ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์โดยอาศัยผลการเจริญร่วมกับรา

Mucor sp.AIKL 4018 เพื่อทำลูกแป้งเหล้า

(Selection of Yeast Strain According to their Synergistic Effects with *Mucor* sp.AIKL 4018 for Look-pang Lao Making)

จัดทำโดย

นางสาวกาญจนา สมปาน รหัสนักศึกษา 45040787
นางสาวรัตน์ดาวัลย์ แทนกุดเรือ รหัสนักศึกษา 45040805

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../..../.... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21098

การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์โดยอาศัยผลการเจริญร่วมกับรา *Mucor* sp.AIKL 4018 เพื่อทำลูกแป้งเหล้า

(Selection of Yeast Strain According to their Synergistic Effects with *Mucor* sp.AIKL 4018 for Look-pang Lao Making)

T096541

นางสาวกาญจนา สมปาน รหัสนักศึกษา 45040787
นางสาวรัตน์ดาวัลย์ แทนกุดเรือ รหัสนักศึกษา 45040805

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ป/พ. ก455ก 2548
เลขหมู่.............
เลขทะเบียน 96541
วัน.เดือน.ปี..........
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาญจนา สมปาน และ รัตน์ดาวัลย์ แทนกุดเรือ. 2548.:การคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์โดยอาศัยผลการเจริญร่วมกับรา *Mucor* sp. AIKL 4018 เพื่อทำลูกแป้งเหล้า(Selection of Yeast Strain According to their Synergistic Effects with *Mucor* sp. AIKL 4018 for Look-pang Lao Making).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง:ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง. 50 หน้า

จากการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อยีสต์โดยอาศัยผลการเจริญร่วมกับรา *Mucor* sp. AIKL 4018 เพื่อทำลูกแป้งเหล้า ซึ่งมีการเปรียบเทียบกันระหว่างเชื้อยีสต์ M-1(แยกได้จากลูกแป้งจากตลาดมีนบุรี)กับเชื้อยีสต์ที่ผลิตเป็นการค้า ซึ่งเชื้อยีสต์ที่ผลิตเป็นการค้าได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* NK 6, *S. cerevisiae* var. *Burgundy*, *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis*, *S. cerevisiae* var. *Champagne* , *S. cerevisiae* EC 1118 ,*S. cerevisiae* DANSTILL SA-1และ *S. cerevisiae* var. *Montrachet* พบว่าเมื่อนำมาทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ให้ผลการทดสอบดังนี้ เชื้อยีสต์ทุกสายพันธุ์สามารถเจริญร่วมกับเชื้อราได้ดี ยกเว้น *S. cerevisiae* var. *Montrachet* และ *S. cerevisiae* var. *Burgundy* จากนั้นนำเชื้อที่ได้ไปทำลูกแป้งเหล้าโดย เชื้อราร่วมกับเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์ แล้วนำลูกแป้งที่ได้มาทำการหมัก โดยในระหว่างการหมักสาโทมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาโท พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดแลคติก) และพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสายพันธุ์ยีสต์ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น โดยลูกแป้งที่ทำจากรา *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* EC 1118 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ 13. 71% ซึ่งเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากที่สุด ส่วนลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ M-1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดคือ 6.43% ซึ่งจากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า คุณภาพโดยรวมผู้บริโภคให้การยอมรับสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 มากที่สุด

กาญจนา สมปาน
รัตน์ดาวัลย์ แทนกุดเรือ
ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

27 มี.ค. 49
วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อยีสต์โดยอาศัยความสามารถเจริญร่วมกันเชื้อราเพื่อทำลูกแป้งเหล้า สำเร็จลุล่วงด้วยดีผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ เป็นอย่างสูงที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อสัมมนาในหัวข้อนี้สำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้สนับสนุนกำลังทรัพย์เพื่อใช้จ่ายในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้และให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด ทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่คอยให้กำลังใจ และให้คำแนะนำที่ดีตลอดมา ที่สำคัญขอขอบคุณเพื่อนเทคโนโลยีการหมักรุ่น 9 ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำชี้แนะในทุกๆ อย่างมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ
19 มีนาคม 2546

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2	2
วารสารปริทัศน์	2
2.1 ลูกแป้ง	2
2.2 สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแป้งเหล้า	3
2.3 ข้าว	8
2.4 แป้ง	9
2.5 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง	9
2.6 บทบาทของจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่อกระบวนการหมัก	10
2.7 การเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง	12
2.8 แนวทางการผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์	14
2.9 อายุการเก็บลูกแป้ง	16
2.10 กระบวนการผลิตสาโท	16
บทที่ 3	19
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบ	19
3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	20
3.2.1 เชื้อราและเชื้อยีสต์ที่ใช้ในการทดลอง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การคัดเลือกเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้ามาใช้ในการผลิตสาโท 20

3.2.3 ทดลองทำลูกแป้งโดยใช้สูตรทำลูกแป้งเหล้าที่ได้จากข้อ 3.2.2 21

3.2.4 ทดลองหมักสาโทโดยใช้ลูกแป้งที่ได้จากข้อ 3.2.3 22

3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสาโทที่หมักจากข้อ 3.2.4 22

บทที่ 4 23

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp. AKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ 23

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาโท 27

4.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค 31

บทที่ 5 32

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 32

ข้อเสนอแนะ 33

เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก 35

ภาคผนวก ก สูตรอาหาร 36

ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี 37

ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์ทางเคมี 41

ภาคผนวก ง การคำนวณทางสถิติ 44

ประวัติผู้เขียน 50

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอมัยโลส	8
ตารางที่ 2 แสดงค่าการยอมรับและความแตกต่างของแต่ละปัจจัยในแต่ละตัวอย่าง	31
ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์(เปอร์เซ็นต์) ของสาโท	41
ตารางที่ 4 แสดงค่า pH ของสาโท	41
ตารางที่ 5 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์) ของสาโท	42
ตารางที่ 6 แสดงปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปของกรดแลกติก) ของสาโท	42
ตารางที่ 7 แสดงปริมาณแอลกอฮอล์ของสาโท	43
ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะปรากฏของสาโท	44
ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติกลิ่นของสาโทแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติการยอมรับโดยรวมของสาโท	44
ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติรสของสาโท	45
ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติตัวตน (body)ของสาโท	45
ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติความกลมกล่อมของสาโท	45
ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพโดยทั่วไปของสาโท	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระเทียม 3

ภาพที่ 2 ขิง 4

ภาพที่ 3 ข่า 5

ภาพที่ 4 ชะเอม 6

ภาพที่ 5 พริกไทย 6

ภาพที่ 6 ดีปลี 7

ภาพที่ 7 หอมแดง 8

ภาพที่ 8 แผนภูมิการผลิตลูกแป้ง 13

ภาพที่ 9 แผนภูมิการผลิตสาโท 18

ภาพที่ 10 แสดงเชื้อรา *Mucor* sp.AKL 4018 ที่ใช้ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อยีสต์บนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้ง 23

ภาพที่ 11 แสดงเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่1-8 บนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้ง 23

ภาพที่ 12 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่1-8 บนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้ง 24

ภาพที่ 13 แสดงเชื้อรา *Mucor* sp.AKL 4018 ที่ใช้ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อยีสต์บนอาหารสังเคราะห์ Czapek agar 25

ภาพที่ 14 แสดงเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่1-8 บนอาหารสังเคราะห์ Czapek agar

ภาพที่ 15 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ บนอาหารสังเคราะห์ Czapek agar 26

ภาพที่ 16 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ 27

ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 28

ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพีเอช 29

ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกรดทั้งหมด 29

ภาพที่ 20 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การหมักสาโทโดยใช้ลูกแป้งเหล้า เป็นวิธีที่รู้จักกันมานานแล้วในแถบประเทศเอเชีย ในลูกแป้งเหล้ามีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีส่วนสำคัญในการหมักสาโท ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้งเหล้านั้นมีทั้งชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อการหมัก ทำให้ในบางครั้งการผลิตสาโทไม่สามารถควบคุมคุณภาพให้คงที่และมีมาตรฐานตลอดไปได้ เช่น มีปริมาณแอลกอฮอล์ไม่แน่นอน หรืออาจมีกลิ่นรสไม่ชวนดื่ม จุลินทรีย์ชนิดที่จำเป็นต่อการหมักมักมีปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ จึงมีความจำเป็นต้องมีการป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องให้มากที่สุด ดังนั้นผู้ทำการทดลอง จึงได้ศึกษาคุณสมบัติของเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้และทำการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรากับเชื้อยีสต์ เพื่อให้ได้ลูกแป้งเหล้าที่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงโดยใช้สมุนไพรที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่ไม่จำเป็น ทำให้ได้สาโทที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถเจริญร่วมกับเชื้อรา *Mucor* sp. AIKL 4018 เพื่อใช้ในการผลิตลูกแป้งเหล้าจากเชื้อบริสุทธิ์

2. ศึกษาการหมักสาโทโดยใช้ลูกแป้งเหล้าที่ได้จากการคัดเลือกและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของสาโทในขบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ลูกแป้ง

"ลูกแป้ง" คือกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (Inoculums) ที่เก็บในรูปเชื้อแห้ง เป็นลูกกลม ๆ แบน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร ลูกแป้งใช้ในการผลิตอาหารหมักหลายชนิดในประเทศแถบเอเชีย เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ลูกแป้งมีมาแต่โบราณก่อนที่มนุษย์จะเข้าใจถึงศาสตร์ทางจุลชีววิทยา โดยเข้าใจกันว่ามีต้นกำเนิดจากประเทศจีน และถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น กลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งประเทศไทย ทิเบต สิคขิม อินเดีย และเกาหลี สำหรับประเทศไทยลูกแป้งที่ใช้มาแต่โบราณถึงปัจจุบัน ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งสุราซึ่งใช้หมักสุรา กระแช่ น้ำขาว สาโทและอุ ลูกแป้งน้ำส้มสายชูหรือที่เรียกว่าส่าน้ำส้ม ลูกแป้งทั้งสามชนิดประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ที่สำคัญคือเชื้อราซึ่งสามารถย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์กลุ่มอะไมเลส ประกอบด้วย อัลฟาอะไมเลส เบต้าอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ย่อยโมเลกุลของแป้งให้เป็นน้ำตาลหลายโมเลกุล โมเลกุลคู่ และโมเลกุลเดี่ยว และยีสต์ ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยที่ยีสต์ในลูกแป้งข้าวหมากเป็นยีสต์ที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ไม่ดีนัก แต่มีคุณสมบัติในการผลิตสารระเหยที่ให้กลิ่นหอม ในขณะที่ยีสต์ในลูกแป้งสุราและลูกแป้งน้ำส้มสายชู มีประสิทธิภาพเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้สูงมาก (นภา โล่ห์ทอง, 2540)

คุณภาพและลักษณะทั่วไปของลูกแป้ง

ลูกแป้งที่ดีจะโปร่งเบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูพรุน ซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อขยี้จะยุ่ยเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กัน ลูกปิ้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 ซม. ลูกแป้งน้ำส้มสายชูมักนิยมปั้นเป็นก้อนใหญ่ประมาณ 5-6 ซม. และมีกลิ่นเครื่องเทศฉุนจัด ลูกแป้งจากบางท้องถิ่นเช่นลูกแป้งของอินเดียและมาเลเซียมักมีลักษณะเป็นวงแหวน ลูกแป้งเหล้าเกาเหลียงของจีนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12-15 ซม. มีลักษณะคล้ายวงแหวนเช่นกัน ลูกแป้งจากไต้หวันเมื่อแห้งแล้วนิยมป่นเป็นผงและบรรจุขายเป็นซอง ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งที่ผลิตจากแต่ละแหล่งจะมีประสิทธิภาพการหมักต่างกัน ซึ่งบางครั้งไม่สามารถบอกได้ด้วยลักษณะที่ปรากฏ

2.2 สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแป้งเหล้า

2.2.1 กระเทียม (Garlic)(ดังแสดงในภาพที่ 1)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Allium sativum* Linn.

ลักษณะ : พืชล้มลุกขนาดสูงประมาณ 30-45 เซนติเมตร มีหัวอยู่ใต้ดินประกอบด้วยหัวขนาดเล็กหลายหัวอยู่รวมกัน เปลือกหุ้มสีขาว ในแบนแคบ ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นกลุ่มลักษณะกลม กลีบดอกมี 6 กลีบ สีขาวแต้มม่วง ก้านดอกยาว

แหล่งที่พบ : เป็นพืชจำพวกผักสวนครัว นิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือ

สรรพคุณ : ต้น ใบ และหัวอ่อน รับประทานเป็นผัก หัวแก่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นอาหาร ช่วยขับเหงื่อ ปัสสาวะ เสมหะ ปอดบวม วัณโรค เป็นยาฆ่าเชื้อโรค น้ำคั้นจากหัวกระเทียม ใช้ทาแผล แก้กลากเกลื้อน ขับลมในลำไส้ แก้ท้องขึ้นอืดเฟ้อ ขับพยาธิในลำไส้ แก้หืด ทาถูนวดแก้อาการชักกระตุกในเด็ก ไข้มาลาเลีย ใช้พอกตรงที่ถูกแมลง ตะขาบ แมงป่องต่อย

ภาพที่ 1 กระเทียม

ที่มา: http://kanchanapisek.or.th/kp1/data/33/garb2.jpg

2.2.2 ขิง (Ginger)(ดังแสดงในภาพที่ 2)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zingiber officinale* Roscoe

วงศ์ : ZINGIBERACEAE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะ : เป็นพืชล้มลุกมีเหง้าอยู่ใต้ดิน ขนาดต้นสูงประมาณ 60 – 100 เซนติเมตร ใบเดี่ยวออกสลับกันเป็นสองแถว ก้านใบยาวห่อหุ้มลำต้น ขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นช่อจากลำต้นใต้ดิน กาบหุ้มดอกมีสีเขียวปนแดง กลีบดอกสีเหลืองอมเขียว มีสีม่วงอยู่ตรงโคนกลีบ

แหล่งที่พบ : ถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และนำมาปลูกกันแพร่หลายเป็นผักสวนครัว

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

: ต้น ช่วยขับลม บรรเทาอาการจุกเสียด ท้องร่วงอาเจียน

:ใบ บรรเทาอาการฟกช้ำจากการกระทบกระแทกรักษานิ่วปัสสาวะ ฆ่าพยาธิ และโรคตา

: ดอก ใช้ฆ่าพยาธิ ช่วยย่อยอาหาร รักษานิ่ว ปัสสาวะขัด

: ผล รักษาอาการไข้ บำรุงน้ำนม เป็นยาอายุวัฒนะ คอแห้ง เจ็บคอ ตาฟาง

: ราก ช่วยขับลม เจริญอาหาร รักษาบิด

ภาพที่ 2 ขิง

ที่มา: http://medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/slide/zinoff.jpg

2.2.3 ข่า (Chinese Ginger)(ดังแสดงในภาพที่ 3)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Alpinia nigra* B.L. Burtt

วงศ์ : ZINGIBERACEAE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะ : เป็นพืชมีหัวเหง้าอยู่ใต้ดิน ใบเป็นแผ่นใหญ่ ออกสลับกันรอบๆ ลำต้นบนดินซึ่งเป็นส่วนของกาบหุ้มลำต้น ดอกออกเป็นช่อตางปลายยอด ดอกสขาวอมม่วง บานจากข้างล่างขึ้นไปยังยอด หน่ออ่อนมีสีแดงคล้ำ

แหล่งที่พบ : นิยมปลูกไว้ตามบ้านเรือนและเรือกสวน ไร่นา ชอบขึ้นบริเวณดินชื้น

สรรพคุณ : เหง้าสด ใช้รักษาเกลื้อนโดยนำมาฝนกับเหล้าโรง หรือน้ำส้มสายชูทางแก้ลมพิษ

: เหง้าแก่ ตำให้ละเอียดใช้ทาภายนอกรักษาโรคผิวหนัง โรคลมพิษ กินรักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด ขับเหงื่อ แกบิด

: นอกจากสรรพคุณทางยาแล้ว เหง้าใช้ปรุงอาหารช่วยดับคาว เช่น ป่นละเอียดคั่วให้เหลืองใส่ข้าวต้มปลา เป็นเครื่องเทศปรุงน้ำพริกแกง เป็นต้น

ภาพที่ 3 ข่า

ที่มา: http://www.phuketjettour.com/herbs/images/ka.jpg

2.2.4 ชะเอม (ดังแสดงในภาพที่ 4)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Albizia myriophyla* Benth.

