

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## ปัญหาพิเศษ

### เรื่อง

การศึกษาการหมักน้ำบีทรูทโดยใช้กรดแลคติกและเชอคคาโรมายซีสเซอร์วิซอี

Study of Beetroot Fermentation by Using of Lactic Acid Bacteria and

*Saccharomyces cerevisiae*

โดย

นางสาวนุทรช อิมใจ

นางสาวอรอุมา ศรีมิตร

รพ.  
261327  
2550

เลขหาง.....**81958**.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....**2 ก.ค. 2551**

b.....**119 1251x**.....  
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทคัดย่อปัญหาพิเศษ**  
**ปีการศึกษา 2550**

**ชื่อเรื่อง**

**ชื่อ-สกุล**

นางสาวนุทรัช อิ่มใจ

นางสาวอรอุมา ศรีมิตร

**สาขาวิชา**

อุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชา

ครุศาสตร์เกษตร

**คณะ**

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ผศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

**บทคัดย่อ**

การศึกษาน้ำบีทรูทหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เฟอร์เซินต์บริกซ์ เฟอร์เซินต์กรดแลคติก เฟอร์เซินต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์และแบคทีเรีย โดยใช้กล้าเชื้อที่เตรียมจากเชื้อสด และการนำน้ำบีทรูทหมักมาทำเป็นกล้าเชื้อ เพื่อศึกษาการเก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 0 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์และทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษา 3 6 และ 15 วัน จากการศึกษาพบว่า กล้าเชื้อจากน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 1 อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเฟอร์เซินต์บริกซ์ เฟอร์เซินต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์มากกว่ากล้าเชื้อสดและน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 1 โดยมีจำนวนเซลล์เท่ากับ  $1.0 \times 10^6$   $8.0 \times 10^7$  และ  $1.22 \times 10^6$  โคโลนี/มล. ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 10 15 และ 20 เฟอร์เซินต์บริกซ์ ตามลำดับ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผู้บริโภคยอมรับน้ำบีทรูทหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เฟอร์เซินต์บริกซ์มากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบทุกด้านสูงสุด การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา น้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ เฟอร์เซินต์บริกซ์ เฟอร์เซินต์กรดแลคติกของน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์มีค่าเท่ากันทุกอายุการเก็บรักษา จำนวนเซลล์ยีสต์น้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำบีทรูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ โดยเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ชัดเจนที่อายุการเก็บรักษาที่ 15 วัน จำนวนเซลล์แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำปัสสาวะหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์เกิดกิจกรรมการหมักจนถึงอายุการเก็บรักษา 9 วัน ชนิดที่พาสเจอร์ไรส์ไม่พบแบคทีเรียกรดแลคติกที่อายุการเก็บรักษา 0-15 วัน ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษา 3 และ 9 วัน ผู้บริโภคยอมรับ น้ำปัสสาวะหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์มากกว่าน้ำปัสสาวะหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน ผู้บริโภคยอมรับน้ำปัสสาวะหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์มากกว่าไม่พาสเจอร์ไรส์ ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้าจะรับประทานน้ำปัสสาวะหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์ต้องรับประทานในช่วงที่ไม่เกิน 10 วัน แต่ถ้าต้องเก็บไว้รับประทานเกิน 10 วัน ควรทำการพาสเจอร์ไรส์

จากการศึกษาดังกล่าวมีข้อเสนอแนะคือ หากมีการนำน้ำปัสสาวะหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรมีการวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทุกขั้นตอน เพื่อที่จะได้ผลการทดลองที่สมบูรณ์ ขั้นตอนการคัดเลือกสูตรทดสอบทางประสาทสัมผัสควรใช้กล้าเชื้อให้ครบทั้ง 3 ประเภท เพราะจะได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในสูตรของกล้าเชื้อที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด และถ้าหากจะมีการนำน้ำปัสสาวะหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรศึกษาค้นคว้าวิธีการเก็บรักษาหลายๆ วิธีเพื่อจะได้ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำปัสสาวะหมักได้นานกว่านี้

### กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาการหมักน้ำปืทุทโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก และแซคคาโรมายซีสเซอร์วิซออี สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.ปิ่นมณี ขวัญเมือง ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลอง การเก็บและบันทึกข้อมูล การเรียบเรียงเนื้อหา การจัดทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ ตลอดจนช่วยแก้ไขความบกพร่องของเนื้อหาเพื่อให้เนื้อหามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะและสิ่งเตือนใจต่างๆ ตลอดการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จินตนา บุณนาค ที่ได้ให้การสนับสนุนเครื่องมือในการทำงานปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุดทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการค้นเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำปัญหาพิเศษเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาครุศาสตร์ เกษตรทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ซึ่งไม่ได้กล่าวนาม ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อน ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือจนทำให้ปัญหาพิเศษลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ความดีและประโยชน์จากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ขอมอบให้ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวนุทรช อิ่มใจ

