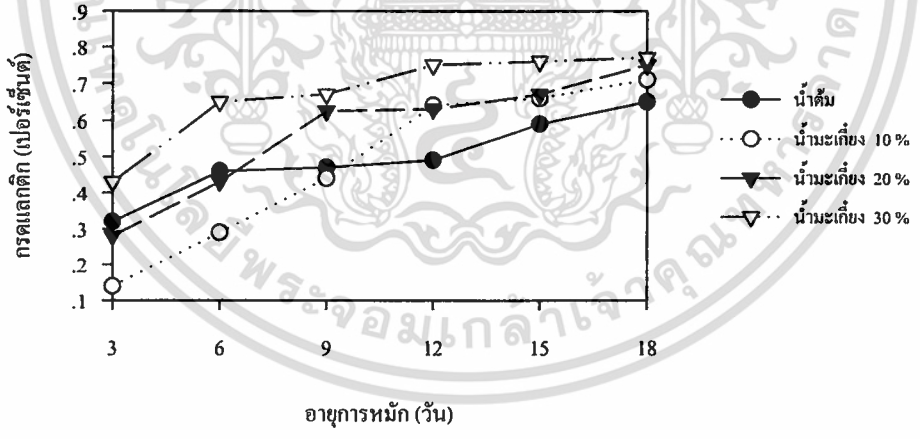


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

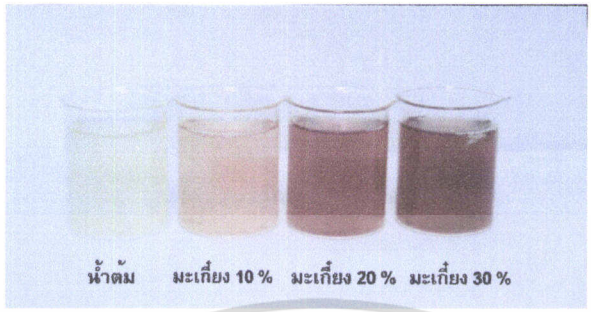


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักสาโทมะเกี๋ยง ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 สาโทมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ

จากผลการหมักจะเห็นได้ว่าชุดที่เติมน้ำผลมะเกี๋ยงมีกิจกรรมการหมักเกิดได้สูงกว่าชุดที่เติมน้ำต้ม เป็นเพราะว่าน้ำผลมะเกี๋ยงมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการหมัก เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน น้ำตาลอินเวิร์ต วิตามิน แร่ธาตุและโลหะหนักรวมทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกาย (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง กระทรวงศึกษาธิการ, 2545 : 67) เมื่อใช้น้ำผลมะเกี๋ยงความเข้มข้นมากขึ้นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักสาโทจากน้ำดอกคำฝอย

การผลิตสาโทโดยการเติมน้ำดอกคำฝอยที่ความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) พบว่า เปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 19.00 18.40 17.40 และ 17.00 ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.50 3.40 3.80 และ 3.90 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 11.00 6.60 7.00 และ 6.80 (ภาพที่ 18) ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 8.00 12.45 13.90 และ 13.95 (ภาพที่ 19) โดยที่การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ยีสต์ จากอายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 1.30×10^5 1.10×10^5 1.50×10^5 และ 1.00×10^5 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น 6.10×10^6 1.80×10^6 2.70×10^6 และ 1.10×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำดอกคำฝอย 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 3.35 3.03 2.93 และ 2.92 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.223 0.357 0.357 และ 0.357 เมื่ออายุการหมัก 18 วัน ค่าพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

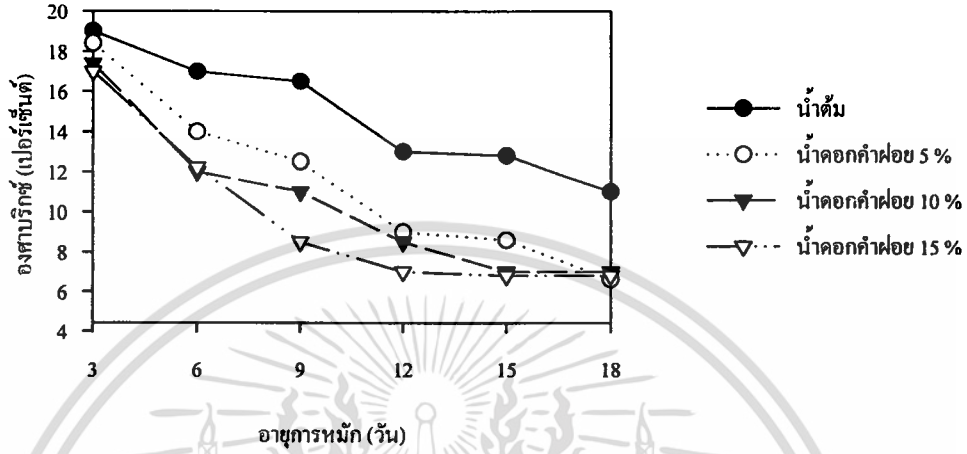
เท่ากับ 2.89 3.29 3.39 และ 3.41 (ภาพที่ 20) ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 1.312 0.522 0.563 และ 0.595 (ภาพที่ 21) ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำดอกคำฝอย 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน

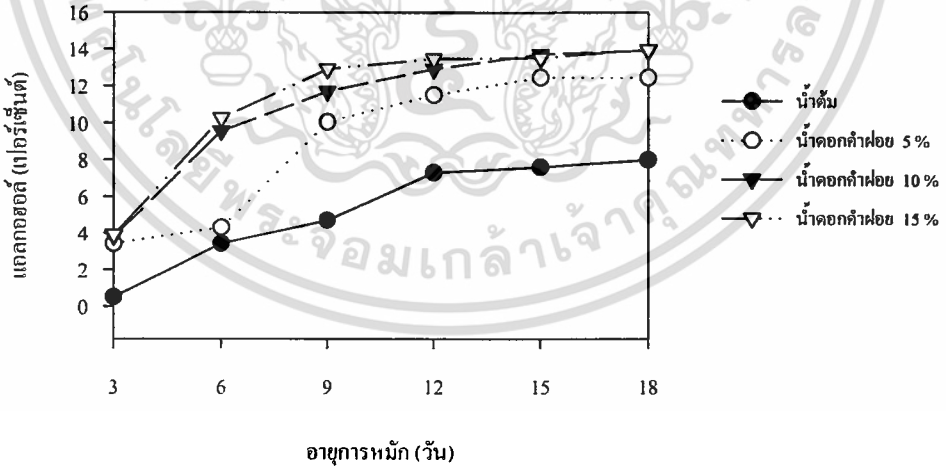
ทรีทเมนต์ / การวิเคราะห์	อายุการหมัก วัน)						หมายเหตุ
	3	6	9	12	15	18	
1 / บริกซ์(%)	19.00	17.00	16.50	13.00	12.80	11.00	
แอลกอฮอล์ (%)	0.50	3.40	4.70	7.30	7.60	8.00	(ชุดควบคุม)
แลคติก (%)	0.223	0.375	0.708	0.714	0.874	1.312	เติมน้ำต้ม
พีเอช(pH)	3.35	3.33	3.05	3.11	2.99	2.89	
จำนวนเซลล์	1.3×10^5	1.7×10^5	1.04×10^7	7.2×10^6	6.9×10^6	6.1×10^6	
2 / บริกซ์(%)	18.40	14.00	12.50	9.00	8.60	6.60	
แอลกอฮอล์ (%)	3.40	4.30	10.05	11.50	12.45	12.45	
แลคติก (%)	0.357	0.401	0.446	0.473	0.492	0.522	น้ำดอกคำฝอย
พีเอช(pH)	3.03	3.20	3.27	3.34	3.29	3.29	5 %
จำนวนเซลล์	1.1×10^5	3.3×10^5	6.55×10^6	8.9×10^6	9.4×10^6	1.8×10^6	
3 / บริกซ์(%)	17.4 0	12.00	11.00	8.50	7.00	7.00	
แอลกอฮอล์ (%)	3.80	9.55	11.70	12.90	13.70	13.90	
แลคติก (%)	0.357	0.446	0.446	0.497	0.535	0.563	น้ำดอกคำฝอย
พีเอช(pH)	2.93	3.16	3.27	3.37	3.34	3.39	10 %
จำนวนเซลล์	1.5×10^5	3.7×10^5	3.3×10^6	2.5×10^6	3.0×10^6	2.7×10^6	
4 / บริกซ์(%)	17.00	12.20	8.50	7.00	6.80	6.80	
แอลกอฮอล์ (%)	3.90	10.25	12.90	13.45	13.50	13.95	
แลคติก (%)	0.357	0.491	0.535	0.535	0.581	0.595	น้ำดอกคำฝอย
พีเอช(pH)	2.92	3.18	3.32	3.42	3.46	3.41	15 %
จำนวนเซลล์	1.0×10^5	1.3×10^5	2.1×10^6	5.7×10^6	4.55×10^6	1.1×10^6	

หมายเหตุ : จำนวนเซลล์ (เซลล์ / มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