วงศ์ : MIMOSACEAE

ลักษณะ : ไม้ยืนต้นขนาดกลาง ตามลำต้นและกิ่งก้าน มีหนามใบประกอบมีใบย่อยขนาดเล็ก ดอกออกเป็นช่อสีขาว ดอกย่อยขนาดเล็กมีกลิ่นหอม ผลเป็นฝักแบนสีเหลืองถึงน้ำตาล

แหล่งที่พบ : พบขึ้นอยู่ตามเชิงเขา

สรรพคุณ : เนื้อไม้ รักษาเลือดออกตามไรฟัน บำรุงกำลัง ขับเสมหะ

: ดอก ช่วยย่อยอาหาร แก้เสมหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 ชะเอม

ที่มา: http://www.pharm.chula.ac.th/museum/images/source/plant/wood/TNchaemthai

2.2.5 พริกไทย, พริกน้อย, โฮ่วเจีย(จีน) (Pepper, Black Pepper, White Pepper)(ดังแสดงในภาพที่ 5)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper nigrum* Linn.

วงศ์ : PIPERACEAE

ลักษณะ : เป็นไม้เถาเลื้อย มีรากเกาะออกตามข้อ สูงประมาณ 5 เมตร มีทั้งต้นตัวผู้และตัวเมีย ใบเหมือนใบพลู แต่เล็กเรียวกว่าเล็กน้อย ดอกออกตามข้อ ผลกลมเล็กเขียวเป็นช่อยาว ผลแก่สีแดง

สรรพคุณ : ใบ รสเผ็ดร้อน แก้ลมจุกเสียดแน่น แก้ปวดมวนท้อง

: ดอก รสร้อน แก้ตาแดง เนื่องจากความดันโลหิตสูง

: เมล็ด รสเผ็ดร้อน แก้ลมอัมพฤกษ์ แก้ลมลั่นในท้อง บำรุงธาตุ แก้ท้องอืดเฟ้อ แก้เสมหะเฟื่อง แก้มุตกิด

: เถา รสร้อน แก้อุระเสมหะ แก้อติสาร

: ราก รสร้อน ขับลมในลำไส้ แก้ปวดท้อง แก้ลมวิงเวียนช่วยย่อยอาหาร

ภาพที่ 5 พริกไทย

ที่มา: http://www.baanjomyut.com/library/thai_spices/08.jpg

2.2.6 ดีปลี (Indian Long Pepper)(ดังแสดงในภาพที่ 6)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper longum* Linn.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงศ์ : PIPERACEAE

ลักษณะ : เป็นไม้เถาเลื้อยลำต้นเป็นข้อและมีรากติดอยู่ตามข้อเพื่อใช้ยึดเกาะกับหลักหรือพันไม้อื่น ใบเดี่ยวเรียงสลับกันตามข้อ ใบมนรีปลายใบแหลม ดอกช่อเป็นท่อน คล้ายดอกชะพลู เมื่ออ่อนเป็นสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อแก่

แหล่งที่พบ : นิยมปลูกตามบ้านสวน

สรรพคุณ : เถา แก้ปวดฟัน ปวดท้องจุกเสียด ริดสีดวงทวาร แก้ลม ช่วยเจริญอาหาร

: ดอก มีรสเผ็ดร้อนและขม ปรุงเป็นยาธาตุแก้ตับพิการ ท้องร่วง ขับลมในลำไส้

: ราก แก้เส้นอัมพฤกษ์ และอัมพาต

ข้อควรระวัง : สตรีมีครรภ์ควรระวังในการใช้ เพราะจะทำให้แท้งได้

ภาพที่ 6 ดีปลี

ที่มา: http://www.gpo.or.th/herbal/pictures/g8_06.jpg

2.2.7 หอมแดง, ว่านไก่แดง (Shallot) (ดังแสดงในภาพที่ 7)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Eleutherine americana* Merr.

วงศ์ : IRIDACEAE

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

สรรพคุณ : หัว ผสมรวมกับเปราะหอมสุมหัวเด็ก แก้หวัดคัดจมูกและกินเป็นยาขับลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 หอมแดง

ที่มา: http://siammarry.com/tipadd/pic/227200245228huahom-daeng.jpg

2.3 ข้าว

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

องค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าวคือแป้ง (starch) ซึ่งอยู่ในรูปของเมล็ดแป้ง (starch granule) ประกอบด้วยโมเลกุลโซ่ตรงของอมัยโลส (amylase) เกาะเกี่ยวกับ โมเลกุลที่มีโซ่สาขาของอมัยโลเพคติน (amylopectin) ประมาณของอมัยโลสในข้าวแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ข้าวเจ้ามีอมัยโลสสูงกว่าข้าวเหนียว (อรอนงค์ นัยวิกุล,2522) ซึ่งปริมาณอมัยโลสมีผลต่อลักษณะข้าวสุก โดยข้าวที่มีอมัยโลสต่ำข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวและจะร่วนขึ้นเมื่อปริมาณอมัยโลสเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 (Juliano, 1972)

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอมัยโลส

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

การทำสาโทนิยมใช้ข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบมากกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นรสที่ดีกว่า และจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่ใช้ในการผลิตลูกแป้งสุรา ต้องสะอาด อาจเป็นน้ำฝน น้ำต้ม ในบางแห่งอาจใช้น้ำต้มที่ใส่ชะเอมลงไปด้วย โดยมีความเชื่อว่าชะเอมจะช่วยให้ได้ลูกแป้งมีลักษณะดี แต่ยังไม่มีรายงานการวิจัยอย่างละเอียด (นภา โล่ห์ทอง. 2535)

2.4 แป้ง

แป้งซึ่งถึงแม้ว่าข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตจะระบุว่าใช้ได้ทั้งแป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า แต่ผลจากการศึกษาพบว่าลูกแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าล้วน ๆ จะมีคุณภาพดีกว่าที่ผลิตด้วยแป้งข้าวเหนียวหรือแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งข้าวเหนียว ในประเทศจีนมีลูกแป้งหลายชนิดที่ผลิตจากแป้งสาลี เช่น ลูกแป้งสำหรับหมักเหล้าเกาเหลียง ตามตำรับเดิมผู้ผลิตจะบดแป้งใช้เป็นคราว ๆไป ไม่นิยมใช้แป้งสำเร็จ ทั้งนี้เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจมีอยู่ในแป้งที่ผลิตและเก็บโดยขาดความระมัดระวัง อนึ่งการผลิตแป้งสำเร็จเป็นการค้าส่วนใหญ่จะมีการเติมสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่นกรดโปรปิโอนิก สารเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้งที่เป็นเชื้อราและยีสต์สำหรับการผลิตลูกแป้งวิ่งจุลินทรีย์เป็นแบคทีเรียเช่นลูกแป้งน้ำส้มสายชูนั้น จากการทดลองพบว่าการใช้แป้งที่ผลิตเป็นการค้าให้ผลดีกว่าการใช้แป้งที่ผลิตขึ้นเอง และจากการตรวจวิเคราะห์พบว่าแป้งที่ผลิตขายเป็นการค้าในปัจจุบัน (เฉพาะแป้งแห้งซึ่งบรรจุถุงพลาสติกปิดสนิท) มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยมาก เมื่อเทียบกับแป้งที่ผลิตเองในห้องปฏิบัติการ สำหรับการผลิตแป้งเพื่อใช้ในแต่ละครั้งนี้ ต้องเลือกข้าวที่ไม่เก่าเก็บและไม่อับรา

2.5 จุลินทรีย์ในลูกแป้ง

กล่าวได้ว่าลูกแป้งเป็น "กล้าเชื้อผสม" (mixed cultures) ที่มีทั้งเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรีย ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าถึงแม้กรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง จะไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้โดยสิ้นเชิง แต่หากการผลิตนั้นได้กระทำอย่างระมัดระวังจะมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่สกุล (genus) เท่านั้น ที่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนจนตรวจนับได้ในปริมาณสูง ส่วนจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ จะพบปนมากในปริมาณน้อยมาก

เชื้อราที่ตรวจพบในลูกแป้งจากทุก ๆ แหล่งที่มีรายงานการศึกษา ได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. ปริมาณที่พบมากน้อยขึ้นกับชนิดของลูกแป้ง เชื้อหลักที่พบในลูกแป้งข้าวหมากได้แก่ *Amylomyces rouxii* ซึ่งส่วนใหญ่พบประมาณ 10^4 CFU ต่อกรัม ส่วนลูกแป้งที่ปั้นใหม่ ๆ จะพบถึง $1.5 \times 10^5 - 2.7 \times 10^5$ CFU ต่อกรัม จุลินทรีย์นี้มีปรากฏเพียง species เดียว และ ไม่มีรายงานว่าแยกได้จากธรรมชาติ ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเชื้อที่ผ่าเหล่าอย่างถาวรมาจาก *Rhizopus* spp. ในการแยกเชื้อจากลูกแป้งในระยะแรก ๆ ได้จัดจำแนกจุลินทรีย์นี้เป็น *Chlamydomucor rouxii*. *C. japonicus*, *C. rouxznus* และ *Rhizopus chlamydosporus* สำหรับลูกแป้งเหล้าจะพบทั้ง *Rhizopus* spp. และ *Amylomyces rouxii* เป็นเชื้อหลัก ยกเว้นลูกแป้งสุราจากอินเดียซึ่งเชื้อราส่วนใหญ่เป็น *Mucor* spp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในลูกแป้งสำหรับผลิตเทมเป้ที่พบ *R. oligosporus* และ *R. oryzae* เชื้อนี้มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์โปรตีเอสเพื่อย่อยสลายโปรตีนในถั่วเหลือง

ยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากส่วนใหญ่ได้แก่ *Endomycopsis* spp. เช่น *H. malanga* โดยมี *Saccharomyces cerevisiae* ปนมาบ้างส่วนลูกแป้งเหล้าจะพบ *Saccharomyces cerevisiae* ในปริมาณมากกว่า *Endomycopsis* spp. นอกจากนั้นยังมียีสต์อื่นที่พบในลูกแป้งเฉพาะแหล่งได้แก่ *Candida* spp. *Torulopsis* spp. ยีสต์ที่พบในลูกแป้งทั่ว ๆ ไปมีปริมาณสูงถึง $5 \times 10^6 - 8 \times 10^7$ เซลล์ต่อกรัมของลูกแป้ง

สำหรับแบคทีเรียได้มีรายงานการตรวจพบแบคทีเรียแลกติก ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* โดยพบถึงประมาณ $10^4 - 10^7$ เซลต่อกรัม ขึ้นกับที่มาของลูกแป้ง นอกจาก *P. pentosaceus* แล้ว ในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าของไทยจากบางท้องถิ่นยังตรวจพบ *Lactobacillus* spp. และเชื้อน้ำส้มสายชู (*Acetobacter* spp., *Gluconobacter* spp.) ซึ่งมีมากในส่าน้ำส้ม *Bacillus* spp. เป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่พบในลูกแป้งอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในปริมาณมากมากับวัตถุดิบ เช่นแป้งและสมุนไพร แต่หากส่วนผสมของสมุนไพรที่ใช้เหมาะสม จะลดปริมาณจุลินทรีย์นี้ไปได้มาก เช่นพบว่า ขิง ชะเอม อบเชย ดอกจันทน์ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 บทบาทของจุลินทรีย์ในลูกแป้งต่อกระบวนการหมัก

ถึงแม้ว่าจะพบจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดในแต่ละกลุ่ม แต่จากการศึกษาพบว่า มีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีบทบาทเด่น ๆ ในกระบวนการหมัก ก่อนอื่นจะต้องทำความเข้าใจว่าลูกแป้งนั้น ใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักผลิตภัณฑ์หลักอยู่สามผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้าวหมากและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน เช่นมันสำปะหลังหมักหวาน (tape ketala) ของอินโดนีเซีย เครื่องดื่มประเภทมึนเมาเช่น กระแช่ สาโทและอุ และน้ำส้มสายชูจากวัตถุดิบประเภทแป้งเช่นธัญพืชหรือพืชหัว ดังนั้นสำหรับลูกแป้งข้าวหมาก เฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพย่อยแป้งเป็นน้ำตาลและพวกที่ผลิตสารซึ่งให้กลิ่นหอมบางชนิดเท่านั้นที่จะมีบทบาทสำคัญ ส่วนลูกแป้งเหล้านอกจากจะต้องประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งได้ดีแล้ว ยีสต์ที่มีบทบาทที่แท้จริงจะต้องสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกเหนือจากจุลินทรีย์สองกลุ่มที่กล่าวแล้ว ส่าน้ำส้มสายชูยังต้องประกอบด้วยแบคทีเรียน้ำส้มสายชูในปริมาณมากพอ ที่จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้มได้สูงเกินกว่า 4% (น้ำหนัก/ปริมาตร)