นางสาวอรอุมา ศรีมิตร

มีนาคม 2551

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ความหมายของการหมัก.....	4
2.2 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากระบวนการหมัก.....	4
2.3 ปฏิกริยาที่เกิดจากการหมัก.....	5
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก.....	6
2.5 ประโยชน์ของการหมักต้อง.....	7
2.6 ชนิดของจุลินทรีย์ที่นำมาใช้การหมัก.....	7
2.6.1 แบคทีเรียกรดแลคติก.....	7
2.6.2 ยีสต์.....	15
2.7 ปีทрут.....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....	24
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	24
3.2 วิธีการดำเนินงาน.....	27
3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ.....	27
3.2.2 การเตรียมน้ำพีทрутสำหรับการหมัก.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับหมักน้ำปีทูท.....	27
3.2.4 การหมักน้ำปีทูท.....	27
3.2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	28
3.2.6 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำปีทูทหมัก.....	28
3.2.7 การทดสอบอายุการเก็บรักษา.....	28
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....	28
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	29
4.1 การหมักน้ำปีทูท โดยใช้กล้าเชื้อในรูปของเชื้อสด และการนำน้ำปีทูทหมักมาใช้ เป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 และ 2 ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์.....	29
4.2 การหมักน้ำปีทูทเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม.....	36
4.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้ำปีทูทหมัก ไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์.....	37
4.3.1 การเปรียบเทียบการเก็บรักษาน้ำปีทูทหมัก.....	37
4.3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำปีทูทหมัก.....	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	40
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	40
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม.....	42
ภาคผนวก.....	44
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	44
ภาคผนวก ข วิธีการเลี้ยงและแยกเชื้อจุลินทรีย์.....	45
ภาคผนวก ค การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ.....	46
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อาหารหมักจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่พบทั่วโลก.....	5
2	แสดงการแบ่งพวกของ Lactobacilli ตามชนิดของผลผลิต และอุณหภูมิที่เหมาะสม.....	8
3	คุณค่าทางโภชนาการของบิทรูทต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม.....	22
4	ค่าพีเอช เพอร์เซ็นต์บริกซ์ เพอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ความ เข้มข้นของน้ำตาล 10 เพอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	30
5	ค่าพีเอช เพอร์เซ็นต์บริกซ์ เพอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ความ เข้มข้นของน้ำตาล 15 เพอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	31
6	ค่าพีเอช เพอร์เซ็นต์บริกซ์ เพอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ความ เข้มข้นของน้ำตาล 20 เพอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	32
7	เพอร์เซ็นต์บริกซ์ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เพอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ กล้าเชื้อสด น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	33
8	เพอร์เซ็นต์กรดแลคติกในความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เพอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	34
9	จำนวนเซลล์ยีสต์ในความเข้มข้น 10 15 และ 20 เพอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กล้าเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง.....	35
10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมัก ที่ความเข้มข้นของ น้ำตาล 10 15 และ 20 เพอร์เซ็นต์.....	36
11	ค่าพีเอช เพอร์เซ็นต์บริกซ์ เพอร์เซ็นต์กรดแลคติก เพอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จำนวนเซลล์ยีสต์ และจำนวนแบคทีเรีย ในน้ำหมักบิทรูท ระหว่างไม่พาส เจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำปีทรุระหว่างไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 3 9 และ 15 วัน.....38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แลคโตบาซิลลัสเพนโตซัส.....	9
2 วิธีการสร้างกรดแลคติกแบบ Homofermentation และ Heterofermentation.....	14
3 ยีสต์.....	16
4 การขยายพันธุ์ของยีสต์.....	16
5 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์.....	20
6 ปีทรูท.....	21
ภาพภาคผนวก จ	
1 น้ำปีทรูทหมัก.....	49
2 การพาสเจอร์ไรส์.....	49
3 การเก็บรักษา.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปัญหา

การหมัก (Fermentation) ในทางเมแทบอลิซึม หมายถึง กระบวนการสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่การหมักในทางจุลชีววิทยาหมายถึง การเลี้ยงเซลล์ในเครื่องปฏิบัติการชีวภาพในอาหารแข็งและอาหารเหลวเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นชีวมวลหรือผลิตภัณฑ์อื่น (ช่อฟ้า ทองไทย และคณะ, 2549 : 35) ส่วนด้านการถนอมอาหาร การหมักเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น พืช เนื้อสัตว์ และน้ำมัน ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้อาหารมีลักษณะเฉพาะ สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน ดังนั้นจึงสามารถจัดการหมักคองว่าเป็นกรรมวิธีการหนึ่งในการถนอมรักษาแปรรูปอาหารได้เช่นเดียวกัน (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2539 : 65) อาหารที่แปรรูปโดยการหมักเรียกว่า *fermented foods* ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์หมักคองได้แก่ เบียร์ ไซ้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบโดยใช้เชื้อยีสต์ ขนปัง ไซ้เมล็ดธัญพืชเป็นวัตถุดิบโดยใช้เชื้อยีสต์ ซีอิ๊ว ไซ้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบโดยใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ซีส ไซ้ขนมปังเป็นวัตถุดิบใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์ และรา เป็นกล้าเชื้อ (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2549 : 70) อาหารหมักส่วนใหญ่ใช้ผลิตผลทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ จุลินทรีย์ที่ใช้ได้แก่ เชื้อรา ยีสต์ และเชื้อแบคทีเรียเป็นกล้าเชื้อ การแปรรูปอาหารหมักส่วนใหญ่ใช้ แบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์เป็นกล้าเชื้อ แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างเอนไซม์แคตาเลส ไม่สร้างสปอร์ มีทั้งรูปร่างกลมและแท่ง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้จากการใช้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแลคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นกรดแลคติก (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2549 : 7) แบคทีเรียกรดแลคติกได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารหมักจากผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต กิมจิ ปลาร้า ปลาสาม แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว เป็นต้น (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2547 : 62-69) ส่วนเชื้อยีสต์เป็นแหล่งอาหารของโปรตีน วิตามิน และกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิด ยีสต์เป็นตัวช่วยให้เกิดการสะสมของน้ำหวานในรูปน้ำตาลฟรุคโตสในพืชบางชนิด และยังทำให้ผลไม้เน่าเสีย แต่ยีสต์ก็มีประโยชน์ในแง่เป็นตัวการในการหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และไวน์ชนิดต่างๆ (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2549 : 17) จากบทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีสต์ในการถนอมอาหาร จึงได้มีการศึกษาผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้หลายชนิดเพื่อที่จะพัฒนาทางด้านกลิ่น รส เช่น แครอท บีทรูท เป็นต้น