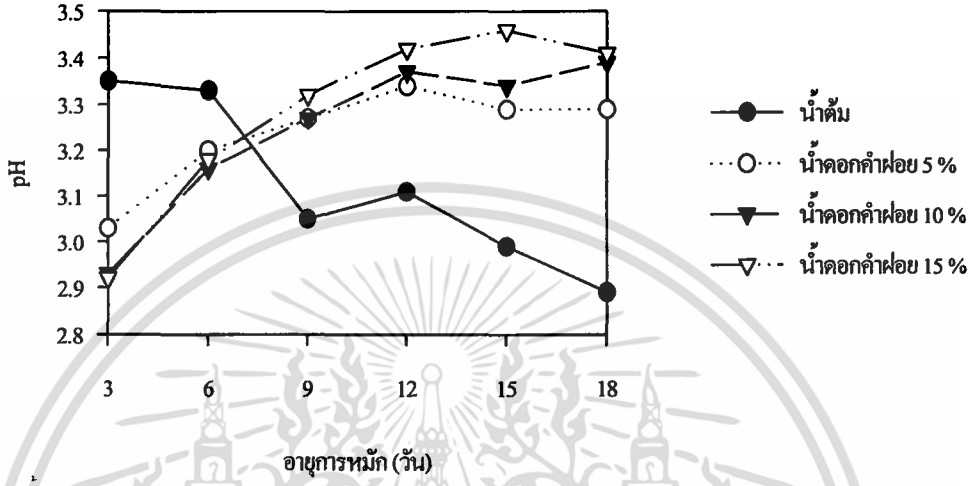


<u>ภาพที่ 18</u> การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

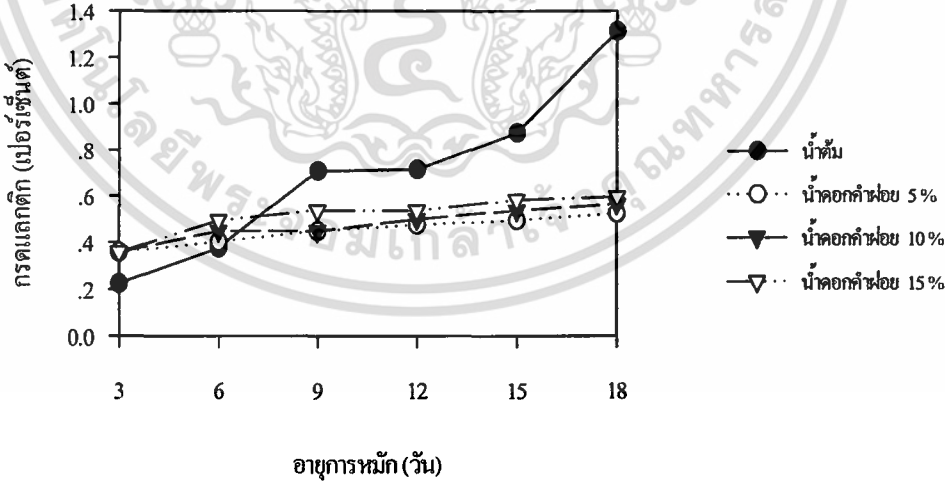


<u>ภาพที่ 19</u> การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงของพีเอช ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักสาโทดอกคำฝอย ที่อายุการหมัก 3 – 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 22 สาโทดอกดำฝอยที่ความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน ตามลำดับ

จากผลการหมักจะเห็นได้ว่าชุดที่เติมน้ำดอกดำฝอยมีกิจกรรมการหมักเกิดได้สูงกว่าชุดที่เติมน้ำต้ม เป็นเพราะว่าน้ำดอกดำฝอยมีองค์ประกอบของสารต่างๆ ที่ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการหมัก เช่น คาร์ทามินแอซิด แซฟโฟลเวอร์ เยลโลว์ เบต้า ซีสเตอรอล กรดไขมัน น้ำตาล (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, ม.ป.ป.) จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้น้ำดอกดำฝอยความเข้มข้นมากขึ้น เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก

การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์บริกซ์และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักสาโท สาโทหม่อน สาโทมะเกี๋ยง และสาโทดอกดำฝอย จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์จะลดลงตามระยะเวลาของการหมัก ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากการใช้น้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งของยีสต์ไปสร้างแอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ จึงทำให้เปอร์เซ็นต์บริกซ์ลดลงและเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น (นภา โล่ห์ทอง, 2537 : 17)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ในระหว่างการหมักสาโทหม่อน สาโทมะเกี๋ยง และสาโทดอกดำฝอย จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นและลดลงอยู่ในช่วง 2.88 – 3.55 ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาอายุของการหมัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อราในข้าวเจริญแล้วทำให้เกิดกรด ทำให้ความเป็นกรด – ด่างหรือพีเอชลดต่ำลงและสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติกจะให้กรดอินทรีย์คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก ซึ่งเป็นสารเมตาบอไลท์ทำให้สภาพพีเอชต่ำลง ความเป็นกรดจะสูงขึ้นหรือเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพการหมักที่ไม่เหมาะสม ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์ยีสต์ตายเมื่อสิ้นสุดการหมัก ยีสต์ที่ตกตะกอนอยู่จะเกิดการสลายตัวอย่างช้า ๆ อวัยวะต่าง ๆ ภายในเซลล์ถูกย่อยสลาย โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก และโพลีแซคคาไรด์จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ และปลดปล่อยผลิตภัณฑ์ต่างๆ ออกมาภายนอกเซลล์ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติของสุราและอาจเป็นสารสำหรับปนเปื้อนต่าง ๆ ได้ การย่อยสลายตัวเองจะมีผลมากที่สุดกับสุราที่มีการบ่มกับตะกอนยีสต์ เกิดเป็นกลิ่นรสเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ กลิ่นรสเฉพาะของสาโทก็อาจมีส่วนมาจากจุดนี้ด้วย เพราะสาโทแบบดั้งเดิมจะปล่อยให้น้ำสุราแช่อยู่กับยีสต์โดยไม่แยกตะกอนยีสต์ออกหรือเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลิตของยีสต์สกุล *Brettanomyces* ซึ่งจะผลิตกรดแอซิติกได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพความเป็นกรดสูงขึ้น (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล , 2539 : 150)