จากความเข้าใจพื้นฐานนี้ จึงได้มีการศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่แยกได้จากลูกแป้ง เช่นการหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกจากลูกแป้งข้าวหมาก พบว่าเมื่อใช้เฉพาะ *Amylomyces rouxii* ร่วมกับ *E. fibuligera* จะได้ข้าวหมากที่มีกลิ่นรสไม่แตกต่างจากข้าวหมากของอินโดนีเซีย ที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งเป็นกล้าเชื้อ แต่เมื่อใช้ *Amylomyces rouxii* ร่วมกับ *E. burtonii* ผลิตภัณฑ์จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นรสดีกว่าการใช้ *Endomycopsis* ชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ *Amylomyces rouxii* ร่วมกับ *E. fibuligera* หรือ *H. anomala* จะหมักได้ข้าวหมากที่มีลักษณะและกลิ่นรสไม่แตกต่างจากข้าวหมากของไทยที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้ง ส่วนการหมักกระแช่นั้นพบว่า เมื่อใช้ *Amylomyces rouxii* หรือ *Rhizopus* spp. ร่วมกับ *S. cerevisiae* จะให้ผลไม่แตกต่างจากการหมักกระแช่ด้วยลูกแป้ง และพบว่า *Endomycopsis* spp. ในลูกแป้งเหล้าของไทยไม่มีความสำคัญในการหมักเลย

ทั้ง *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. เป็นเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอนไซม์ที่ผลิตได้มีทั้งแอลฟาอไมเลส และกลูโคอไมเลส ดังนั้นในกระบวนการหมัก เชื้อราเหล่านี้จึงมีบทบาทในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ส่วน *Endomycopsis* spp. และ *Hansenula* spp. เป็นยีสต์ที่มีความสำคัญในการย่อยแป้งเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้ได้แอลกอฮอล์ และเอสเธอร์ ดังนั้นในการหมักข้าวหมาก *Amylomyces rouxii* และยีสต์สองสกุลนี้จึงมีบทบาทในการทำให้เกิดความหวานและผลิตสารที่ให้กลิ่นรสของข้าวหมาก ส่วนในลูกแป้งเหล้านั้น *Rhizopus* spp. และ/หรือ *Amylomyces rouxii* มีบทบาทเช่นเดียวกันในการหมักข้าวหมาก แต่ยีสต์ที่เป็นตัวการในการหมักกระแช่ หรือสาโทได้แก่ *S .cerevisiae* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล นอกจากจะใช้ในการหมักเครื่องดื่มประเภทมึนเมาดังกล่าวแล้ว ยังใช้ลูกแป้งเหล้าร่วมกับลูกแงน้ำส้มสายชูในการหมักน้ำส้มสายชูด้วย

สำหรับแบคทีเรียแลกติกนั้น ไม่มีรายงานศึกษาถึงบทบาทที่แน่ชัด โดยเฉพาะในการหมักข้าวหมาก การมีแบคทีเรียเหล่านี้ในปริมาณมาก จะมีผลให้ข้าวหมากเปรี้ยวไม่เป็นที่นิยม ส่วนเครื่องดื่มมึนเมาประเภทกระแช่หรือสาโทนั้น ยีสต์จะเจริญและผลิตแอลกอฮอล์ได้ดีเมื่อน้ำหมักมี pH ต่ำ (4.2 – 4.5) และการมีกรดในน้ำหมักยังเป็นผลทำให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ เจริญได้ช้าลง นอกจากนั้นเครื่องดื่มประเภทนี้ยังนิยมให้มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ดังนั้นแบคทีเรียแลกติกในลูกแป้งจึงมีบทบาทในเรื่องนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกแป้งที่ใช้หมักเหล้าจากข้าวของอินเดียที่เรียกว่า “ซอนนิ” ซึ่งนิยมให้มีรสเปรี้ยวจัด สำหรับการหมักกระแช่หรือสาโทของไทยโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ที่แยกจากลูกแป้ง ได้แก่ *Amylomyces rouxii* หรือ *Rhizopus* spp. ร่วมกับ *S.cerevisiae* น้ำหมักจะมี pH ประมาณ 4.1 – 4.5 อยู่แล้วโดยไม่ต้องเติมแบคทีเรียแลกติก ทั้งนี้ เพราะทั้ง *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. ที่แยกจากลูกแป้งนั้น เป็นสายพันธุ์ที่ผลิตกรดได้ดี ส่วน *Acetobacter* spp. ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้า ถึงแม้จะมีในปริมาณน้อยก็จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพโดยมีกรดน้ำส้มเกิดขึ้น

เนื่องจากลูกแป้งเหล้าส่วนใหญ่มักมีเชื้อน้ำส้มสายชูปนเปื้อน ในบางครั้งจึงมีการใช้ลูกแป้งเหล้าเป็นกล้าผลิตน้ำส้มสายชู วึ่งผลที่ได้ในแต่ละครั้งไม่สม่ำเสมอ และได้ปริมาณกรดต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติอาหาร การผลิตน้ำส้มสายชูจากข้าวในระดับโรงงานขนาดย่อม จึงใช้ลูกแป้งน้ำส้มสายชูหรือน้ำส้มโดยเฉพาะ ซึ่งลูกแป้งเหล่านี้จะมีเชื้อน้ำส้มสายชูในปริมาณค่อนข้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.เตรียมแป้งโดยซาวข้าวให้สะอาด แช่น้ำไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำไปโม่แล้วทับน้ำให้แห้ง หรือทำให้ข้าวสะเด็ดน้ำเสียก่อนแล้วจึงนำไปบดหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยแร่ง การแช่ข้าวนานเกินไปโดยไม่เปลี่ยนน้ำ จะมีผลให้แบคทีเรียแลคติกและ *Bacillus* spp. เจริญเพิ่มจำนวนในปริมาณมาก ทำให้ลูกแป้งที่ผลิตได้มีคุณภาพ

2. บดสมุนไพรชนิดแห้งให้ละเอียด สมุนไพรสดอาจนำไปบดพร้อมกับข้าว

3.ผสมแป้งและสมุนไพรกับลูกแป้ง (ลูกแป้ง 5 กรัมต่อแป้ง 1 กิโลกรัม) ที่บดละเอียดให้เข้ากันโดยการร่อนด้วยแร่งหรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าความเร็วต่ำๆ เติมน้ำหรือน้ำต้มชะเอมในปริมาณที่เมื่อนวดแล้วจะปั้นเป็นก้อนได้ ปริมาณน้ำที่ใช้นั้นกำหนดไม่ได้แน่นอนขึ้นกับความแห้งของแป้งที่ใช้ ปริมาณสมุนไพรสดซึ่งแตกต่างกันในแต่ละตำรับและสภาวะความชื้นในบรรยากาศขณะบ่มลูกแป้ง ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ผลิต อย่างไรก็ตามจากการทดลองผลิตลูกแป้งน้ำส้มสายชูโดยใช้แป้งแห้งซึ่งมีคามชื้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์และสมุนไพรแห้งพบว่า เมื่อนวดแป้ง 100 กรัมกับน้ำ 80-85 มิลลิลิตรแป้งที่นวดได้จะมีความชื้นประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นระดับความชื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุดโดยปั้นแป้งให้เป็นก้อนได้ และเชื้อน้ำส้มสายชูสามารถเจริญได้ดีที่สุด

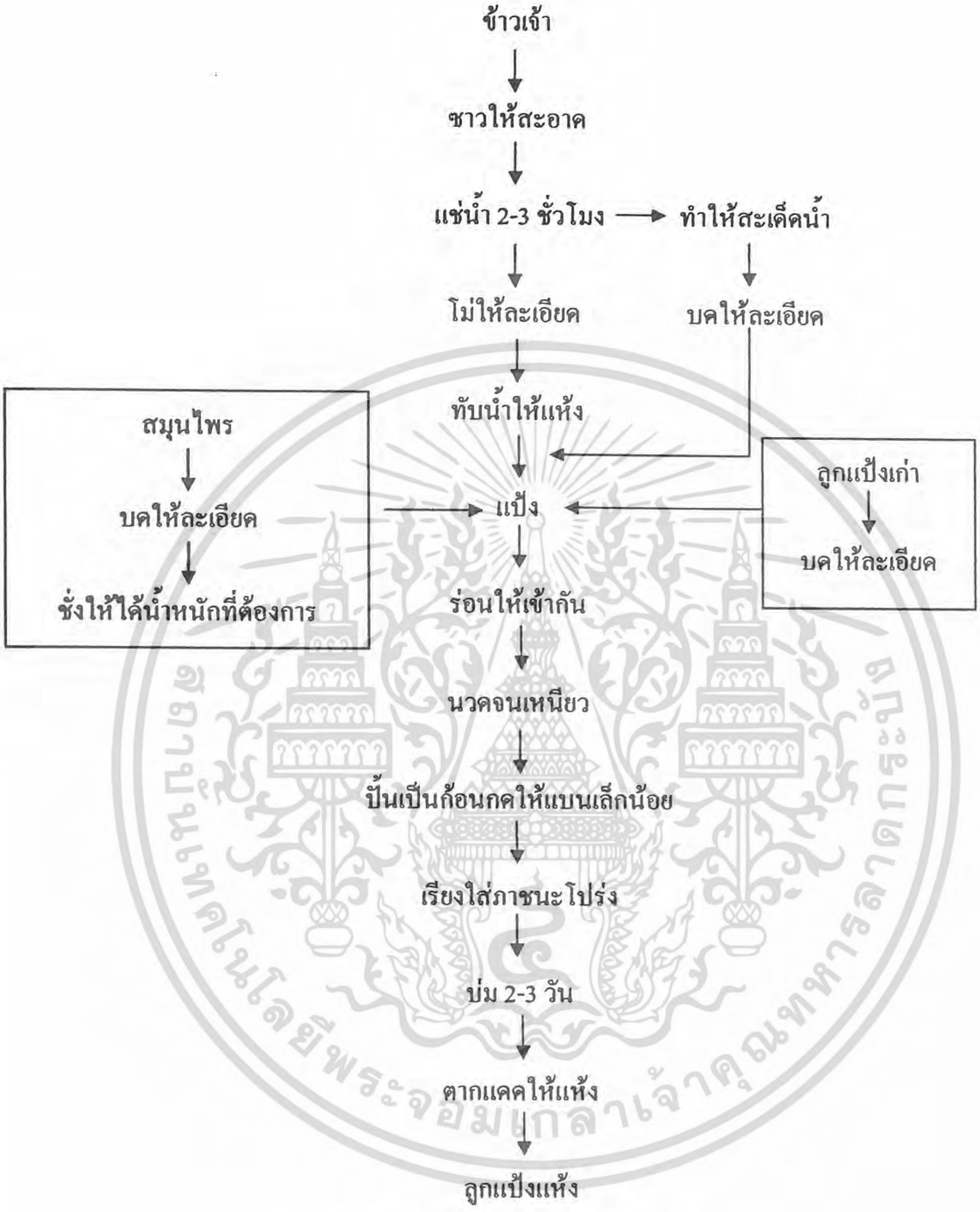
4.เมื่อนวดแป้งจนเหนียวแล้วจึงปั้นเป็นก้อนกลมขนาดต่างๆ กัน ตามชนิดของลูกแป้งในการผลิตลูกแป้งเหล่านั้นพบว่า การหมักแป้งที่นวดแล้วไว้ประมาณ 6-12 ชั่วโมงแล้วจึงนำมาปั้นจะได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีกว่าที่ปั้นโดยไม่หมักแป้ง

5.เรียงลูกแป้งบนกระด้งหรือภาชนะก้นโปร่งอื่นๆ ให้แต่ละลูกห่างกันเล็กน้อยเนื่องจากเมื่อจุลินทรีย์เจริญจะทำให้ลูกแป้งฟูขึ้น ส่วนของลูกแป้งด้านที่ติดกับภาชนะจะแบนราบตามผิวที่สัมผัสโดยที่ด้านบนยังคงรูปร่างโค้งเป็นครึ่งวงกลม สำหรับการปั้นลูกแป้งขนาดใหญ่เมื่อเรียงบนภาชนะแล้วควรกดด้านบนลงเล็กน้อย เพื่อให้ลูกแป้งบางลง จุลินทรีย์ภายในลูกแป้งจะมีโอกาศรับอากาศมากขึ้น

6.เมื่อเรียงลูกแป้งเต็มภาชนะแล้วโรยผงลูกแป้งที่เตรียมไว้ลงบนผิวของลูกแป้งที่ปั้นใหม่โดยใช้ผงแป้งประมาณ 15 กรัมต่อสูตรที่ใช้แป้ง 1 กิโลกรัม คลุมภาชนะด้วยผ้าหนาๆ โดยไม่ให้ผ้าสัมผัสกับผิวลูกแป้ง บ่มประมาณ 48 ชั่วโมง นำไปตากแดดให้แห้งแล้วเก็บใหภาชนะที่ปิดฝาได้สนิท การที่ลูกแป้งได้รับแสงแดดโดยตรงจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงไปบ้างซึ่งเป็นผลจากรังสีอัลตราไวโอเลต ดังนั้นจึงควรตากลูกแป้งโดยมีแผ่นกระจกใสกั้นแสงอยู่ด้านบนโดยเว้นระยะระหว่างผิวลูกแป้งและกระจกให้อากาศถ่ายเทได้ นอกจากนั้นการทำให้ลูกแป้งแห้งอย่างได้ผลดีอีกอย่างหนึ่งคือการอบในตู้อบ

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการปั้นลูกแป้ง ดังแสดงในภาพที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แผนภูมิการผลิตลูกแป้ง
ที่มา: นภา โล่ห์ทอง. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

โดยที่การผลิตลูกแป้งคือ การเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะที่ไม่สามารถทำให้ปลอดเชื้อได้เช่นที่ใช้วิธีการทางจุลชีววิทยาสมัยใหม่ การลดปริมาณการปนเปื้อนและป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน จึงอาศัยหลักใหญ่ ๆ สี่ประการได้แก่