บีทรูท (Beetroot) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Beta vulgaris* L. อยู่ในวงศ์ *Chenopodiaceae* และมีชื่ออื่นว่า ผักกาดฝรั่ง และผักกาดแดง ([http://www.rspg.thaigov.net/plants\\_data/use/color3-5.htm](http://www.rspg.thaigov.net/plants_data/use/color3-5.htm)) จัดเป็นพืชหัว มีทรงกลมป้อม เปลือกดำ เนื้อสีแดงเลือดหมูหรือม่วงแดง เมื่อปอกเปลือกสีจะติดมือ เป็นผักเมืองหนาว ต้นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน นิยมรับประทานแบบสดในสลัดต่างๆ หรือนำไปดองไว้รับประทานคู่กับอาหารจานหลัก นอกจากนี้ยังนิยมนำไปคั้นเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ องค์ประกอบทางเคมีของบีทรูทประกอบด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โปแตสเซียม ธาตุเหล็ก วิตามินเอ วิตามินบีรวม และสารสีแดงในหัวบีทรูท คือ เบทานิน (betanin) เป็นกรดอะมิโนที่มีสรรพคุณยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกและมะเร็ง นอกจากนี้บีทรูทยังช่วยในการรักษาโรคมะเร็งทำให้เลือดลมดี และการไหลเวียนของโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย (<http://naichef.50megs.com/beat.html>) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์น้ำบีทรูทที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีอายุการบริโภคนานขึ้นและมีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น การนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่าน้ำบีทรูทมีคุณสมบัติมากมาย จึงได้นำมาเป็นวัตถุดิบในการหมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus pentosus* และเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สำหรับใช้เป็นเครื่องดื่มโปรไบโอติกส์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เกิดขึ้นมาในท้องตลาด และเพื่อให้เป็นทางเลือกใหม่แก่ผู้บริโภคต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการหมักน้ำบีทรูท โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เฟอร์เซ็นต์กรดแลคติก เฟอร์เซ็นต์บริกซ์ เฟอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเชื้อ ระหว่างการหมักโดยใช้กล้าเชื้อที่เตรียมจากเชื้อสด และการนำน้ำบีทรูทที่หมักมาทำเป็นกล้าเชื้อ
3. เพื่อศึกษาเฟอร์เซ็นต์บริกซ์เริ่มต้นที่เหมาะสมในการหมักน้ำบีทรูท
4. เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากน้ำบีทรูทหมักโดยกลุ่มตัวแทนผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน
5. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการรักษาและการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. หมักน้ำบีทรูทโดยใช้ส่วนผสมน้ำบีทรูท : น้ำสับปะรด : น้ำกลั่น คือ 25 : 25 : 50 และใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นเท่ากับ 10 15 และ 20 ปริกซ์
2. วิเคราะห์ค่าพีเอช เฟอร์เซ็นต์กรดแลคติก เฟอร์เซ็นต์ปริกซ์ เฟอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ และจำนวนเชื้อ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบการใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสดและจากน้ำบีทรูทหมัก
3. ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำบีทรูทหมัก โดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน
4. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการศึกษาเก็บรักษาน้ำบีทรูทหมักในตู้เย็นที่อายุ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบขั้นตอนและวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำบีทรูทตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปปฏิบัติได้
2. ทราบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ได้ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำผักและผลไม้ชนิดใหม่ และนำความรู้ที่ได้จากการหมักนี้ไปใช้กับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความหมายของการหมัก

การหมัก (Fermentation) ในทางเมแทบอลิซึม หมายถึง กระบวนการสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่การหมักในทางจุลชีววิทยาหมายถึง การเลี้ยงเซลล์ในเครื่องปฏิบัติการชีวภาพในอาหารแข็งและอาหารเหลวเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นชีวมวลหรือผลิตภัณฑ์อื่น (ช่อฟ้า ทองไทย และคณะ, 2549 : 35) ส่วนด้านการถนอมอาหาร การหมักเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น พืช เนื้อสัตว์ และน้ำมัน ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้อาหารมีลักษณะเฉพาะ สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน ดังนั้นจึงสามารถจัดการหมักของว่าเป็นกรรมวิธีการหนึ่งในการถนอมรักษาแปรรูปอาหารได้เช่นเดียวกัน (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2539 : 65)

การหมักเป็นการแปรรูปอาหารที่ใช้กันมาเป็นเวลานาน โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ ผัก ผลไม้ ธัญพืช น้ำผึ้ง นม เนื้อและปลา การที่จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีความหลากหลายขึ้นกับการเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาผลิต การใช้กล้าเชื้อ (starter cultures) และสภาวะการหมัก ทำให้ได้อาหารหมักที่มีความหลากหลาย เช่น ไวน์ เบียร์ น้ำส้มสายชู ขนมปัง ซีอิ๊ว กิมจิ กะหล่ำปลีดอง ผลิตภัณฑ์จากนม ได้แก่ เนย โยเกิร์ต ตลอดจนชีสและไส้กรอกหมักชนิดต่างๆ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากวัตถุดิบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 (ปิ่นมณี ขวัญเมือง, 2549 : 70)

#### 2.2 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมัก

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักมีหลายชนิดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ส่วนผลิตภัณฑ์จากการหมักและปฏิกิริยาที่เกิดจากการหมักโดย ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2549 : 3) ได้จำแนกประเภทของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักไว้ 5 กลุ่ม ดังนี้

2.2.1 การหมักเพื่อผลิตเซลล์จุลินทรีย์ โดยเรียกผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ว่า microbial cells หรือ biomass ให้ผลผลิตเป็นตัวเซลล์ หรือมวลชีวภาพ เช่น ยีสต์ขนมปัง และ single cell protein ตลอดจนโปรไบโอติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การหมักเพื่อผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (Microbial enzyme)

2.2.3 การหมักเพื่อผลิตสารเมแทบอลิท์ (Microbial metabolites) โดยเมแทบอลิท์จากจุลินทรีย์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ สารเมแทบอลิท์ปฐมภูมิ (Primary metabolites) ได้แก่ เอทานอล กรดแลคติก กรดซิตริก กรดอะมิโน เมแทบอลิท์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ได้แก่ สารปฏิชีวนะ

2.2.4 การหมักเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบบางอย่าง (Transformation) ในระหว่างการหมัก เช่น การผลิตสารสเตอรอยด์

2.2.5 การหมักเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นคอมมิเนนท (recombinant products)