จากนั้นทำการหมักเพื่อเพิ่มปริมาตรของน้ำหมัก ในทุกชุดของการหมักสาโทสีทุกขั้นตอนปฏิบัติเหมือนกันกับชุดที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยเพิ่มปริมาณของข้าวเหนียว เป็น 1,000 กรัม คลุกด้วยลูกแป้งสาโท 0.3 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) ปล่อยให้เกิดการหมักนาน 18 วัน แล้วนำมาทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยกลุ่มผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อสาโท

<u>ภาพที่ 23</u> สาโทหม่อนที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกหม่อน

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สาโทเติมน้ำลูกหม่อน 10 %	6.22[b]	6.60[a]	6.97[a]	6.84[b]
สาโทเติมน้ำลูกหม่อน 20%	7.03[a]	6.76[a]	7.22[a]	7.14[ab]
สาโทเติมน้ำลูกหม่อน 30%	7.62[a]	6.97[a]	7.24[a]	7.54[a]

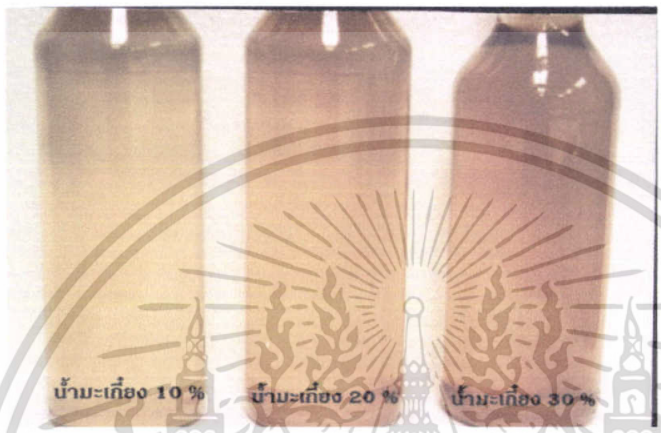
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกหม่อน โดยตัวแทนผู้บริโภค จำนวน 39 คน การวิเคราะห์ทางด้านสีของสาโทลูกหม่อน (ตารางที่ 16) พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 3 คือสาโทเติมน้ำลูกหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติมากสุดเท่ากับ 7.62 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะให้สีแดงที่เป็นประกาย จึงดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้มากกว่าตัวอย่างอื่น ผลการทดสอบทางด้านกลิ่น พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของกลิ่นสูงสุดเท่ากับ 6.97 6.76 และ 6.60 ในตัวอย่างที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ตัวอย่างที่ 3 คือสาโทเติมน้ำลูกหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าเฉลี่ยของกลิ่นสูงสุด อาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีกลิ่นของลูกหม่อนน้อยเกินไป ไม่โดดเด่น รวมทั้งได้คะแนนการยอมรับน้อยกว่าตัวอย่างที่ 3 ที่มีทั้งกลิ่นเฉพาะของลูกหม่อนที่ชัดเจนโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ

ส่วนด้านรสชาติพบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของรสชาติสูงสุดเท่ากับ 7.24 7.22 และ 6.97 ในตัวอย่างที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ที่ตัวอย่างที่ 3 คือสาโทเติมน้ำลูกหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติเนื่องจากในการชิมครั้งนี้ผู้บริโภคมีวัย และเพศที่แตกต่างกัน ผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิงจะมีความชอบตัวอย่างที่ 1 และ 2 มากกว่าตัวอย่างที่ 3 เพราะว่ามีรสเปรี้ยวอมหวานและมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์น้อยกว่า ส่วนผู้บริโภคที่เป็นเพศชายจะชอบตัวอย่างที่ 3 มากที่สุดเพราะว่ามีรสชาติที่ไม่หวานมากและมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูง สุดท้ายด้านความชอบโดยรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ตัวอย่างที่ 3 คือ สาโทเติมน้ำลูกหม่อน 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 7.54 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยรวมด้านสี กลิ่น และรสชาติ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด



ภาพที่ 24 สาโทมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ

ตารางที่ 16 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกมะเกี๋ยง

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 10%	6.75[a]	6.47[a]	6.06[b]	6.03[a]
สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 20%	6.84[a]	6.94[a]	6.75[ab]	6.31[a]
สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 30%	7.09[a]	6.19[a]	6.94[a]	6.88[a]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากลูกมะเกี๋ยง โดยตัวแทนผู้บริโภค จำนวน 34 คน การวิเคราะห์ทางด้านสีของสาโทสีจากน้ำลูกมะเกี๋ยง (ตารางที่ 17) พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของสีสูงสุดเท่ากับ 7.09 6.84 และ 6.75 ในตัวอย่างที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ตัวอย่างที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 คือ สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสีที่ให้สีแดงที่เป็นประกายจึงดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้มากกว่าตัวอย่างอื่น ผลการทดสอบทางด้านกลิ่น พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของกลิ่นสูงสุดเท่ากับ 6.94 6.47 และ 6.19 ในตัวอย่างที่ 2 1 และ 3 ตามลำดับ ตัวอย่างที่ 2 คือ สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 20 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลิ่นในตัวอย่างที่ 1 และ 3 มีกลิ่นของมะเกี๋ยงน้อยและมากเกินไปตามลำดับ จึงทำให้ผู้บริโภคชอบตัวอย่างที่ 2 ที่มีกลิ่นของมะเกี๋ยงปานกลางไม่อ่อนและฉุนจนเกินไป