1. การเลือกวัตถุดิบ
2. การรักษาความสะอาดในทุกขั้นตอนของการผลิต
3. การควบคุมปริมาณความชื้นของส่วนผสมลูกแป้งให้ต่ำที่สุดที่จุลินทรีย์ลูกแป้งยังเจริญได้ โดยที่ระดับความชื้นนั้นจะต่ำเกินกว่าที่จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน
4. ใช้สมุนไพรทั้งชนิดและปริมาณที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนโดยไม่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ลูกแป้ง ซึ่งขึ้นกับชนิดของลูกแป้งที่ผลิต

2.8 แนวทางการผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์

การศึกษาถึงบทบาทของจุลินทรีย์ในลูกแป้งชนิดต่าง ๆ ทำให้ได้มีการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยแยกเชื้อจากลูกแป้งที่มีคุณภาพดีมีประสิทธิภาพในการหมัก ตลอดจนสามารถจับคู่หรือกลุ่มจุลินทรีย์ในรูปเชื้อผสม สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสม และเป็นแนวทางในการำจุลินทรีย์เหล่านี้ ไปผลิตลูกแป้งโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์ เพื่อให้ได้ลูกแป้งที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ ซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลจากการศึกษาในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้พื้นฐานของเทคโนโลยีที่มีอยู่เดิม

ลูกแป้งข้าวหมาก

การจะผลิตลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์ได้สำเร็จเพียงไรนั้น นอกจากการคัดเลือกและจัดคู่จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อได้อย่างเหมาะสมแล้ว จะต้องมีการศึกษาให้ทราบแน่ชัด ถึงผลของสมุนไพรต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ทั้งกลุ่มที่ต้องการให้มีในลูกแป้งและกลุ่มที่เป็นจุลินทรีย์ปนเปื้อน สำหรับลูกแป้งข้าวหมากเชื้อบริสุทธิ์ที่ใช้ได้แก่ *A. rouxii, Endomycopsis* spp. และ *Hansenula* spp. ซึ่งจากการศึกษาผลของสมุนไพร 23 ชนิด และส่วนผสมของสมุนไพรเหล่านี้ต่อเชื้อทั้งสามชนิด และจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น *Rhizopus* spp. *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกสมุนไพร ที่ไม่ยับยั้งการเจริญของเชื้อบริสุทธิ์ที่เติมในลูกแป้ง ผลปรากฏว่า ลูกแป้งที่ตรวจพบเฉพาะ *A. rouxii, Endomycopsis* spp. และ *Hansenula* spp. โดยไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อราอื่น ๆ ได้แก่ลูกแป้งที่เติมส่วนผสมของสมุนไพรดังต่อไปนี้

1. การพลูร้อยละ 0.5 และขิงร้อยละ 3
2. ขิงร้อยละ 3 ข่าร้อยละ 1 และดีปลีร้อยละ 1.5
3. ข่าร้อยละ 1 ชะเอมร้อยละ 2 และดีปลีร้อยละ 1.5
4. กระเทียมร้อยละ 3 ขิงร้อยละ 3 ข่าร้อยละ 1 และพริกไทยร้อยละ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กระเทียมร้อยละ 3 ขิงร้อยละ 3 ชะเอมร้อยละ 2 และพริกไทยร้อยละ 1.5
6. ขิงร้อยละ 3 ชะเอมร้อยละ 2 ดีปลีร้อยละ 1.5 และพริกไทยร้อยละ 1.5
7. กระเทียมร้อยละ 3 ขิงร้อยละ 3 ชะเอมร้อยละ 2 และดีปลีร้อยละ 1.5

ในการศึกษานี้ตรวจพบ *Bacillus* spp. ในลูกแป้งที่เติมสมุนไพรทุกสูตร ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากการทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่พบว่าชะเอม ขิง และดีปลี อย่างใดอย่างหนึ่ง ในระดับความเข้มข้นเท่ากับที่ใช้ผสมในลูกแป้ง สามารถยับยั้งการเจริญของแบซิลลัสโดยสิ้นเชิงและเมื่อใช้ในรูปของสมุนไพรผสมก็พบว่า ส่วนผสมทั้งเจ็ดสูตรมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นี้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่าแบซิลลัสเหล่านี้ปนเปื้อนในวัตถุดิบในรูปของสปอร์ ซึ่งสมุนไพรไม่มีประสิทธิภาพทำลายได้ และในสภาวะบ่มลูกแป้งที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำจะไม่เอื้อให้สปอร์งอกเป็นเซลล์ได้ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงยังคงอยู่ในลูกแป้งในสภาพของสปอร์ จึงควรจะได้มีการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลในเรื่องนี้ ตลอดจนตรวจสอบคุณภาพของข้าวหมากที่หมักโดยใช้ลูกแป้งเหล่านี้เป็นกล้าเชื้อ

เป็นที่น่าสังเกตว่าองค์ประกอบของสมุนไพร ที่ทดสอบว่าได้ผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน โดยไม่มีผลต่อจุลินทรีย์ลูกแป้งจะตรงกับส่วนผสมในตำรับโบราณเป็นส่วนใหญ่ แต่ชนิดของสมุนไพรที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละสูตรจะน้อยกว่าตำรับเดิม กล่าวคือแต่ละสูตรจะใช้สมุนไพรเพียง 2 – 4 ชนิดเท่านั้น ในขณะที่ตำรับเดิมต้องใช้ถึง 6 – 13 ชนิด

ลูกแป้งเหล้า

ได้มีการศึกษาการผลิตลูกแป้งเหล้าด้วยเชื้อบริสุทธิ์ในรูปเชื้อผสม ระหว่าง *S.cerevisiae* 281 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แยกจากลูกแป้งและคัดเลือกแล้วว่า มีประสิทธิภาพในการหมักแอลกอฮอล์กับเชื้อราสายพันธุ์ต่าง ๆ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizopus oryzae* MB 39, *Aspergillus niger* H5, *Amylomyces rouxii* AH3 และ *Endomycopsis fibuligera* ER10 ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 4 สายพันธุ์นี้มีที่มาจากลูกแป้งและได้ทดสอบประสิทธิภาพการเปลี่ยนแป้ง เป็นน้ำตาลแล้วเช่นกัน โดยใช้ตำรับที่ประกอยด้วยแป้งข้าวเจ้า 400 กรัม ขิง ข่า ชะเอม กระเทียมและพริกไทยอย่างละ 6 กรัม และดีปลี 2 กรัม ผลปรากฏว่าลูกแป้งที่ผลิตได้ มีลักษณะในเรื่องเนื้อสัมผัสไม่ดีเท่าลูกแป้งที่มีขายในท้องตลาด แต่ผลจากการวิเคราะห์แอลกอฮอล์ที่หมักได้ จะใกล้เคียงกับลูกแป้งเหล้าจากแหล่งผลิตบางแหล่ง แต่จะต่ำกว่าลูกแป้งจากบางท้องถิ่น คู่ผสมของเชื้อที่ให้ผลดีได้แก่ การผสมระหว่าง *S.cerevisiae* 281 กับ *Rhizopus oryzae* MB 39 และ *S.cerevisiae* 281 กับ *Aspergillus niger* H5

ลูกแป้งน้ำส้มสายชู

ดังได้กล่าวแล้วว่าการผลิตลูกแป้งหรือส่าน้ำส้มสายชูนั้น ไม่ปรากฏเป็นข้อมูลเอกสารจากการสอบถามผู้ที่ยังผลิตอยู่น้อยรายในปัจจุบัน ไม่สามารถทราบถึงกรรมวิธีและสูตรที่แน่นอนโดยเฉพาะชนิดและปริมาณของสมุนไพรที่ใช้ ซึ่งเชื้อน้ำส้มสายชูเป็นแบคทีเรีย ดังนั้นการตอบสนองต่อสารยับยั้งการเจริญจะต่างจากเชื้อราและยีสต์ จากการศึกษาผลของสมุนไพร 29 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ยีสต์และแบคทีเรียที่มักพบในลูกแป้งรวมทั้ง *Acetobacter* spp. 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพันธุ์ พบว่าส่วนผสมของสมุนไพรที่เหมาะสมที่สุดในการปั้นลูกแป้งน้ำส้มสายชู ได้แก่ พริกไทยขาว และดอกจันทน์ อย่างละร้อยละ 3 และลูกจันทน์ร้อยละ 1 โดยที่ส่วนผสมของสมุนไพรดังกล่าวไม่ยับยั้งการเจริญของ *Acetobacter* spp. แต่จะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะสามารถยับยั้งการเจริญของ *Bacillus* spp. ได้อย่างสมบูรณ์ และยับยั้งการเจริญของ *A. niger* ได้ดีกว่าส่วนผสมอื่น ๆ ซึ่งเชื้อรานี้เป็นอุปสรรคปัญหาในการปั้นลูกแป้ง การเติมกรดโปรปิโอนิกร้อยละ 0.2 ในส่วนผสมของสมุนไพร จะยับยั้งการเจริญของ *A. niger* และเชื้อราปนเปื้อนอื่น ๆ อีกหลายชนอดได้โดยสิ้นเชิง และให้ผลดีกว่าการใช้กรดโปรปิโอนิกเพียงอย่างเดียว ผลของสมุนไพรต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นั้นนอกจากจะปรากฏในเอกสารเกี่ยวกับการเตรียมลูกแป้งด้วยเชื้อบริสุทธิ์แล้ว ยังมีรายละเอียดในรายงานอีกเป็นจำนวนมาก

2.9 อายุการเก็บลูกแป้ง

ลูกแป้งที่เก็บไว้ใช้ในระยะเวลานาน ๆ จะต้องแห้ง (ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 12) เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราปนเปื้อนบางชนิด และควรเก็บในภาชนะปิดสนิททันทีโดยที่แน่ใจว่าแมลงจะไม่สามารถเจาะผ่านไปทำลายได้ ลูกแป้งที่เก็บโดยขาดความระมัดระวังจะมีปัญหาจากแมลงพวกมอดและมวนต่าง ๆ การเก็บลูกแป้งในตู้เย็นในภาชนะปิดสนิท จะลดปัญหาการถูกทำลายโดยแมลงและทำให้จุลินทรีย์ลูกแป้งลดจำนวนช้าลง

ลูกแป้งข้าวหมากและลูกแป้งเหล้าโดยทั่ว ๆ ไปเมื่อแห้งแล้ว และเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทจะใช้เป็นกล้าเชื้อได้อย่างน้อยที่สุดประมาณ 6 เดือน ลูกแป้งข้าวหมากจากบางแหล่งเก็บไว้ได้นานถึง 18 เดือน ถึงแม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ในลูกแป้งจะลดลงตามระยะเวลาที่เก็บ แต่ปริมาณที่เหลือจะเพียงพอสำหรับเป็นกล้าเชื้อในกระบวนการหมัก โดยคุณสมบัติในด้านการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งตามปกติแล้ว *Amylomyces rouxii* เป็นเชื้อราที่เก็บรักษาค่อนข้างยาก กล่าวคือเมื่อเก็บในสภาพเชื้อสดในตู้เย็นบนอาหารเลี้ยงเชื้อเช่น Potatodextrose agar หรือ Sabouraud agar คุณสมบัติของเชื้อจะเปลี่ยนไปค่อนข้างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับเชื้อราชนิด อื่น ๆ ดังนั้นจึงนับได้ว่ากรรมวิธีการผลิตลูกแป้ง เป็นวิธีการเก็บรักษาพันธุ์จุลินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งได้มีการพัฒนามาเป็นระยะเวลานาน ก่อนที่จะค้นพบวิธีการเก็บรักษาเชื้อโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ เช่น การไลโอฟิไลส์ (lyophilize)

2.10 กระบวนการผลิตสาโท

ปฏิกิริยาในการหมักสาโทจัดเป็น Multiparallel fermentation หมายถึงกระบวนการหมักที่มีหลายปฏิกิริยาและจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ซึ่งแบ่งเป็นสองขั้นตอนหลักตามสภาวะของการหมักและประเภทของจุลินทรีย์ เริ่มจากขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล (Saccharification) โดยราสร้างเอนไซม์กลุ่มอะไมเลส สภาวะการหมักต้องการอากาศสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญของรา กลุ่มที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการสร้างเอนไซม์ปริมาณมากได้แก่ *Rhizopus sp.* , *Mucor sp.* , *Amylomyces sp.* มีคุณสมบัติคือ สร้างเอนไซม์ที่มีแอคทิวิตี้สูง พร้อมกับสร้างกรดอินทรีย์เช่นกรดฟูมาลิค กรดซิตริคและกรดแลคติค ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท แต่การไฮโดรไลส์แป้งเกิดไม่สมบูรณ์ คือให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ *Aspergillus sp.* ซึ่งไม่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในสาโท เป็นที่น่าสังเกตุว่ากรดที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวช่วยยับยั้งพวกจุลินทรีย์อื่นที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนได้ ที่เรียกว่า Protected Fermentation เชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมากแผ่กระจายปกคลุมบนผิวเมล็ดข้าว และแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าว บางส่วนแทงทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าว ราจะสร้างเอนไซม์จำนวนมากออกมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล สร้างกรดอินทรีย์และยังได้สารอาหารและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของยีสต์ สำหรับยีสต์ในระยะแรกที่มีอากาศนี้จะยังไม่เกิดกระบวนการหมักแต่จะมีการแตกหน่อเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วจนมีปริมาณที่มากพอ ประกอบกันสภาวะความเป็นกรดที่ราสร้างให้ ร่วมกับเป็นระยะที่ผู้ผลิตจะเติมน้ำลงไปทำให้เป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ราซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (Stricty Aerobe)ในการเจริญและหยุดกิจกรรม สวนยีสต์ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ทั้งสองสภาวะ (Fecultative Anaerobe) ก็จะเปลี่ยนรูปแบบการสร้างพลังงานจากการหายใจที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Respiration) มาเป็นกระบวนการหมัก (Alcoholic Fermentation) ซึ่งเป็นส่วนของขั้นตอนที่สอง ที่เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลรีดิวส์ให้เป็นแอลกอฮอล์ โดยยีสต์ *Saccharomyces sp.* , *Endomycopsis sp.* , *Hensenula sp.* , *Torulopsis sp.*มีคุณสมบัติเหมาะสมในการหมักสาโทเพราะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทนต่อความเป็นกรด ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาลและทนต่อระดับแอลกอฮอล์ได้ดี และเมื่อต้องการให้ยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ จะต้องปรับสภาวะให้อยู่ในสภาพไร้อากาศ ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักสาโทระยะนี้คือ 1) อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อราและยีสต์ 2) ช่วง Lag Phase ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณเซลล์ของยีสต์ ณ อุณหภูมิการหมักนั้นๆ 3) องค์ประกอบของสารอาหาร ปริมาณกรดอินทรีย์ 4) ปริมาณออกซิเจน 5) ความสามารถในการทนต่อสภาวะต่างๆของยีสต์ เช่น ระดับแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ รวมทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นขณะที่เซลล์มีกิจกรรม เป็นต้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในถังหมักจึงเรียงลำดับจาก Saccharification ของแป้งเป็นน้ำตาลเฟอร์เมนต์ชนิดต่างๆและกลูโคส กรดแลคติค และกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยเอนไซม์อะไมเลสจากรา ตามด้วยยีสต์ ที่จะเปลี่ยนน้ำตาลเฟอร์เมนต์และ/กลูโคสให้เป็นแอลกอฮอล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมๆกับการผลิตกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆเช่น กรดซัคซินิค กรดมาลิค นอกจากนี้ยังพบกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดอื่น อาทิ โปรติเอส ที่ย่อยสลายโปรตีนเป็นเปบไทด์และกรดอะมิโน และไลเปส ที่เปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล เกิดเป็นกลิ่นรสที่มีความซับซ้อน และยิ่งไปกว่านั้นสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยากันเอง แล้วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96541