### ตารางที่ 1 อาหารหมักจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่พบทั่วโลก

ผลิตภัณฑ์	วัตถุดิบ	กล้าเชื้อ
เบียร์	ธัญพืช	ยีสต์
ไวน์	น้ำองุ่น	ยีสต์, แบคทีเรียกรดแลคติก
ขนมปัง	เมล็ดธัญพืช	ยีสต์
ซอส	ถั่วเหลือง	รา ( <i>Aspergillus</i> ), แบคทีเรียกรดแลคติก
กิมจิ กะหล่ำปลีดอง	กะหล่ำปลี	แบคทีเรียกรดแลคติก
ไส้กรอกเปรี้ยว	เนื้อสัตว์	แบคทีเรียกรดแลคติก
ผักดอง	แตงกวา มะกอก	แบคทีเรียกรดแลคติก
นมหมัก	นม	แบคทีเรียกรดแลคติก
ชีส	นม	แบคทีเรียกรดแลคติก, ยีสต์, รา

ที่มา : ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2549 : 70)

### 2.3. ปฏิกริยาที่เกิดจากการหมัก

ในกระบวนการหมักเพื่อผลิตสารเมแทบอลิท์ ชนิดต่างๆ ข้อมูลจาก [http://southnfe.go.th/LearnSquare/courses/31/keepcook2\\_03.htm](http://southnfe.go.th/LearnSquare/courses/31/keepcook2_03.htm) ได้แบ่งปฏิกริยาที่เกิดจากการหมักไว้ 2 กลุ่มดังนี้

2.3.1 การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ ได้แก่ การหมักเหล้าไวน์ แป้งข้าวหมาก เบียร์ ปฏิกริยานี้เกิดขึ้นโดยเอนไซม์ของยีสต์ เมื่อเกิดแอลกอฮอล์ขึ้นแล้วถ้ามีออกซิเจน และแบคทีเรีย น้ำส้มอยู่ด้วยแบคทีเรียจะเผาผลาญแอลกอฮอล์จนได้กรดน้ำส้ม ปฏิกริยาช่วงหลังนี้ไม่ถือว่าเป็นการหมัก เพราะมีออกซิเจนอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การหมักให้เกิดกรดแลคติก ได้แก่ การดองผัก ดองผลไม้ การทำนมเปรี้ยว ปฏิกริยานี้เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียกลุ่มแลคติก (Lactic acid bacteria) ในการดองผักและการดองผลไม้ บางครั้งจะเกิดทั้งแอลกอฮอล์และกรดแลคติก เพราะในอาหารมีทั้งยีสต์ และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกรดแลคติกและแบคทีเรียพวก *Leuconostoc* ก็สามารถผลิตทั้งแอลกอฮอล์และกรดโดยสังเกตจากฟองของคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะและดองผลไม้

## 2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการหมัก

ในกระบวนการหมักต่างๆ ที่เกิดขึ้นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดย ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2549 : 79) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการหมักดังนี้

2.4.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง การควบคุมค่าความเป็นด่างจะช่วยควบคุมได้ทั้งชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ เพราะค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะต่างกัน โดยยีสต์และรา จะทนความเป็นกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย

2.4.2 สารอาหารที่จุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการสารอาหารต่างกัน เช่น ในน้ำนมมีน้ำตาลแลคโตส ซึ่งมีจุลินทรีย์บางชนิดที่เจริญได้ ถ้าสับสเตรทเป็นเซลลูโลสจะมีเฉพาะจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลสเท่านั้นที่เจริญได้ ปริมาณของสับสเตรทยังเป็นตัวควบคุมการหมักได้ เช่น เมื่อคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ยีสต์จะสร้างแอลกอฮอล์ แต่ถ้าควบคุมให้น้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้น

2.4.3 ปริมาณออกซิเจน ความต้องการออกซิเจนจะต่างกันตามชนิดของการหมักว่าต้องการอากาศในการหมักหรือไม่ ในยีสต์เมื่อปริมาณออกซิเจนสูงจะสร้างเซลล์และได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ แต่ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำจะสร้างแอลกอฮอล์ ในการสร้างกรดน้ำส้มต้องการออกซิเจนในปริมาณสูง การหมักสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (microaerophilic fermentation)

2.4.4 อุณหภูมิ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญหรือการสร้างเอนไซม์ที่ต่างกัน ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้อัตราการเจริญจะลดลง ถ้าสูงมากก็จะตาย อุณหภูมิยังมีผลต่อลักษณะของเซลล์ด้วย เช่น *Acetobacter* ที่อุณหภูมิต่ำจะเจริญช้า และลักษณะผิดปกติ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส เซลล์จะยาวออกเป็นสาย (filament)

2.4.5 ปริมาณเกลือ ปริมาณเกลือมีผลในการเลือกชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ใน การหมัก ถ้าใช้ปริมาณเกลือสูงมากพวกที่เจริญได้ก็คือกลุ่มของ halophile เท่านั้น จึงสามารถใช้

เกลือเป็นตัวควบคุมปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ได้ การทำผักดองจะใช้เกลือเพื่อช่วงตั้งน้ำออกจากผัก และทำให้พวกแบคทีเรียกรดแลคติกเจริญได้ดี

## 2.5 ประโยชน์ของการหมักดอง

การหมักทำให้เกิดประโยชน์หลายประการ ข้อมูลจาก [http://southnfe.go.th/LearnSquare/courses/31/keepcook2\\_03.htm](http://southnfe.go.th/LearnSquare/courses/31/keepcook2_03.htm) กล่าวถึงประโยชน์ของการหมักไว้ดังนี้

2.5.1 ทำให้อาหารมีรสและกลิ่นดีขึ้น

2.5.2 ทำให้อาหารมีสี มีกลิ่นและรสต่างออกไป เช่น ผักและผลไม้ดอง เป็นต้น

2.5.3 ทำให้เกิดอาหารชนิดใหม่หลายอย่าง เช่น แอลกอฮอล์ และน้ำส้มสายชู ซึ่งเกิดจากการหมักสารอาหารประเภทแป้งและน้ำตาล