ส่วนด้านรสชาติ พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P< 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 3 คือ สาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 6.94 เนื่องจากในการชิมครั้งนี้ผู้บริโภคมีวัยและเพศที่แตกต่างกัน ผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิงจะมีความชอบตัวอย่างที่ 1 และ 2 มากกว่าตัวอย่างที่ 3 เพราะว่ามีรสเปรี้ยวอมหวานและมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์น้อยกว่า ส่วนผู้บริโภคที่เป็นเพศชายจะชอบตัวอย่างที่ 3 มากที่สุดเพราะว่ามีรสชาติที่ไม่หวานมากและมีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูง สุดท้ายด้านความชอบโดยรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของกลิ่นเท่ากับ 6.88 6.31 และ 6.03 ในตัวอย่างที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ตัวอย่างที่ 3 คือสาโทเติมน้ำลูกมะเกี๋ยง 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยรวมด้านสี กลิ่น และรสชาติ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ภาพที่ 25 สาโทดอกคำฝอยที่ความเข้มข้น 15 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากดอกคำฝอย

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 5%	7.90[a]	7.27[a]	7.47[a]	7.57[a]
สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 10%	7.13[b]	6.73[ab]	5.63[b]	6.10[b]
สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 15%	7.26[b]	6.33[b]	5.40[b]	5.67[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ P : 0.05

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทสีธรรมชาติจากดอกคำฝอย โดยตัวแทนผู้บริโภค จำนวน 30 คน การวิเคราะห์ทางด้านสีของสาโทสีจากน้ำดอกคำฝอย (ตารางที่ 17) พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 1 คือสาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 7.90 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะให้สีที่อ่อนเหลืองที่เป็นประกาย จึงดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้มากกว่าตัวอย่างอื่น ผลการทดสอบทางด้านกลิ่น พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 1 คือ สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 7.27 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ 2 และ 3 มีกลิ่นฉุนของดอกคำฝอยเด่นชัดมากเกินไป ผู้บริโภคจึงให้การยอมรับน้อยกว่าตัวอย่างที่ 1 ซึ่งมีกลิ่นที่หอมซ่อนเร้นของดอกคำฝอยที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ

ส่วนด้านรสชาติ พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 1 คือ สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 7.47 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรสชาติที่กลมกล่อมไม่ขมและเฝื่อนมากเกินไป สุดท้ายด้านความชอบโดยรวม พบว่า ค่าเฉลี่ยในตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) โดยที่ตัวอย่างที่ 1 คือ สาโทเติมน้ำดอกคำฝอย 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับมากสุดทางสถิติเท่ากับ 7.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการผลิตสาโทโดยใช้สีสกัดจากผลหม่อน ผลมะเกี๋ยง และดอกคำฝอย เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ที่อายุการหมัก 3 6 9 12 15 และ 18 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ พีเอช และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ตลอดจนศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโท ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การศึกษาความเข้มข้นของน้ำหม่อน น้ำมะเกี๋ยง และน้ำดอกคำฝอยต่อการหมักสาโท

ความเข้มข้นของสีสกัดมีผลต่อการหมักสาโทอย่างเห็นได้ชัด สังเกตจากการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยสาโทหม่อนที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.71 1.48 1.83 และ 1.60 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 12.85 13.90 และ 14.13 ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้มน้ำหม่อน 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาโทมะเกี๋ยง เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ที่อายุการหมัก 3 วัน เท่ากับ 0.71 1.38 2.78 และ 1.78 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 9.80 13.65 14.15 และ 14.73 ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำมะเกี๋ยง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสาโทดอกคำฝอยที่อายุการหมัก 3 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 0.50 3.40 3.80 และ 3.90 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่อายุ 18 วัน เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เท่ากับ 8.00 12.45 13.90 และ 13.95 ในชุดการหมักที่เติมน้ำต้ม น้ำดอกคำฝอย 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสีสกัดจากผลหม่อนและผลมะเกี๋ยงที่ (ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์) และสีสกัดจากดอกคำฝอย (ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์) ช่วยให้กิจกรรมการหมักสาโทเกิดขึ้นสูงสุด เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์สาโท

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของสาโทหม่อน ที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม สาโทมะเกี๋ยงที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของกลิ่น ส่วนความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี รสชาติ และความชอบรวม และสุดท้ายสาโทดอกคำฝอย ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ในด้านของสี กลิ่น รสชาติและความชอบรวม