สารอินทรีย์ชนิดใหม่ๆ ที่ช่วยเพิ่มความซับซ้อนที่เป็นความหอมเฉพาะตัวในสาโท ที่บ่มเป็นเวลานาน

ภาพที่ 9 แผนภูมิการผลิตสาโท

ที่มา: นภา โล่ห์ทอง. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และวัตถุดิบ

อุปกรณ์ประกอบด้วย

เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ถังพลาสติก(สำหรับหมักสาโท)

ผ้าขาวบาง

pH meter

Hand Refractometer

เครื่อง Kjeldahl apparatus

เครื่อง Centrifuge

Water bath

วัตถุดิบประกอบด้วย

ข้าวเหนียว

สมุนไพรต่าง ๆ ได้แก่ ดีปลี ขิงแห้ง ข่าแห้ง กระเทียม หัวหอม ชะเอม พริกไทย ขิง

น้ำสะอาด

ลูกแป้ง

สารเคมี

สารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

Phenolpthalein (1%)

$K_2Cr_2O_7$(potassium dichromate)

$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$(ammonium ferrous sulfate)

Phenanthroline indicator

Fehling-Soxhlet solution

Methylene blue (1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.2.1 เชื้อราและเชื้อยีสต์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.1 เชื้อรา *Mucor sp.*AIKL 4018

จากหน่วยเก็บรวบรวมเชื้อจุลินทรีย์ของโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.

3.2.1.2 เชื้อยีสต์ได้จาก 2 แหล่ง คือ

เชื้อยีสต์ที่ผลิตเป็นการค้าเพื่อใช้หมักสุราจากธัญพืช จำนวน 7 เชื้อ ได้แก่

Saccharomyces cerevisiae NK 6

S. cerevisiae var. *Burgundy*

S. cerevisiae var. *Carlsburgensis*

S. cerevisiae var. *Champagne*

S. cerevisiae EC 1118

S. cerevisiae DANSTILL SA-1

S. cerevisiae var. *Montrachet*

แยกเชื้อยีสต์จากลูกแป้งเหล้า(ลูกแป้งเหล้าจากตลาดมีนบุรี) ให้เชื้อเป็น M-1

3.2.2 การคัดเลือกเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้ามาใช้ในการผลิตสาโท

3.2.2.1 การแยกเชื้อที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์

นำลูกแป้งเหล้า 10 กรัม ใส่ใน Yeast extract-Malt extract broth หรือ YM-broth ที่มีสารละลายน้ำตาลร้อยละ 10 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและปรับ pH แล้ว จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เชื้อจุลินทรีย์ เจริญและเกิดการหมัก 2-3 วัน แล้วนำไป streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.2.2.2 การทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง *Mucor sp.* AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์บนอาหารวุ้นในจานเพาะเชื้อที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้งและการทดสอบบนอาหารวุ้น Czapek

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแป้งและสมุนไพรเป็นส่วนประกอบเหมือนสูตรลูกแป้ง โดยคำนวณปริมาณในการใช้สมุนไพรในอัตราส่วนต่อแป้งร้อยละ 2 และเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek Agar เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมได้ทั้งสองสูตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตรลงในจานเพาะเชื้อ นำไปทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor sp.* AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์โดยขีดเป็นเส้นตรงบนอาหารวุ้นในจานเพาะเชื้อ ดังนี้

ก. ขีดเชื้อราในแนวตั้งตรงกลางจานเพาะเชื้อ

ข. ขีดเชื้อยีสต์ที่ต้องการทดสอบตัดแนวขีดของรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21098

ค. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

ง. ตรวจผลการเจริญของเชื้อยีสต์แต่ละเชื้อ ที่เจริญร่วมกับเชื้อรา สังเกตปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ถ่ายภาพบันทึกผล

3.2.3 ทดลองทำลูกแป้งโดยใช้สูตรทำลูกแป้งเหล้าที่ได้จากข้อ 3.2.2

3.2.3.1 เตรียมแป้งโดยแช่ข้าว 3 ชั่วโมง ซาวข้าวให้สะอาด แล้วนำไปโม่ หรือปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าให้ละเอียด

3.2.3.2 บดสมุนไพรให้ละเอียด

3.2.3.3 ผสมแป้งและสมุนไพร (ตามสูตรลูกแป้งในภาคผนวก) เข้าด้วยกันแล้วทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 15 นาที

3.2.3.4 ผสมเชื้อที่ได้จากการคัดเลือกจากข้อ 3.2.2.2 โดยปลูกเชื้อราในลักษณะเป็น mold brand จำนวน 1 ขวด ส่วนเชื้อยีสต์เลี้ยงใน YM-Broth และเติมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อให้มีความชื้น 45 %

3.2.3.5 นำมานวดในถุงพลาสติกในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อนวดจนเหนียวแล้ว หมักไว้ 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาปั้นเป็นก้อนกลมๆ ก้อนละ 15 กรัม

3.2.3. 6 เรียงลูกแป้งบนถาด บ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

3.2.3.7 นำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง แล้วเก็บในถุงปลอดเชื้อที่ปิดสนิท

การใช้เชื้อยีสต์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.2.2.2 ร่วมกับ *Mucor sp.*AIKL 4018 ในการทำลูกแป้ง ดังนี้

สูตรที่ 1 ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* NK 6 ร่วมกับ *Mucor sp.* AIKL 4018

สูตรที่ 2 ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis* ร่วมกับ *Mucor sp.* AIKL 4018

สูตรที่ 3 ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC 1118 ร่วมกับ *Mucor sp.* AIKL 4018

สูตรที่ 4 ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* ร่วมกับ *Mucor sp.* AKIL 4018

สูตรที่ 5 ใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 ร่วมกับ *Mucor sp.* AKIL 4018

สูตรที่ 6 ใช้เชื้อยีสต์ M-1 ร่วมกับ *Mucor sp.* AIKL 4018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.2.4 ทดลองหมักสาโทโดยใช้ลูกแป้งที่ได้จากข้อ 3.2.3

3.2.4.1 แช่ข้าวเหนียว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซาวน้ำให้สะอาด นึ่งให้สุก ประมาณ 30 นาที

3.2.4.2 ล้างน้ำให้หมดเมือกและทำให้สะเด็ดน้ำ

3.2.4.3 ผสมลูกแป้งเหล้า (ข้าว 1 กิโลกรัมต่อลูกแป้ง 5 กรัม) คลุกเคล้าให้ทั่ว นำไปแผ่กระจายในภาชนะพลาสติกแล้วคลุมด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก

3.2.4.4 บ่มไว้ที่อุหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เปลี่ยนถ่ายลงในภาชนะสำหรับหมัก แล้วเติมน้ำให้ได้บริกซ์ 25 องศาบริกซ์ ปล่อยให้เกิดการหมักเป็นเวลา 11 วัน

3.2.4.5 แยกส่วนใส

3.2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของสาโทที่หมักจากข้อ 3.2.4

3.2.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาโท

การวัดค่าพีเอช โดยใช้พีเอชมิเตอร์

การวัดค่าบริกซ์โดยแฮนด์รีแฟลกโทมิเทอร์ (Hand-Refractometer)

การวัดค่าปริมาณกรดทั้งหมดโดยใช้วิธีไทเทรตด้วยNaOH 0.1 N โดยมีฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

การวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้อีบูลิโอมิเทอร์

การวัดค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวส์โดยใช้วิธี Lane and Eynon Method

3.2.5.2 ประเมินคุณภาพสาโทโดยการชิม ปัจจัยที่ทำการทดสอบคือ

ลักษณะปรากฏ, กลิ่น, รสชาติ, ตัวตน, ความกลมกล่อม และ คุณภาพโดยทั่วไป โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งจะใช้โปรแกรมแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ในการหาความแตกต่างของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

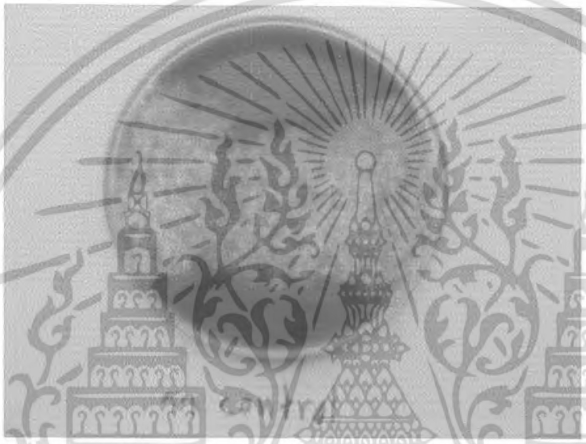
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

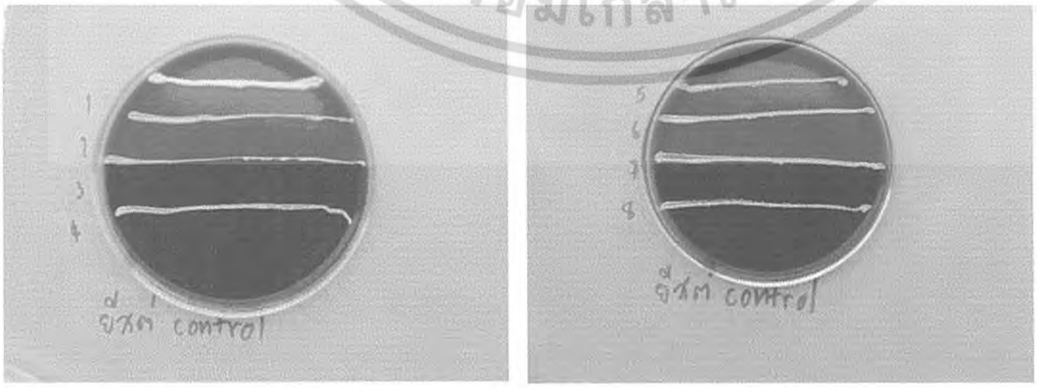
4.1 ผลการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp. AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ

4.1.1 บนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้ง



ภาพที่ 10 แสดงเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ที่ใช้ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อยีสต์

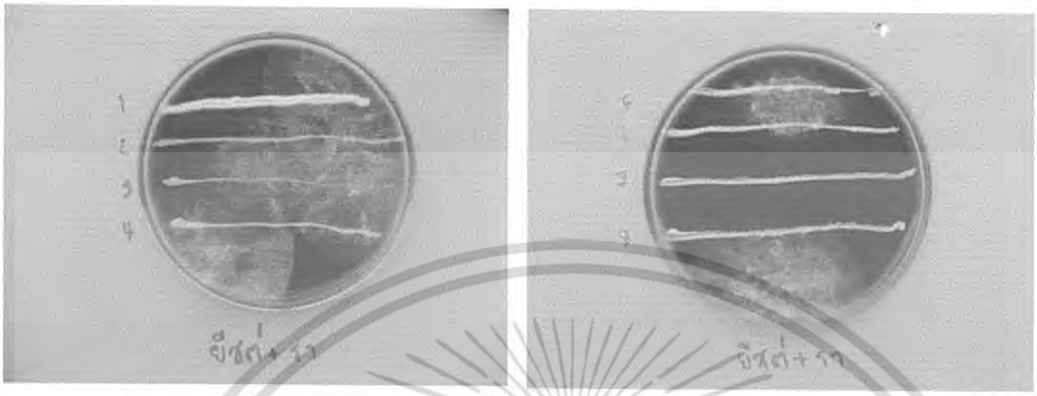
จากภาพที่ 10 เชื้อราสามารถเจริญได้บนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพร แสดงว่าสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในการทำลูกแป้งเหล้าไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่นำมาทดสอบดังภาพที่ 10 แล้วนำเชื้อราที่ได้ไปทดสอบปฏิสัมพันธ์กับเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์บนอาหารวุ้น ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 11 แสดงเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่1-8 ได้แก่ 1. เชื้อยีสต์ M-1 2. *S. cerevisiae* var. *Burgundy* 3. *S. cerevisiae* var. *Montrachet* 4. *S. cerevisiae* NK 6 5. *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis* 6. *S. cerevisiae* var. *Champagne* 7. *S. cerevisiae* EC 1118 8. *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 11 เชื้อยีสต์สามารถเจริญบนอาหารสมุนไพรได้โดยไม่ต้องอาศัยเชื้อราในการย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลและสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้งไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์ที่นำมาทดสอบปฏิสัมพันธ์

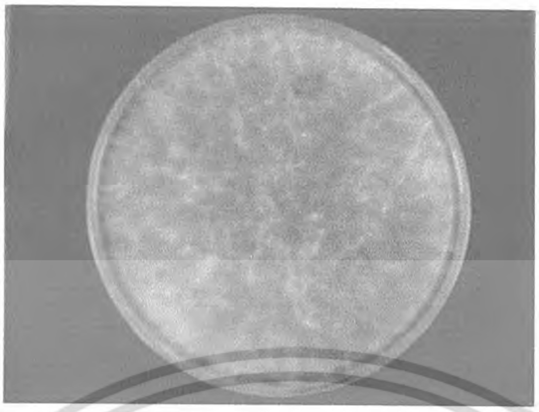


ภาพที่ 12 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่1-8 ได้แก่ 1. เชื้อยีสต์ M-1 2. *S. cerevisiae* var. *Burgundy* 3. *S. cerevisiae* var. *Montrachet* 4. *S. cerevisiae* NK 6 5. *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis* 6. *S. cerevisiae* var. *Champagne* 7. *S. cerevisiae* EC 1118 8. *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