2.5.4 เปลี่ยนอาหารเป็นพืช หรือบริโภคไม่ได้ให้บริโภคได้ เช่น ถูกด่าสิ่งดิบมีรสขมกินไม่ได้ แต่ถ้าดองแล้วจะหายขม ถูกห่อดิบกินไม่ได้ แต่ถ้าดองแล้วจะกินได้ เป็นต้น

2.5.5 เสริมคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การหมักน้ำผลไม้ให้เป็นไวน์ จะได้ประโยชน์ทางโภชนาการสูงกว่าน้ำผลไม้สด เต้าเจี้ยวและเต้าหู้ยี้จะมีประโยชน์สูงกว่าถั่วสุกธรรมดาในปริมาณเท่ากันเพราะมีราซึ่งประกอบด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุผสมอยู่ด้วย

## 2.6 ชนิดของจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการหมัก

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ที่สำคัญที่นำมาใช้ในการหมักอาหารส่วนใหญ่มีอยู่ 3 ชนิด คือ แบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์ และรา เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาการทำวิจัยจึงกล่าวถึงจุลินทรีย์เพียง 2 ชนิด คือ แบคทีเรียกรดแลคติก และยีสต์

### 2.6.1 แบคทีเรียกรดแลคติก

สุรรัตน์ เงินดวง (2545 : 4) ได้กล่าวถึงแบคทีเรียกรดแลคติกว่า เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวกที่ไม่สร้างสปอร์และเอนไซม์คะตะเลส มีรูปร่างกลมหรือท่อน และผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักในการหมักคาร์โบไฮเดรต แหล่งที่สามารถพบแบคทีเรียแลคติก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นมและอาหารหมักดองต่างๆ เป็นต้น โดยแบคทีเรียแลคติกสามารถใช้อาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ลักษณะที่สำคัญที่สุดของพวกแบคทีเรียแลคติกคือความสามารถในการสลายน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติก ซึ่งทำให้เกิดรสชาติที่ต้องการในอาหารแปรรูปบางชนิด เช่น ผักดองต่างๆ หรือเนยแข็ง แต่อาจทำให้เกิดรสชาติที่ไม่ดี หรือทำให้ไวน์เปรี้ยวเนื่องจากแบคทีเรียสามารถผลิตกรดได้อย่างรวดเร็ว และมีปริมาณมากพอสมควร ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุมาลี เหลืองสกุล (2541 : 51) ได้กล่าวถึงสกุลที่สำคัญของแบคทีเรียกรดแลคติก ได้แก่ สมาชิกในวงศ์ Lactobacillaceae และ Streptococcaceae โดยเฉพาะสกุล *Leuconostoc*, *Lactobacillus* และ *Streptococcus* ซึ่งพอจะกล่าวรายละเอียดได้ดังนี้

1. สกุล *Lactobacillus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีรูปร่างเป็นท่อนหรือทรงรี พบได้ทั่วไปในแหล่งที่มีคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารหลักที่เชื้อต้องการ เช่น นม เนย รวมถึงในแหล่งธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ในเยื่อเมือกของมนุษย์ สัตว์ พืช แหล่งน้ำทิ้ง และในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก หรืออาหารที่กำลังจะเน่า นอกจากนี้ยังเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญ (Microaerophilic) แต่มีบางชนิดเป็นพวกแอนแอโรบิก ไม่สร้างเอนไซม์อะลาเลส สลายน้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ ถ้าเป็นพวกโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative) จะสลายน้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกเกือบทั้งหมด มีกรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และอื่นๆ บ้างเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นพวกเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) จะสลายน้ำตาลแล้วให้สารระเหยได้รวมทั้งแอลกอฮอล์ในปริมาณมากพอๆ กับกรดแลคติก ตัวอย่างของสายพันธุ์ที่เป็นโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ และเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งพวกของ Lactobacilli ตามชนิดของผลผลิต และอุณหภูมิที่เหมาะสม

อุณหภูมิ	พวกโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ	พวกเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ
อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส	<i>L. bulgaricus</i> <i>L. lactis</i> <i>L. thermophilus</i>	<i>L. helveticus</i> <i>L. acidophilus</i> <i>L. delbrueckii</i>
อุณหภูมิที่เหมาะสมต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส	<i>L. casei</i> <i>L. leichmanii</i>	<i>L. fermentum</i> <i>L. brevis</i> <i>L. bruchneri</i> <i>L. pastorianus</i> <i>L. hilgardii</i> <i>L. trichodes</i>

ที่มา : สุมาลี เหลืองสกุล (2541 : 46 )

สปีชีส์ทั้งหมดที่กล่าวไว้ในตารางที่ 2 ยกเว้น *L. delbrueckii*, *L. leichmanii*, *L. hilgardii*, *L. trichodes* และบางสายพันธุ์ของ *L. brevis* จะใช้แลกโทสแล้วให้กรดแลคติกจึงมีความสำคัญในอุตสาหกรรมนม แหล่งที่มาของ Lactobacilli คือ บริเวณใบของพืช ปุ๋ยและผลิตภัณฑ์นม ลักษณะที่ทำให้ Lactobacilli มีความสำคัญในอาหาร ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

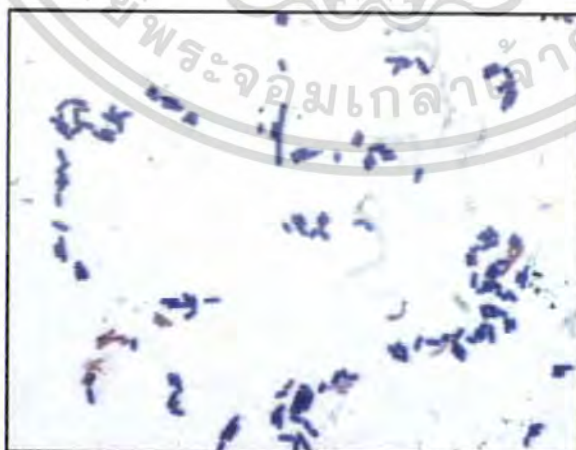
1. ความสามารถในการใช้น้ำตาลแล้วให้กรดแลคติกปริมาณพอสมควร ทำให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการหมักพืชและน้ำนมได้ผลผลิตออกมา หรือนำไปผลิตกรดแลคติกออกมาโดยเฉพาะเพื่อนำกรดแลคติกไปใช้กับผลิตภัณฑ์บางชนิด