จะเห็นได้ว่าสาโทที่ใช้สีสกัดจากผลหม่อน ผลมะเกี๋ยง และดอกคำฝอยที่ได้รับการยอมรับทางสถิติสูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 30 30 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์สาโทหม่อน สาโทมะเกี๋ยง และสาโทดอกคำฝอย ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะเรื่องกลิ่นและรสชาติที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยเพิ่มความหวาน และลดความแรงของแอลกอฮอล์ลงอีก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่สูงจะทำให้เกิดกลิ่นฉุนของแอลกอฮอล์และทำให้รสชาติขมเฝื่อน จืด และไม่หวาน ไม่เหมาะกับผู้บริโภคที่เป็นเพศหญิง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้ลูกแป้งที่ใหม่และเป็นลูกแป้งที่ใช้ในการผลิตสาโทโดยตรง
2. ข้าวเหนียวที่ใช้ในการผลิตสาโทควรเลือกใช้ข้าวพันธุ์ที่มีคุณภาพ
3. การนึ่งข้าวเหนียวไม่ควรนึ่งนานเกินไป เพราะเมื่อนำไปล้างน้ำจะทำให้ข้าวเหนียวแฉะ
4. ถ้าล้างข้าวเหนียวในขณะที่ข้าวยังร้อนจะทำให้สาโทที่ได้มีรสเปรี้ยว
5. ไม่ควรใช้ลูกแป้งในปริมาณมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการหมักที่เร็วขึ้น
6. การคลุกข้าวกับลูกแป้ง ไม่ควรคลุกในขณะที่ข้าวยังไม่สะเด็ดน้ำ
7. น้ำและภาชนะที่บรรจุควรสะอาดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์
8. ควรมีการรักษาความสะอาดในทุกขั้นตอนการผลิตเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์
9. ในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ควรเก็บมาเป็นชุด เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์
10. ควรนำสาโทสีสกัดจากธรรมชาติไปศึกษาต่อเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สาโทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. ลำปาง. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2545. มะเกี๋ยงพืชในโครงการอนุรักษ์. ปทุมธานี : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน. 100 น.

กำเนิด สุภัณฑ์. 2540. จุลชีวอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 309 น.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2539. รายงานกิจกรรม ฉบับที่ 54 ปีงบประมาณ 2539. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 330 น. อ้างถึง กระทรวงศึกษาธิการกระทรวงศึกษาธิการ. ลำปาง. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2545. มะเกี๋ยงพืชในโครงการอนุรักษ์. ปทุมธานี : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน. 100 น.

กฤษณามรสิฐิ ขุน. 2494. ข้าวหมาก. กรุงเทพฯ : สารมิตสาร. 79 น.

กอ สะแกกรัง. 2545. เหล้าพื้นบ้านภูมิปัญญาการทำ "น้ำแม่" ไทย. วารสารเกษตรธรรมชาติ. ฉบับที่ 8/2545 : 11-20 น.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 101 น.

งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ : จิรวัฒน์เอ็กเพรส จำกัด. 247 น.

จริยา เดชกุญชร และ ดวงหทัย ธำรงโชติ. 2546. สาโท. กรุงเทพฯ : ศรีสยามการพิมพ์ จำกัด. 120 น.

จิตรธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2525. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.224 น.

ไชยา อุ้ยสูงเนิน. 2532. การปลูกหม่อนเลี้ยงไหมแบบใหม่. กรุงเทพฯ: ฐานเกษตรกรรม. 130 น.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2543. "การปลูกพืชผักสมุนไพรเครื่องเทศ". สมุนไพร. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/library/html/detail/KUmagazine/october_43/kanpluk/medicinal.htm.27/09/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นภา โล่ห์ทอง. 2537. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 159 น.

บรรจงจิตร มหินทราเทพ และคณะ. 2530. การผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นกล้าน้ำส้มสายชู. วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย์). 140 น.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. 2543. สาโทและสาเก. เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เครื่องดื่มแอลกอฮอล์จากผลิตผลเกษตร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4-6 ก.ย. 2543. 33 น.

ประดิษฐ์ ครุวัณณา. 2545. ไวน์ ศาสตร์และศิลป์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 167 น.

ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. 2538. การควบคุมกระบวนการหมักส่าขาวและส่าแดง. การสัมมนาการควบคุมการหมักและการวิเคราะห์ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์. กรุงเทพฯ : กรมสรรพสามิต กระทรวงการคลัง. 88 น.

เผดิม ฐิตะฐาน. 2523. หม่อนไหม. กรุงเทพฯ : งานทะเบียนและประมวลผลสถิติกองแผนงาน. 200 น.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. ม.ป.ป. "สมุนไพร". สมุนไพรก้าวหน้า. แหล่งที่มา: http://www.yasiam.com/txt/. 20/02/05

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2534. น้ำสมุนไพร:การเตรียมน้ำดื่มจากพืชที่มีสรรพคุณทางยาและมีคุณค่าทางอาหาร. กรุงเทพฯ : เมดิคัล มีเดีย. 231 น.

พิไลพรรณ พงษ์บูล. 2523. การศึกษาชีววิทยาของลูกแป้งข้าวหมาก. รายงานการวิจัย สำนักงานวิจัยแห่งชาติ. 260 น.