จากภาพที่ 12 เป็นการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1-8 พบว่าเชื้อราและเชื้อยีสต์สามารถเจริญร่วมกันได้โดยไม่มีผลในการยับยั้งซึ่งกันและกัน เนื่องจากเชื้อยีสต์ที่นำมาทดสอบปฏิสัมพันธ์ สามารถเจริญร่วมกับเชื้อราบนอาหารวุ้นที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้งได้ทุกสายพันธุ์ ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบการเจริญของเชื้อยีสต์ร่วมกับเชื้อราบนอาหาร Czapek agar เพื่อคัดเลือกเชื้อยีสต์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 บนอาหารสังเคราะห์ Czapek agar



ภาพที่ 13 แสดงเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ที่ใช้ในการทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อยีสต์บนอาหารสังเคราะห์ Czapek agar

จากภาพที่ 13 เชื้อราสามารถเจริญได้บนอาหารวุ้นสังเคราะห์ Czapek agar แสดงว่าอาหารวุ้นสังเคราะห์ Czapek agar ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่นำมาทดสอบ แล้วนำเชื้อราที่ได้ไปทดสอบปฏิสัมพันธ์กับเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์บนอาหารวุ้นสังเคราะห์ Czapek agar ดังแสดงในภาพที่ 15

ภาพที่ 14 แสดงเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1-8 ได้แก่ 1. เชื้อยีสต์ M-1 2. *S. cerevisiae* var. *Burgundy* 3. *S. cerevisiae* var. *Montrachet* 4. *S. cerevisiae* NK 6 5. *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis* 6. *S. cerevisiae* var. *Champagne* 7. *S. cerevisiae* EC 1118 8. *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

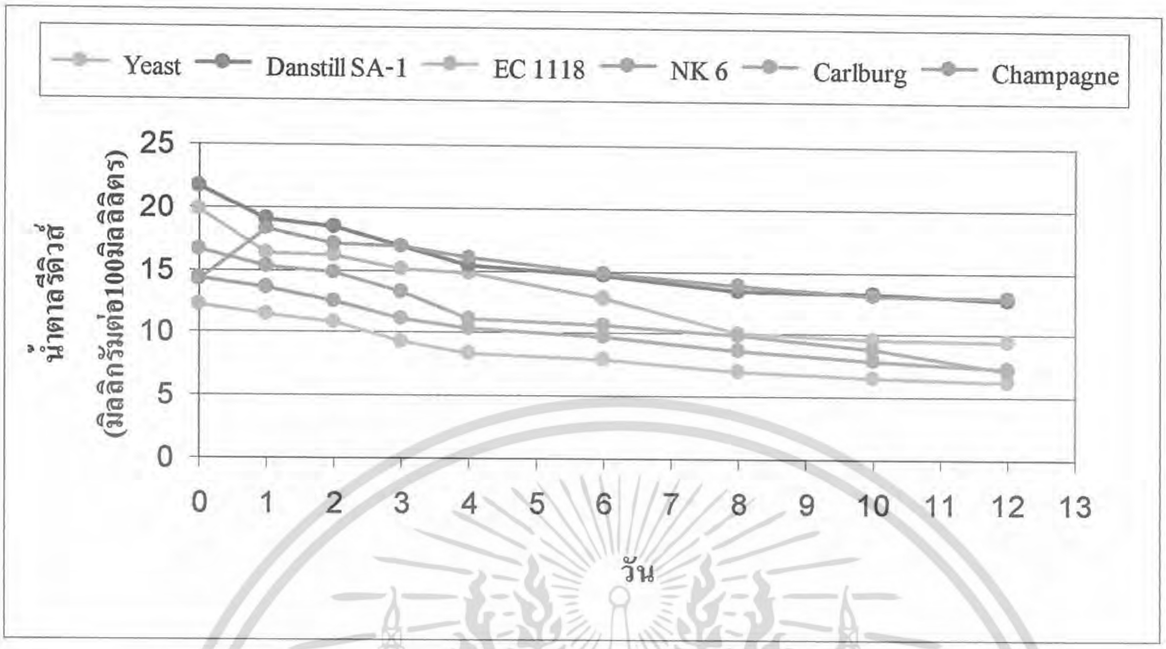
จากภาพที่ 14 เชื้อยีสต์สามารถเจริญบนอาหารวุ้นสังเคราะห์ Czapek agar ได้โดยไม่ต้องอาศัยเชื้อราในการย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลและอาหารวุ้นสังเคราะห์ Czapek agarมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* var. *Burgundy* และ *S. cerevisiae* var. *Montrachet* แล้วนำเชื้อยีสต์ไปทดสอบปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อราเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018
ดังแสดงในภาพที่ 15

ภาพที่ 15 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AKL 4018 กับ เชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ 1.เชื้อยีสต์ M-1 2. *S. cerevisiae* var. *Burgundy* 3. *S. cerevisiae* var. *Montrachet* 4. *S. cerevisiae* NK 6 5. *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* 6. *S. cerevisiae* var. *Champagne* 7. *S. cerevisiae* EC 1118 8. *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

จากภาพที่ 15 เป็นการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 กับเชื้อยีสต์สายพันธุ์ที่ 1-8 พบว่าเชื้อราและเชื้อยีสต์สามารถเจริญร่วมกันได้โดยไม่มีผลในการยับยั้งซึ่งกันและกัน เนื่องจากเชื้อยีสต์ที่นำมาทดสอบปฏิสัมพันธ์ สามารถเจริญร่วมกับเชื้อราบนบนอาหารวุ้น Czapek agar ได้ 6 สายพันธุ์ คือ เชื้อยีสต์ M-1, *S. cerevisiae* NK 6, *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis*, *S. cerevisiae* var. *Champagne*, *S. cerevisiae* EC 1118 และ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

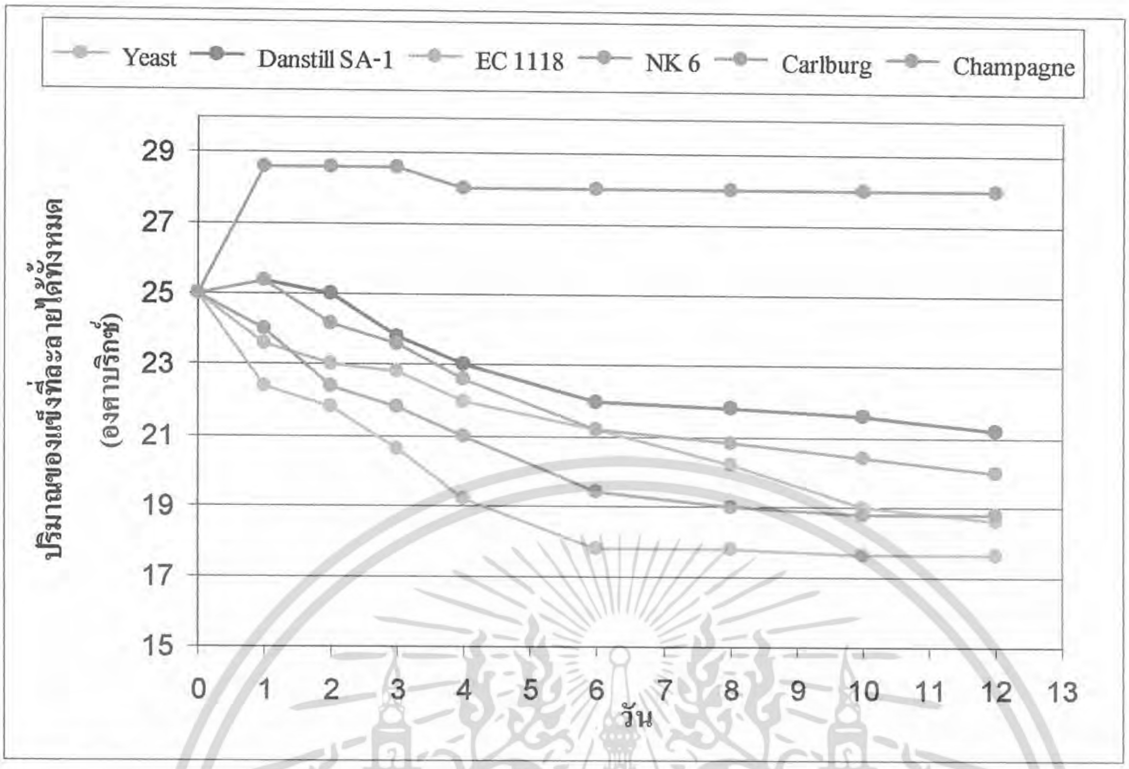
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาโท



ภาพที่ 16 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวส์ (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา*Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก

จากภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวส์ (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา*Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก พบว่า ปริมาณของน้ำตาลรีดิวส์มีแนวโน้มลดลงเมื่อ ระยะเวลาในการหมักสาโทเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณของแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น

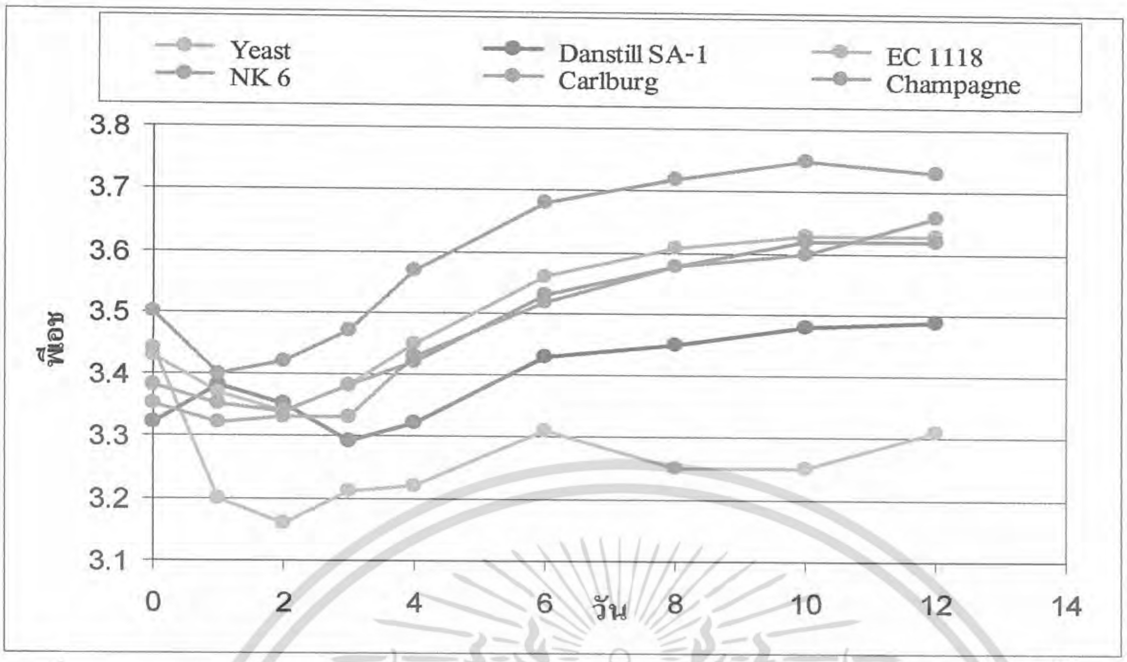
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์) ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก

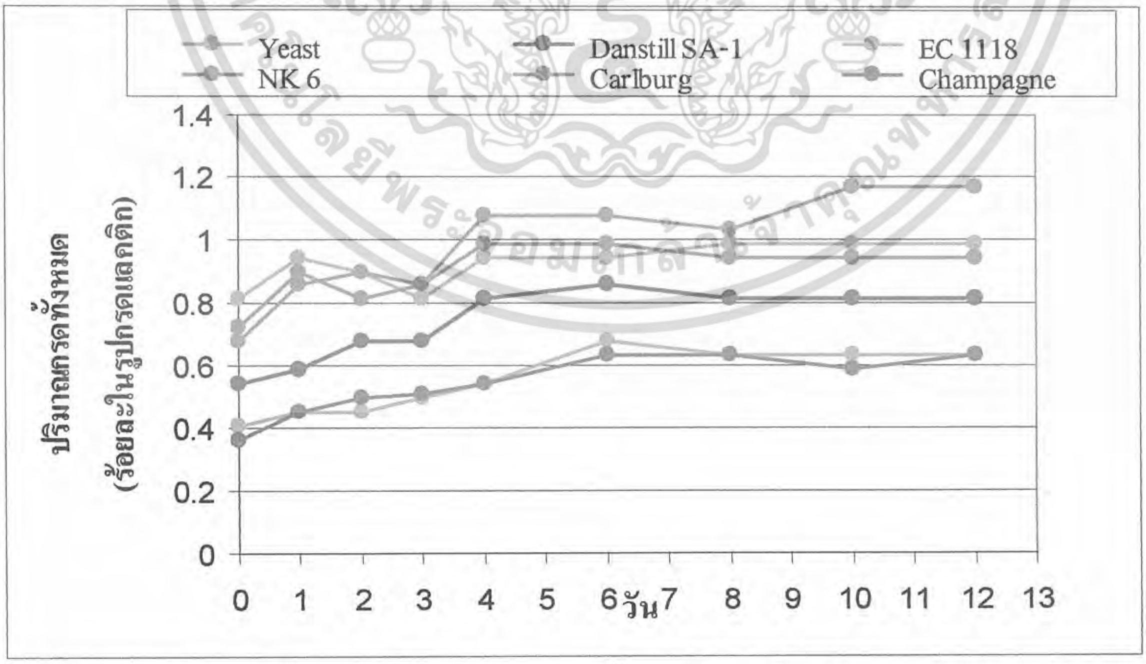
ภาพที่ 17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(องศาบริกซ์)ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก พบว่า ปริมาณของของแข็งมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสาโทที่ทำจากลูกแป้งที่ได้จากเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* มีปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ลดลงน้อยที่สุด แสดงว่า เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* มีการใช้น้ำตาลในการเปลี่ยนไปเป็นแอลกอฮอล์น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก

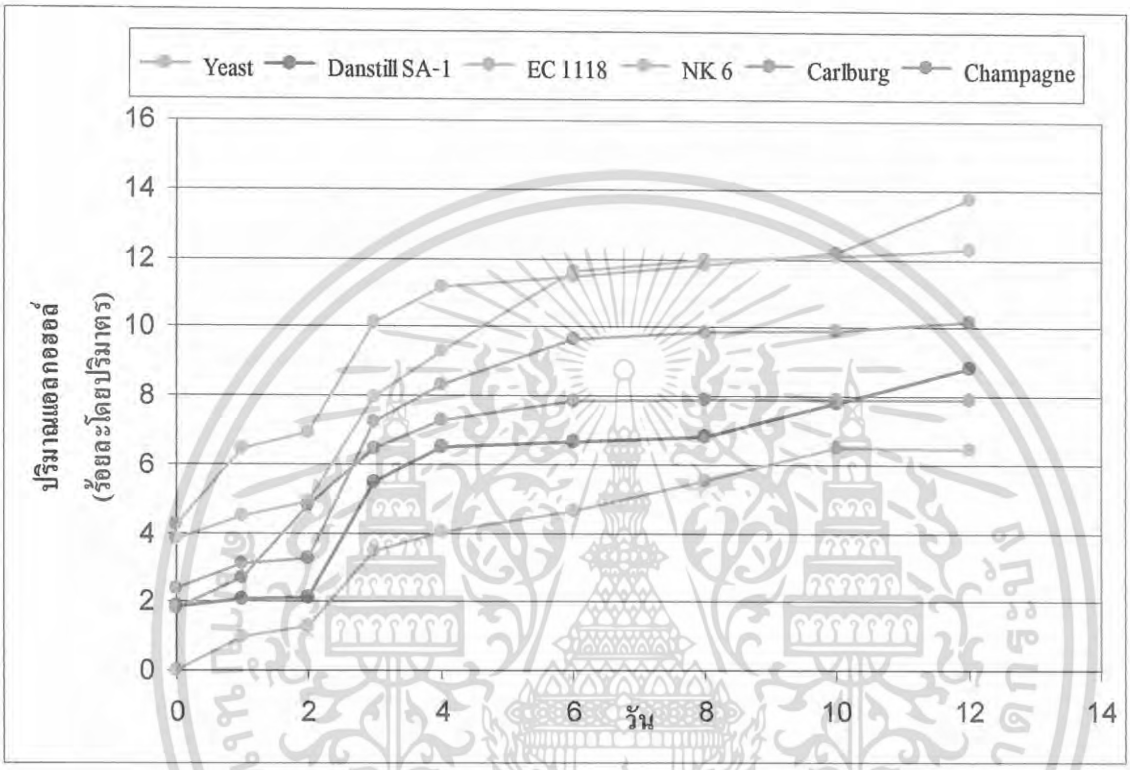
จากภาพที่ 18 เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในระหว่างการหมักสาโท พบว่า พีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสาโททุกสูตร โดยสาโทที่ทำจากลูกแป้งที่ได้จากเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* มีแนวโน้มของพีเอชที่เพิ่มขึ้นสูงสุด



ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกรดทั้งหมด(ร้อยละในรูปกรดแลคติก)ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา*Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 19 เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดเป็นร้อยละในรูปของกรดแลคติก พบว่า ปริมาณของกรดทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสาโททุกสูตร ซึ่งไม่สัมพันธ์กับพีเอชที่เพิ่มขึ้น และในสาโทที่ทำจากลูกแป้งที่ได้จากเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* มีแนวโน้มของปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงที่สุด



ภาพที่ 20 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักสาโทโดยใช้เชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับยีสต์ที่นำมาคัดเลือก

จากภาพที่ 20 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอลกอฮอล์ในระหว่างการหมักสาโท ซึ่งปริมาณของแอลกอฮอล์มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกสูตร โดยสาโทที่ทำจากลูกแป้งที่ได้จากเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* EC 1118 มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด และสาโทที่ทำจากลูกแป้งที่ได้จากเชื้อรา *Mucor* sp.AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ M-1 มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิมเป็นนักศึกษาจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจำนวน 22 คน และอาจารย์จากโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2 ท่าน

ตารางที่ 2 แสดงค่าการยอมรับและความแตกต่างของแต่ละปัจจัยในแต่ละตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ปัจจัย					
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น	รส	ตัวตน	ความกลมกล่อม	คุณภาพโดยทั่วไป
เชื้อยีสต์ M-1	2.21[c]	3.46[b]	3.33[bc]	0.71[abc]	1.00[bc]	0.58[b]
NK 6	1.08[a]	3.12[b]	2.79[ab]	0.79[bc]	0.75[ab]	0.42[ab]
EC 1118	1.38[ab]	3.00[b]	1.92[a]	0.54[a]	0.54[a]	0.29[a]
Champagne	1.71[bc]	2.13[a]	2.54[ab]	0.58[ab]	0.54[a]	0.42[ab]
Carlsberg	1.96[c]	3.37[b]	2.42[ab]	0.92[c]	0.79[ab]	0.58[b]
Danstill SA-1	2.21[c]	2.96[b]	4.04[c]	0.79[bc]	1.38[c]	0.92[c]

* ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณทางสถิติซึ่งจะใช้แผนการทดลองแบบ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ค่าดังตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะปรากฏในสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจากรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ M-1, *S. cerevisiae* var. *Champagne*, *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* ,*S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กลิ่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจากรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทางด้านรสพบว่า สาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจากรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ M-1, *S. cerevisiae* NK 6, *S. cerevisiae* var. *Champagne* และ *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการยอมรับด้านตัวตน พบว่า สาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจากเชื้อรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ M-1, *S. cerevisiae* NK 6, *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* และ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ความกลมกล่อมของสาโทโดยสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจากเชื้อรา *Mucor* sp. AIKL 4018 ร่วมกับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* NK 6, *S. cerevisiae* EC 1118, *S. cerevisiae* var. *Champagne*, *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่าเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากลูกแป้งเหล้า คือ เชื้อยีสต์ M-1 และเมื่อทำการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราและเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่าเชื้อยีสต์ที่สามารถเจริญร่วมกับเชื้อราได้ดีคือ 1. เชื้อยีสต์ M-1 2. *S. cerevisiae* NK 6 3. *S. cerevisiae* var. *Carlsburgensis* 4. *S. cerevisiae* var. *Champagne* 5. *S. cerevisiae* EC 1118 6. *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 จากนั้นนำเชื้อยีสต์ที่ได้ไปทำลูกแป้งเหล้าโดยใช้เชื้อราร่วมกับเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์ แล้วนำลูกแป้งที่ได้มาทำการหมัก โดยในระหว่างการหมักสาโทมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสาโท พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปกรดแลคติก) และพีเอชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสายพันธุ์ยีสต์ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวส์มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น โดยลูกแป้งที่ทำจากรา *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* EC 1118 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 13. 71 ซึ่งเป็นปริมาณแอลกอฮอล์ที่มากที่สุด ส่วนลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ M-1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุดคือร้อยละ 6.43 ซึ่งจากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏของสาโทซึ่งใช้ลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ M-1 และลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 มากที่สุด ส่วนการยอมรับทางด้านกลิ่นปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ยกเว้นสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Champagne* ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับสาโทที่ใช้ลูกแป้งจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1 มากที่สุดในหลายๆด้าน ได้แก่ ด้านความกลมกล่อม รส คุณภาพโดยทั่วไปและผลการยอมรับโดยรวม ส่วนการยอมรับทางด้านตัวตน(body)นั้นผู้บริโภคให้การยอมรับสาโทที่ใช้ลูกแป้งที่ทำจาก *Mucor* sp. AIKL 4018 และยีสต์ *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis* มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาสายพันธุ์ของเชื้อราที่เหมาะสมต่อเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Danstill SA – 1 เนื่องจากว่าเป็นเชื้อยีสต์ที่นำมาหมักสาโทแล้วผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ตลอดจนมีการนำความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดให้กับชุมชนเพื่อผลิตลูกแป้งเหล้าให้ถูกสุขลักษณะ มีมาตรฐาน ในเรื่องวัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อนำไปหมักสาโทให้มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ สิทธิพล และคณะ. 2546. "เทคโนโลยีการผลิตลูกแป้ง" ใน เอกสารประกอบการ**ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตลูกแป้งสาโท.** หน้า 1-33 ปทุมธานี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต.** กรุงเทพฯ. :ฟันนี่พับบลิชชิ่ง

มนตรี เชาว์สังเกต. 2521. "การคัดเลือสายพันธุ์ยีสต์และราเพื่อใช้ผลิตไวน์ข้าว." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์การอาหาร). บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรอาหาร

1. สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของสมุนไพรที่ใช้ทำลูกแป้งเหล้าในการทดสอบปฏิสัมพันธ์

กระเทียม	40	กรัม
ขิง	40	กรัม
ข่า	20	กรัม
ชะเอม	40	กรัม
พริกไทย	6	กรัม
ดีปลี	6	กรัม
หัวหอม	20	กรัม
ข้าวเจ้า	2500	กรัม

นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. Czapek agar

แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 2	20	กรัม
NH_4NO_3	2.5	กรัม
KH_2PO_4	2.5	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	2.5	กรัม
$CuSO_4.5H_2O$	0.06	มิลลิกรัม
$MnSO_4.4H_2O$	1	มิลลิกรัม
$ZnSO_4.7H_2O$	25	มิลลิกรัม
$FeSO_4.7H_2O$	1.3	มิลลิกรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร
Agar	15	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์น้ำตาล

1. การวัดด้วยเครื่องแฮนด์รีแฟรกโตมิเตอร์ (Hand refractometer)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้วัดน้ำตาลในน้ำผลไม้มากที่สุดเพราะเป็นวิธีที่ง่าย ใช้เวลาน้อยใช้ตัวอย่างน้อย เครื่องมือมีขนาดเล็กสะดวกในการใช้และนำติดตัวไป ผลการวัดค่อนข้างแน่นอนและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงการหมักจนสิ้นสุดการหมักได้ โดยเปรียบเทียบกับการหมักแบบเดียวกัน

วิธีนี้เป็นการวัดแบบรีแฟรกโตมิตรี (Refractometry) คือการวัดดัชนีหักเหของสารละลายตัวอย่าง เนื่องจากสารละลายตัวอย่างมีของแข็งที่ละลายได้ ทำให้การหักเหของแสงระหว่างปริซึมกับสารละลายตัวอย่างแตกต่างจากการหักเหระหว่างปริซึมกับน้ำบริสุทธิ์ ค่าที่อ่านได้เป็นค่า บริกซ์ โดยอ้างอิงกับดัชนีหักเหของสารละลายน้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์โดยใช้วิธีของ Lane - Eynon Method (Amerine et al , 1974) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Fehling's A Solution, Fehling's B Solution,สารละลายกลูโคสมาตรฐาน(standard glucose) และ methylene blue Fehling's A Solution เตรียมโดยละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 34.659 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดตวงปริมาตร Fehling's B Solution เตรียมโดยละลาย $KNaC_4H_4O_6.4H_2O$ 173 กรัม และ NaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร ถ้าเกิดตะกอนขุ่นให้กรองผ่านใยแก้ว

การ standardization ทำโดยนำ Fehling's A ผสมกับ Fehling's B Solution ในปริมาณที่เท่ากัน เรียกว่า Soxhlet's reagent ปิเปต Soxhlet's reagent นี้ 25 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดแก้ว (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้นร้อยละ 0.5 ลงไป 15 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดภายใน 3 นาทีแล้วจึงไตเตรตด้วยสารละลายกลูโคสร้อยละ 0.5 ในขณะที่ยังต้มให้เดือด เขย่าขวดตลอดเวลา จนกระทั่งสีน้ำเงินของ Soxhlet's reagent เริ่มจางลงไป จึงเติมสารละลายเมทิลีนบลู(methylene blue) ร้อยละ 1 ลงไป 3-4 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์(indicator)ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหมดไป เวลาที่ใช้ในการไตเตรตจนถึงจุดยุติไม่ควรเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 นาที นับแต่ Soxhlet's solution เริ่มเดือดและสารละลายกลูโคสที่ใช้ไตเตรตกับ Soxhlet's solution 25 มิลลิลิตร ไม่ควรจะมากหรือน้อยกว่า 24 ± 0.2 มิลลิลิตร

เตรียมตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์โดยการเซนตริฟิวจ์(centrifuge)ด้วยความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที ปิเปตไวน์ที่ผ่านการเซนตริฟิวจ์แล้วนี้ 15 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้ว (Erlenmeyer flask) ที่มี Soxhlet's solution อยู่ 25 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตด้วยวิธีการเดียวกับการ standardization หาผลการไตเตรตมาคำนวณตามสมการดังนี้

ปริมาณกลูโคสเป็นมิลลิกรัมที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย Soxhlet 25 มิลลิลิตร
= ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกลูโคสที่ใชไตเตรต x ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกลูโคส

ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในรูปของกลูโคสในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)

$$= \frac{\text{ปริมาณกลูโคสเป็นมิลลิกรัมในสารละลายมาตรฐานที่พอดีกับสารละลายSoxhlet25มิลลิลิตร} \times 100}{\text{ปริมาตรเป็นมิลลิลิตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไตเตรต}}$$

การวิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด(Total titratable acidity)

ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์หมักชนิดต่างๆ จะมีความเป็นกรดทั้งหมดแตกต่างกัน เช่น น้ำองุ่นที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักไวน์และไวน์ไม่หวาน(dry table wine)มีความเป็นกรดทั้งหมดใกล้เคียงกันคือร้อยละ 0.6-0.9 (คิดเป็นกรัมของกรดทาร์ทาริคในน้ำองุ่น 100 มิลลิลิตร) แต่ถ้าเป็นไวน์หวาน (sweet wine)มีความเป็นกรดทั้งหมดน้อยกว่าไวน์ไม่หวานคือมีร้อยละ 0.4-0.65

ในการผลิตไวน์จำเป็นต้องรู้ค่าความเป็นกรดของน้ำองุ่นเพื่อที่จะสามารถคำนวณปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่จะต้องใช้เติมลงในน้ำองุ่น กรดชนิดต่างๆ ที่มีในองุ่นและไวน์เช่น กรดทาร์ทาริค, กรดมาร์ริค, กรดแลคติค, กรดอะซิติค เป็นกรดอ่อน ดังนั้นเมื่อไทเทรตด้วยกรดแก่คือโซเดียมไฮดรอกไซด์ จุดยุติจะสูงกว่า พีเอช 7.0 ปกตอแล้วจะอยู่ระหว่าง พีเอช 7.8-8.3