2. ความสามารถในการให้แก๊สและสารระเหยบางอย่างออกมา พวกสเตเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ เช่น *L. fermentum* ที่เจริญในเนยแข็งสวิสส์ (Swiss Cheese) หรือ *L. hilgardii* หรือ *L. trichodes* ในไวน์

3. ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินเกือบทุกชนิดที่เซลล์ต้องการ เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถเจริญในอาหารที่ขาดวิตามินได้ เรานำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ปริมาณของวิตามินในอาหารได้

4. มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีทำให้มีชีวิตรอดหลังการพาสเจอร์ไรซ์ได้ จึงทำให้เกิดการตกตะกอนโปรตีน (Curd) ได้ในกระบวนการผลิตเนยแข็ง

*Lactobacillus pentosus* เป็นแบคทีเรียรูปร่างแท่ง เซลล์มีลักษณะแท่งตรง ปลายมน มีขนาดความกว้าง 1.0 - 1.2 ไมครอน ยาว 2.0 - 5.0 ไมครอน พบอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือโซ่สายสั้น ๆ เจริญได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะผลิตกลีเซอรอลในการหมัก เป็นแบคทีเรียที่ได้จากข้าวโพดหมัก มะกอกหมักและมุลส์ตว (Wood and Holzappel, 1995 : 43 - 44) แบคทีเรียสายพันธุ์นี้เป็นสายพันธุ์ที่สามารถผลิตแบคเทอริโอซิน เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส พิเศษเป็นกลาง และสภาวะที่ไม่มีโซเดียมคลอไรด์ อย่างไรก็ตามสภาวะที่กระตุ้นให้เกิดแบคเทอริโอซิน เจริญได้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และสภาวะที่ทนโซเดียมคลอไรด์ได้ปานกลาง (<http://www.Cababstractsplus.org/google/abstract.aps?AcNo=20053107655>).



ภาพที่ 1 : แคลโตลาซิลลัสเพนโตซัส

ที่มา : <http://kuon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4506011.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สกุล *Leuconostoc* สุรรัตน์ เงินดวง (2545 : 18-19) ได้กล่าวถึงแบคทีเรียสกุล *Leuconostoc* ว่าเชื้อในสกุลนี้มีความสัมพันธ์กับเชื้อในสกุล *Lactobacillus* และสกุล *Pediococcus* ในแง่ของสรีระวิทยา รูปร่างของเซลล์ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาวะในการเจริญ แต่เมื่อเจริญในน้ำนม เซลล์จะมีรูปร่างกลมและการจัดเรียงตัวแบบเดี่ยว อยู่เป็นคู่หรือสายโซ่สั้นถึงปานกลาง ผลิตกรดแลคติก ชนิด D(-) เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์และสารหอมระเหยจากหมักกลูโคส (Glucose Fermentation) จึงช่วยสร้างกลิ่นรสในอาหารหมักดอง สามารถสร้างเมือกเด็กแทรน (Dextran) ออกมารอบๆ ผนังเซลล์ได้ จากการศึกษาของเบสได้ 16s rRNA แสดงให้เห็นว่าเชื้อนี้มีความสัมพันธ์กับ *Lb. contusus*, *Lb. kandleri*, *Lb. viridescens* และ *Leuconostoc mesenteroides* แบคทีเรียสกุลนี้พบที่ผิวของพืช ได้แก่ *L. dextranicum* และ *L. cremoris* ที่มีความสามารถในการสลายกรดซิตริกของน้ำนมและผลิตสารปรุงแต่งรสโคอะเซทิลจีน และไปกระตุ้น *Streptococci* ให้กรดแลคติก แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดนี้รวมกันเป็นเชื้อเริ่มต้นแลคติก (Lactic Starter) ในการผลิตเนยและเนยแข็ง

สุมาลี เหลืองสกุล (2541 : 48) ได้ให้ความสำคัญของ *Leuconostoc* sp. ในอาหารไว้ดังนี้

1. การผลิตโคอะเซทิล และสารชนิดอื่นที่ให้กลิ่นรสแก่อาหาร
2. ทนต่อความเข้มข้นของเกลือได้ เช่น ในกะหล่ำปลีดอง และอาหารหมักดองต่างๆ จะมี *L. mesenteroides* เป็นตัวทำกิจกรรมตัวแรกในการผลิตกรดแลคติก
3. มีความสามารถกระตุ้นกระบวนการหมักดองในผักได้เร็วกว่าจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกตัวอื่นๆ และให้กรดปริมาณเพียงพอในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ได้ผลิตกรดแลคติก
4. ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาลได้สูง (ร้อยละ 55 – 60 สำหรับ *L. mesenteroides*) ทำให้สามารถเจริญในน้ำเชื่อม เค้ก ไอศกรีมได้
5. เนื่องจากการสลายน้ำตาลให้แก่สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาปริมาณพอสมควรจึงทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า โอเพนเนส (Openness) ในเนยแข็ง และทำให้โยเกิร์ตที่มีน้ำตาลเข้มข้นเสียและทำให้ขนมปังบางชนิดฟู
6. ในอาหารที่มีน้ำตาลสูงโครสมากจะมีการผลิตสารเมือกขึ้นมากซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการในการผลิตเด็กซ์แทรน แต่เป็นอันตรายอย่างยิ่งในการผลิตน้ำตาลทรายเพราะจะทำให้ปริมาณน้ำตาลทรายน้อยลง