ม.ป.ป. "คำฝอย". คุยเฟื่องเรื่องสมุนไพร(คำฝอย). แหล่งที่มา: http://www.prophansarn.com/herb/herb4. 15/12/04

ม.ป.ป. "คำฝอย". คำฝอย. แหล่งที่มา: http://www.krongthong.com/herb/kumfoil.html. 15/12/04

ม.ป.ป. "คำฝอย". คำฝอย. แหล่งที่มา : http://www.tigerdragon.in.th. 20/02/05

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. ม.ป.ป. "สาโท". สาโท. แหล่งที่มา: www.agro.cmu.ac.th/e_books/Phisit/Alcohol%20Inoculum.pdf. 15/01/05

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 200 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสรรค์ ชุณหวรากรณ์. ม.ป.ป. "สมุนไพร". โลกแห่งสมุนไพร. แหล่งที่มา : http://www.bs.ac.th/rangsan/charac.html. 20/02/05

วิโรจน์ แก้วเรืองและคณะ. 2535. การแปรรูปผลิตภัณฑ์หม่อน. อุดรธานี : สถาบันวิจัยหม่อนไทย กรมวิชาการเกษตร. 38 น.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 258 น.

วันดี กฤษณะพันธ์. 2537. เกร็ดความรู้พันธุ์สมุนไพร. กรุงเทพฯ : มัลติคัล มีเดีย. 223 น.

อุไร จีรมงคลการ. 2547. ผักพื้นบ้าน1. กรุงเทพฯ : บ้านและสวน. 224 น.

Becker, J. M., G. A. Caldwell and E. A. Zachgo. 1996. Biotechnology : A Labortory Course. 2nd ed. New York , Academic Press. P. 222

Dharmananda, S. 2003. Fruit at medicine: Morus fruit (Mulberry). แหล่งที่มา : http://www.itmonline.org/arts/morus.htm. 27/11/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์โดยการใช้เครื่อง DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER เริ่มต้นด้วยการหาจุดเดือดของน้ำ

วิธีการหาจุดเดือดของน้ำโดยใช้เครื่อง EBULLIOMETER

1. เตรียมตะเกียงแอลกอฮอล์ให้เรียบร้อย
2. ล้าง Boiler ให้ทั่วแล้วเทน้ำออกผ่านทางท่อ A
3. ใช้กระบอกตวงแก้ว ตวงน้ำให้ถึงขีด EAU (น้ำ) กรอกใส่ช่อง A แล้วใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าไป
4. จุดตะเกียงวางไว้กระบอก B หลังจากนั้นปรอทสูงขึ้นและจะมีไอน้ำระเหยออกมาจากส่วนบนของเครื่องมือ เมื่อระดับปรอทหยุดนิ่งแล้ว สมมุติว่าอ่านค่าได้ 100.1 องศาเซลเซียส ให้หมุนแผ่นวงกลมชั้นบนที่มีอุณหภูมิ 100.1 องศาเซลเซียส ไปที่ศูนย์ดีกรีของแผ่นล่าง เมื่อดังนี้แล้วเครื่องก็พร้อมที่จะตรวจสอบ

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าอากาศไม่แปรปรวนมากก็ไม่จำเป็นต้องหาจุดเดือดหลายครั้งในแต่ละวัน

วิธีการตรวจสอบสาโท

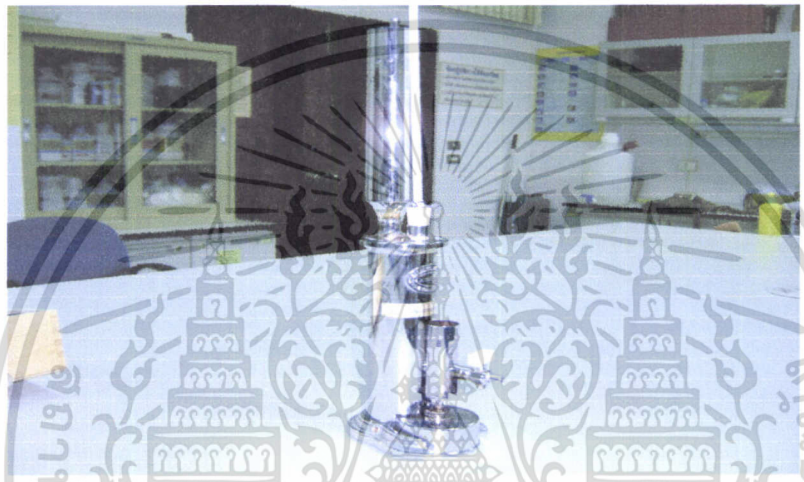
1. เปิดก็อก F ให้น้ำออกทั้งหมด ใช้สาโทที่จะทดสอบล้างกลั้ว Boiler แล้วเทออกให้หมด เป่าลมทางช่อง C เพื่อไล่ไอน้ำที่ตกค้าง
2. เติมสาโทที่จะทดสอบใน Boiler ช่อง A ด้วย กระบอกตวงที่ขีดที่บอกระดับ wine ใส่เทอร์โมมิเตอร์ แล้วเติมน้ำเย็นในกระบอก Dc หลังจากนั้นจุดตะเกียง ไม่ช้าอุณหภูมิจะสูงขึ้น รอจนปรอทค่อนข้างคงที่จึงอ่านอุณหภูมิที่กระเพื่อมสูงสุด สมมุติว่าอ่านอุณหภูมิได้ 90.7 องศาเซลเซียส ก็ให้ดูแผ่นวงกลมบนตรงที่ 90.7 องศาเซลเซียส จะตรงกับแผ่นล่างที่ 13.5 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เป็นต้น นั้นคือเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ในสาโทที่ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