น้ำส้มสายชูมีปริมาณกรดทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 แต่โดยทั่วไปจะมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 5 ในรูปของกรดอะซีติก

ในการวิเคราะห์ความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์หมักชนิดต่างๆ อาจมีวิธีการวิเคราะห์แตกต่างกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์หมักแต่ละชนิดมีส่วนประกอบไม่เหมือนกัน ส่วนประกอบบางอย่างที่มีอยู่ในตัวอย่างอาจทำให้ผลการรวิเคราะห์ผิดพลาด ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงต้องเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่ตรงตามชนิดของตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด

1.ตวงน้ำกลั่นต้มแล้ว 20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 500 มิลลิเมตร เติมร้อยละ 1 ฟีนอล์ฟทาลีน(ใน แอลกอฮอล์ร้อยละ 70) 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH จนได้สีชมพูจางๆ โดยใช้กระดาษขาวเป็นฉากหลัง หรือไทเทรตโดยวิธี potential titration ให้ได้ พีเอช 8.6 ปริมาตรที่ไทเทรตได้เป็นค่าแบลงค์(blank)และใช้เป็นสารละลายเทียบสีมาตรฐาน ให้วางขวดแบลงค์ ไว้ข้างบิวเร็ต

3. ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นที่ต้มแล้ว 20 มิลลิลิตร ในขวดรูปกรวย เติมฟีนอล์ฟทาลีนร้อยละ 1 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร

4. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH เทียบสีของจุดยุติให้ได้สีเดียวกันกับสารละลายเทียบสีมาตรฐาน

5. ทำการไทเทรตตัวอย่าง 3 ซ้ำ

6. คำนวณค่าความเป็นกรดทั้งหมดตามสูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{(V)(N)(Eq.Wt.\ acetic)(100)}{(1000)(v)}$$

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

N = นอล์แมลที่แท้จริงของสารละลายมาตรฐาน NaOH

V = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้

Eq.Wt. = มวลโมเลกุลของกรดอะซิติก

3. การวัดปริมาณแอลกอฮอล์

วิเคราะห์โดยวิธีไดโครเมทออกซิเดชัน (Dichromate Oxidation) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ $K_2Cr_2O_7$ และ Ferrous ammonium sulfate solution ซึ่ง $K_2Cr_2O_7$ เตรียมโดยเติมกรด H_2SO_4 (conc.) 325 มิลลิลิตร ลงในน้ำ 400 มิลลิลิตร อย่างช้า ๆ ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร คนเบา ทำให้เย็น อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เติม $K_2Cr_2O_7$(potassium dichromate) 33.768 กรัม(เป็น primary standard) คนให้ละลาย ทำให้เย็น ถ่ายใส่ขวดตวงปริมาตร 1 ลิตร ค่อย ๆ เติมน้ำลงไปจนปริมาตรเกือบถึงขีด ทำให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ส่วน Ferrous ammonium sulfate solution เตรียมโดยละลาย Fe(NH4)2.6H2O(Ferrous ammonium sulfate) 135.5 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1 ลิตร

กลั่นตัวอย่างโดยใช้ Kjeldahl apparatus ใส่สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ปริมาตร25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำมาวางรองรับที่ปลายคอนเดนเซอร์ (condenser) จุ่มอยู่ในสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ถ่ายตัวอย่างลงในหลอดย่อยโปรตีน

นำหลอดย่อยโปรตีนไปกลั่น จนปริมาตรของสารละลายในขวดรูปกรวยที่มี $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้รองรับสารละลายที่กลั่นได้ มีปริมาตรเพิ่มเป็นประมาณ 40 มิลลิลิตร ปิดจุกแล้วนำขวดรูปกรวยไปจุ่มไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 60±2 องศาเซลเซียส นาน 20 – 25 นาที เพื่อให้การออกซิเดชัน (oxidation) สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสารละลายที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อให้การออกซิเดชันสมบูรณ์แล้ว มาไตเตรตกับสารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution จนได้สารละลายเขียวใสมรกต แล้วเติมสารละลาย 0-Phrenanthroline indicator 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตต่อไปจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นจุดยุติ ให้ปริมาตรที่ไตเตรตได้เป็น V มิลลิลิตร

ทำการไตเตรตแบลงค์โดยใช้สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำมาไตเตรตกับสารละลาย Ferrous ammonium sulfate solution โดยตรง ให้ปริมาตรที่ไตเตรตได้เป็น V' มิลลิลิตร

คำนวณหาปริมาณแอลกอฮอล์จากสูตร

ปริมาณแอลกอฮอล์(ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร) $= 25 - \frac{25\,(V)}{V'}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าพีเอช, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด , ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์, ปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปของกรดแลกติก) และ ปริมาณแอลกอฮอล์ของสาโท

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์(เปอร์เซนต์)ของสาโท

สายพันธุ์ยีสต์	เวลา (วัน)									
	ก่อนผ่าส่า	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Yeast M-1	13.14	19.86	16.32	16.13	15.09	14.75	12.82	10.08	9.64	9.52
Danstill SA-1	13.16	21.67	19.01	18.49	16.85	15.45	14.68	13.34	13.29	12.86
EC 1118	8.35	12.15	11.4	10.86	9.23	8.43	7.92	7.06	6.48	6.26
NK 6	15.72	14.38	13.64	12.44	11.06	10.42	9.72	8.63	7.88	7.25
Carlsburgensis	12.86	16.68	15.19	14.85	13.23	11.12	10.7	9.89	8.87	7.24
Champagne	-	14.19	18.27	17.09	16.97	15.96	14.84	13.91	13.1	12.96

ตารางที่ 4 แสดงค่าพีเอชของสาโท

สายพันธุ์ยีสต์	เวลา (วัน)									
	ก่อนผ่าส่า	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Yeast M-1	3.43	3.44	3.2	3.16	3.21	3.22	3.31	3.25	3.25	3.31
Danstill SA-1	3.39	3.32	3.38	3.35	3.29	3.32	3.43	3.45	3.48	3.49
EC 1118	3.51	3.43	3.37	3.34	3.38	3.45	3.56	3.61	3.63	3.63
NK 6	3.42	3.38	3.35	3.34	3.38	3.42	3.53	3.58	3.62	3.62
Carlsburgensis	3.37	3.35	3.32	3.33	3.33	3.43	3.52	3.58	3.6	3.66
Champagne	3.38	3.5	3.4	3.42	3.47	3.57	3.68	3.72	3.75	3.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสาโท

สายพันธุ์ยีสต์	เวลา (วัน)									
	ก่อนผ่าส่า	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Yeast M-1	39	25	23.6	23	22.8	22	21.2	20.2	19	18.6
Danstill SA-1	36	25	25.4	25	23.8	23	22	21.8	21.6	21.2
EC 1118	37	25	22.4	21.8	20.6	19.2	17.8	17.8	17.6	17.6
NK 6	37.4	25	24	22.4	21.8	21	19.4	19	18.8	18.8
Carlsburgensis	39	25	25.4	24.2	23.6	22.6	21.2	20.8	20.4	20
Champagne	35	25	28.6	28.6	28.6	28	28	28	28	28

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณกรดทั้งหมด(ในรูปของกรดแลกติก) ของสาโท

สายพันธุ์ยีสต์	เวลา (วัน)									
	ก่อนผ่าส่า	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Yeast M-1	1.08	0.405	0.45	0.45	0.495	0.54	0.675	0.63	0.63	0.63
Danstill SA-1	1.62	0.54	0.585	0.675	0.675	0.81	0.855	0.81	0.81	0.81
EC 1118	1.62	0.81	0.945	0.9	0.81	0.945	0.945	0.99	0.99	0.99
NK 6	1.575	0.72	0.9	0.81	0.855	0.99	0.99	0.945	0.945	0.945
Carlsburgensis	1.305	0.675	0.855	0.9	0.855	1.08	1.08	1.035	1.17	1.17
Champagne	0.54	0.36	0.45	0.495	0.51	0.54	0.63	0.63	0.585	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณแอลกอฮอล์ของสาโท

สายพันธุ์ยีสต์	เวลา (วัน)									
	ก่อนผ่าส่า	0	1	2	3	4	6	8	10	12
Yeast M-1	4.97	0	0.97	1.27	3.45	4.04	4.65	5.53	6.49	6.43
Danstill SA-1	9.26	1.85	2.09	2.14	5.46	6.49	6.67	6.82	7.78	8.84
EC 1118	7.26	4.24	6.43	6.92	10.12	11.13	11.45	11.83	12.2	13.71
NK 6	7.89	3.8	4.48	4.92	7.93	9.28	11.59	11.99	12.1	12.28
Carlsburgensis	4.97	2.39	3.12	3.27	7.23	8.3	9.67	9.87	9.9	10.18
Champagne	6.38	1.8	2.68	4.82	6.44	7.28	7.82	7.9	7.9	7.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณทางสถิติ

ใช้แผนการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Duncan 's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยแสดงในตาราง ดังนี้

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะปรากฏของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset		
		1	2	3
2	24	1.08		
4	24	1.21	1.21	
3	24	1.38	1.38	
5	24		1.71	1.71
6	24			1.96
1	24			2.21
Sig.		.312	.082	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .872.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติกลิ่นของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset	
		1	2
4	24	2.13	
6	24		2.96
3	24		3.00
2	24		3.12
5	24		3.37
1	24		3.46
Sig.		1.000	.262

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.826.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติรสของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset		
		1	2	3
3	24	1.92		
5	24	2.42	2.42	
4	24	2.54	2.54	
2	24	2.79	2.79	
1	24		3.33	3.33
6	24			4.04
Sig.		.065	.053	.103

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.232.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติตัวตน (body)ของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset		
		1	2	3
3	24	.54		
4	24	.58	.58	
1	24	.71	.71	.71
6	24		.79	.79
2	24		.79	.79
5	24			.92
Sig.		.155	.085	.085

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .144.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติความกลมกล่อมของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset		
		1	2	3
3	24	.54		
4	24	.54		
2	24	.75	.75	
5	24	.79	.79	
1	24		1.00	1.00
6	24			1.38
Sig.		.236	.218	.050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .432.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติคุณภาพโดยทั่วไปของสาโท

RESULT

Duncan

YEAST	N	Subset		
		1	2	3
3	24	.29		
2	24	.42	.42	
4	24	.42	.42	
5	24		.58	
1	24		.58	
6	24			.92
Sig.		.378	.257	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .210.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.
b Alpha = .05.

*หมายเหตุ Yeast 1 คือ เชื้อยีสต์ M-1

Yeast 2 คือ *S. cerevisiae* NK 6

Yeast 3 คือ *S. cerevisiae* EC 1118 8

Yeast 4 คือ *S. cerevisiae* var. *Champagne*

Yeast 5 คือ *S. cerevisiae* var. *Carlburgensis*

Yeast 6 คือ *S. cerevisiae* DANSTILL SA-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบให้คะแนนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการชิมสาโท

(Sato Tasting Score Card)

ชื่อ..วันที่...

คุณภาพ	ตัวอย่างหมายเลข					
	1	2	3	4	5	6
1. ลักษณะปรากฏ(4 คะแนน)						
ก.ความใส						
ข.สี						
2. กลิ่น(6 คะแนน)						
ก.กลิ่นหอมของสาโท						
ข.กลิ่นน้ำส้มสายชู						
3. รส(6 คะแนน)						
ก.ความเปรี้ยว						
ข.ความหวาน						
ค.ความฝาด						
4. Body(1 คะแนน)						
5. ความกลมกล่อม(2 คะแนน)						
6. คุณภาพโดยทั่วไป(1 คะแนน)						
รวมคะแนน						

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

....

....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายในการให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการชิมสาโท

1. ลักษณะปรากฏ (4 คะแนน)

ก. ความใส (2 คะแนน)

ขุ่น....................................0

ใส....................................1

ใสเป็นประกาย....................................2

ข. สี (2 คะแนน)

ไม่สมกับเป็นสีของไวน์....................................0

สีพอใช้ได้....................................1

สมกับเป็นสีของไวน์ เห็นแล้วชวนดื่ม....................................2

2. กลิ่น (6 คะแนน)

ก. aroma and bouquet (กลิ่นหอมของเหล้า) (4 คะแนน)

กลิ่นไม่ชวนดื่มเลย เช่น มีกลิ่นราหรือยีสต์หรือมีกลิ่นคล้ายข้าวบูด....................................0

ไม่มีกลิ่น....................................1

มีกลิ่นหอมเล็กน้อย....................................2

มีกลิ่นหอมปานกลาง....................................3

มีกลิ่นหอมชวนดื่มมาก....................................4

ข. กลิ่นน้ำส้มสายชู (2 คะแนน)

มีกลิ่นแรงเหมือนน้ำส้มสายชู....................................0

มีกลิ่นบ้างเล็กน้อย....................................1

ไม่สามารถบอกได้....................................2

3. รส (6 คะแนน)

ก. ความเปรี้ยว (2 คะแนน)

เปรี้ยวมากเกินไปหรือไม่เปรี้ยวเลย....................................0

เปรี้ยวมากไปหน่อยหรือน้อยไปหน่อย....................................1

เปรี้ยวพอดี....................................2

ข. ความหวาน (2 คะแนน)

มากหรือน้อยไป....................................0

พอใช้....................................1

กำลังดี....................................2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ความฝาด (2 คะแนน)

มากไปหรือไม่มีเลย..0

น้อยไป...1

พอดี...2

4. ตัวตน (body) (4 คะแนน)

ไม่เหมือนกับการดื่มไวน์แต่เหมือนน้ำเปล่าผสมแอลกอฮอล์..0

เป็นเครื่องดื่มที่ให้ความรู้สึกผิดกับการดื่มน้ำเปล่าผสมแอลกอฮอล์....................................1

5. ความกลมกล่อม (2 คะแนน)

ยังไม่เป็นที่พอใจ...0

พอใช้ได้...1

กลิ่นรสกลมกล่อมน่าพอใจ...2

6. คุณภาพโดยทั่วไป (1 คะแนน)

ใช้ไม่ได้ (ไม่ควรผลิตเป็นการค้า) 0

ใช้ได้ (น่าจะผลิตเป็นการค้า) 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกาญจนา สมปาน เกิดวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปี พ.ศ. 2544 จากโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่ และปี พ.ศ. 2548 จบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นางสาวรัตน์ดาวัลย์ แทนกุดเรือ เกิดวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปี พ.ศ. 2543 จากโรงเรียนเมืองพลพิทยาคม จังหวัดขอนแก่น และปี พ.ศ. 2548 จบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้