3. สกุล *Streptococcus* สุริรัตน์ เงินดวง (2545 : 18) ได้กล่าวถึงแบคทีเรียกรดแลคติก สกุล *Streptococcus* ว่าเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 – 1.2 ไมครอน มักพบอยู่เป็นสายหรือคู่ ไม่สร้างสปอร์และต้องการสารอาหารที่ซับซ้อนในการเจริญพบบททั้งที่ปรสิคในมนุษย์หรือสัตว์ และมีบทบาทสำคัญในการผลิตภัณฑ์นม เช่น การทำนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *S. lactis*

ข้อมูลจากสุมาลี เหลืองสกุล (2541 : 4) แบ่งสปีชีส์เป็นพวกโฮโมเฟอร์เมนเทพิฟ *Streptococci* ทั่วไปที่มีความสำคัญทางอาหาร ถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกันคือ

1. กลุ่มไพโอเจนิค (pyogenic Group) จะรวมสปีชีส์ทั้งหมดของ *Streptococci* ที่เป็นเชื้อโรคเช่น *S. agalactiae* เป็นสาเหตุของโรคเต้านมอักเสบในโคนม และ *S. pyogenes* เป็นสาเหตุของโรคคอเจ็บ ไข้อัดอืดแดง ผี เป็นต้น ซึ่งเคยพบในน้ำนมดิบ แต่พวกนี้เจริญไม่ได้ในอุณหภูมิ 10 หรือ 45 องศาเซลเซียส

2. กลุ่มวิริแดนส์ (Viridans Group) ได้แก่ *S. thermophilus* ซึ่งมีความสำคัญในการผลิตเนยแข็งและโยเกิร์ต และ *S. bovis* ซึ่งได้จากน้บูและในน้ำลาย มีความทนทานต่อความร้อนเช่นเดียวกับ *S. thermophilus* จึงไม่พบได้ในนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้ว สปีชีส์เหล่านี้เจริญได้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 10 องศาเซลเซียส

3. กลุ่มแลคติก (Lactic Group) เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมนม *S. lactis* และ *S. cremoris* จะเจริญได้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส แบคทีเรียเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นตัวเริ่มต้นในกระบวนการผลิตเนยแข็งและผลิตภัณฑ์นมอื่นร่วมกับ *Leuconostoc spp. lactis* มักเป็นสาเหตุของการเปรี้ยวของน้ำนมดิบอยู่เสมอ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถทนความเข้มข้นของเกลือให้ได้ไม่เกินร้อยละ 2–4 ฉะนั้นการเกิดกรดแลคติกในผักดองจึงไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่มาของแบคทีเรียกรดเหล่านี้คือ ฟีสซิเชียว อาหารสัตว์ ฟาง และเครื่องใช้

4. กลุ่มแอนเทอโรคอคคัส (Enterococcus Group) ประกอบด้วย *S. faecalis* และ *S. faecium* ทั้ง 2 สปีชีส์คล้ายกันมากแตกต่างกันทางด้านสรีรวิทยาเท่านั้น *S. faecalis* มักจะทนต่อความร้อนได้มากกว่าและแยกได้จากคน ส่วน *S. faecium* แยกได้จากพืช *S. faecalis* subsp. *liquefaciens* เป็นพวกที่ผลิตกรดและย่อยโปรตีนได้ *S. faecalis* subsp. *zymogens* เป็นพวกที่สลายเซลล์เม็ดเลือดแดงแบบ เบต้า *S. faecalis* และ *S. faecium* มักจะอยู่ในอาหารดิบเสมอ แบคทีเรียในกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ที่ 10 และ 45 องศาเซลเซียส พวก *Enterococci* มีลักษณะบางประการที่ไม่เหมือนกับ *Streptococci* อื่นๆ คือ เป็นพวกที่ทนความร้อนได้ดี สามารถทนต่อความเข้มข้นของเกลือได้ถึงร้อยละ 6.5 หรือมากกว่า เจริญในอาหารที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 9.6 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่สามารถเจริญได้ดีช่วงกว้างมาก คือ ตั้งแต่ 5 – 50 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงอาจพบ *S. faecalis* ได้ในเบคอน