1. ไม่ควรใช้ตรวจสอบแอลกอฮอล์ที่คาดว่าจะสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ถ้าจะหาต้องเจือจางกับน้ำเสียก่อนแล้วคำนวณกลับ แต่จะมีการผิดพลาดสูง

2. สาโท หรือ ไวน์ที่หวานมาก ๆ ต้องเจือจางด้วยน้ำและคำนวณกลับเหมือนกัน



ภาพที่ 26 แสดงเครื่อง DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER

ภาพที่ 27 แผ่นสเกลเทียบเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ของเครื่อง DUJARDIN-SALLERON EBULLIOMETER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณการเติมน้ำตาลในน้ำสาโทที่เติมสีสกัดจากธรรมชาติ

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำสาโทวัดความหวานได้ 40 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร

ต้องการเติมน้ำสีสกัดจากธรรมชาติลงในสาโท 200 มิลลิลิตร

ดังนั้นปริมาตรของน้ำสาโท + น้ำสีสกัดจากธรรมชาติ = 250 มิลลิลิตร

ความหวานของน้ำสาโท + น้ำสีสกัดจากธรรมชาติ 250 มิลลิลิตร = (40 x 50) / 250 + เปอร์เซ็นต์

ถ้าต้องการความหวานของน้ำสาโท + น้ำสีสกัดจากธรรมชาติ 250 มิลลิลิตร = 20 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นต้องเติมน้ำตาลเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ - 8 เปอร์เซ็นต์ = 12 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการตรวจนับเซลล์ยีสต์ด้วย Petreoff – Hausser counting chamber

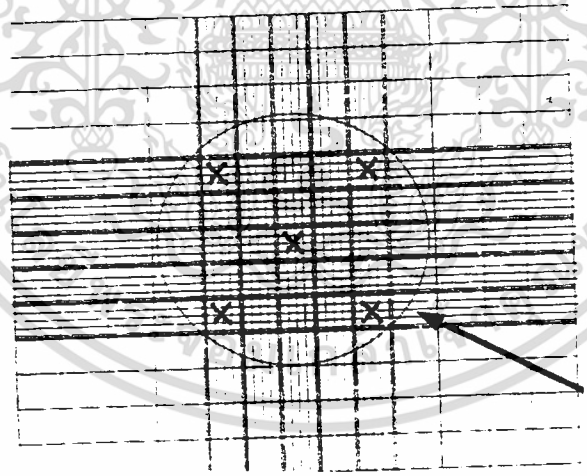
1. ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อที่เลี้ยงเซลล์ยีสต์ที่อายุการเลี้ยงต่าง ๆ 1 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง voetex (ทำที่ความเจือจางต่าง ๆ) จดบันทึกความเจือจางที่ใช้

2. ใช้ปิเปตดูดสารละลายของเชื้อยีสต์มาหยดลงบน Petreoff – Hausser counting chamber ลงไปหนึ่งหยด ปิดทับด้วยกระจกสไลด์โดยไม่ให้มีฟองอากาศ

3. นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า นับจำนวนเซลล์ยีสต์ 5 ช่องใหญ่ใน Petreoff – Hausser counting chamber แล้วคำนวณจำนวนเซลล์ทั้งหมด

4. วิธีการคำนวณจำนวนเซลล์ยีสต์ทั้งหมด

- นำค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์จาก 5 ช่องใหญ่ที่นับได้มาคูณ 5×10^4 เซลล์ / มิลลิลิตร จะได้จำนวนเซลล์ยีสต์ทั้งหมดที่ต้องการทราบ



ที่มา : Becker, 1996

ภาพที่ 28 วิธีการตรวจนับเซลล์ยีสต์ด้วย Petreoff – Hausser counting chamber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก

สูตรการคำนวน

$$\frac{V_1 \times N \times 90.08 \times 100 \times D}{V_2 \times 1000}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้

V_2 = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่เจือจางที่ใช้ไตเตรท 10 มิลิลิตร

D = ค่าการเจือจางสารละลายตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ NaOH ที่ใช้ไตเตรท

90.08 = ค่ากรัมสมมูลของกรดแลคติก

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\% \text{ Acidity} = \frac{0.4 \times 0.092 \times 90.08 \times 100 \times 10}{10 \times 1000}$$

$$= 0.33$$

ดังนั้น % Acidity = 0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส Hedonic Scale Scoring Test

ผลิตภัณฑ์.....สาโท.....

วันที่.....

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....

โปรดทำการประเมินตัวอย่างสาโท..... ในด้านความขุ่น/ใส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยปฏิบัติตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า ก่อนการทดสอบชิม
2. หลังการทดลองชิมแต่ละตัวอย่างให้กลั้วปากด้วยน้ำเปล่า แล้วจึงทำการชิมตัวอย่างต่อไป
3. ให้คะแนนตามระดับความชอบและความพอใจของแต่ละลักษณะลงในตาราง โดยมีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1 – 9 ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระดับคะแนน	ระดับความชอบ
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉยๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะที่ต้องการประเมิน				
	ความขุ่น/ใส	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้