### กระบวนการหมักกรดแลคติก (Lactic Acid Fermentation)

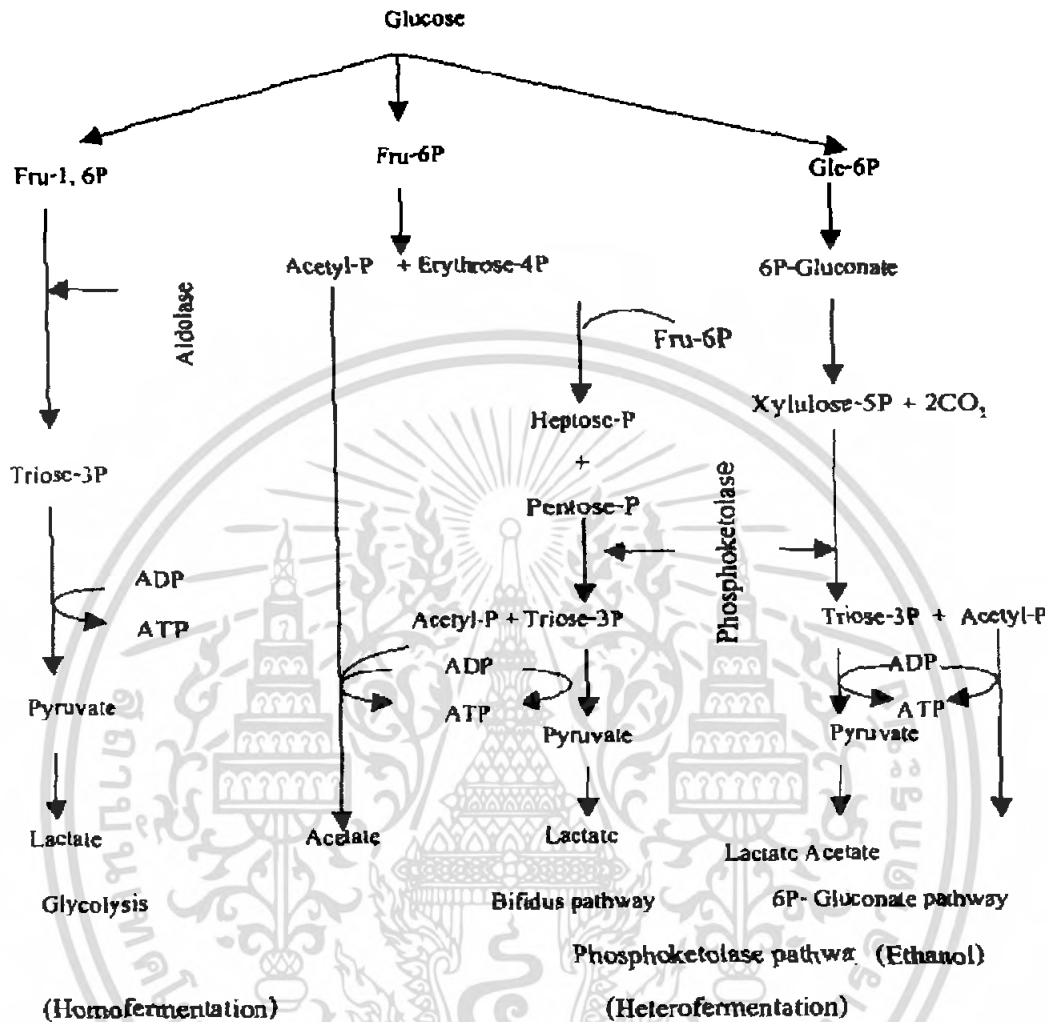
การหมักเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์กรดแลคติกต้องมีการบวนการหมักและขั้นตอนต่างๆ เกิดขึ้นโดย สุวีรัตน์ เงินดวง (2545 : 21-23) กล่าวถึงกระบวนการหมักกรดแลคติกว่า อาหารเป็นแหล่งที่จุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญได้อย่างดี ซึ่งในการผลิตอาหารหมักดองนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารอาหาร เนื่องมาจากการกระทำของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักหรือเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในอาหารนั้นๆ โดยทั่วไปในกระบวนการหมักชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องมักจะเป็นจุลินทรีย์จากธรรมชาติ แต่ในบางครั้งผู้ผลิตมีการคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรส กลิ่น และเนื้อสัมผัสตามต้องการ สำหรับกระบวนการหมักที่เกิดกรดแลคติกจะมีค่าพีเอช และปริมาณออกซิเจนต่ำจนถึงไร้ออกซิเจนทำให้ประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยา Oxidation – Reduction ต่ำทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการในกระบวนการหมัก กระบวนการหมักกรดแลคติกโดยแบคทีเรียแลคติกเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมการหมักผักและผลไม้ รวมถึงรัฐพีชัมมักจะพบ *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermenti*, *Leuconostoc mesenteroides* ในอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมมักจะมี *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus thermophilus* และ *Lactobacillus casei* โดยรูปแบบของกระบวนการหมักแบ่งได้ดังนี้

1. Homofermentation เป็นกระบวนการหมักที่เกิดกรดแลคติก โดยจุลินทรีย์กลุ่ม Homofermentative Lactic Acid Bacteria สามารถผลิตได้ประมาณร้อยละ 90 ซึ่งขั้นตอนของการสร้างกรดแลคติกที่พบได้ง่าย เช่น แบคทีเรียในสกุล *Lactococcus* จะเริ่มจากการนำน้ำตาลแลคโตสผ่านเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียแลคติก โดยอาศัยเอนไซม์ที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ ที่เรียกว่า Phosphoenol Pyruvate – Dependent Phosphotransferase System (PEP-PTS) ทำให้น้ำตาลแลคโตสเกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่ฟอสเฟต อยู่ในรูป Lactose-6-phosphate จากนั้นจะถูกเอนไซม์ phospho- $\beta$ -Galactosidase ย่อยได้เป็น Galactose-6-phosphate กับกลูโคส ซึ่งกลูโคสจะผ่านเข้าสู่กระบวนการต่างๆ ของ Embden-Meyerhof-Parnas Pathway (EMP pathway) จนได้เป็น Galactose-6-phosphate แล้วเข้าสู่กระบวนการต่างๆ ในวิถี D-Tagatose-6-phosphate ได้เป็น Tagatose-1,6-diphosphate และเปลี่ยนเป็น Dihydroxyacetone-phosphate และเอนไซม์ Tagatose-1,6-aldolase ซึ่งจะเปลี่ยน Dihydroxyacetone-phosphate เป็น Glycerol-3-phosphate โดยเอนไซม์ Triose phosphate isomerase ซึ่ง Glycerol-3-phosphate เป็นสารตัวกลางในกระบวนการ EMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pathway และเปลี่ยนเป็นเป็นแลคเตทในที่สุดเป็นต้น ดังแสดงภาพประกอบที่ 1 น้ำตาลกลูโคส สามารถเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียแลคติก โดยอาศัยเอนไซม์ PEP-PTS ทำให้กลูโคสอยู่ในรูป Glucose-6-phosphate ซึ่งจะเข้าสู่วิถี EMP ได้เป็นแลคเตทในที่สุด ส่วนน้ำตาลกาแลคโตสจะ สามารถซึมผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ได้เลยหลังจากถูกเติมหมู่ฟอสเฟต โดยเอนไซม์ Galactokinase ได้ เป็น Galactose-1-phosphate จากนั้นเข้าสู่วิถี Leloi จนได้เป็น Glucose-1-phosphate จากนั้นจะ ถูกเอนไซม์ Hexokinase phosphoglucomutase เปลี่ยนเป็น Glucose-6-phosphate ซึ่งเป็นตัวกลาง ในวิถี EMP เปลี่ยนเป็นแลคเตทในที่สุด แบคทีเรียแลคติกที่มีกระบวนการหมักแบบนี้ได้แก่ *Lb. dulgaricus*, *Lb. casei* และ *Lb. plantarum*

2. Heterofermentation เป็นกระบวนการหมักที่เกิดกรดแลคติกประมาณร้อยละ 50 และจะได้ผลิตภัณฑ์อื่นร่วมด้วย เช่น กรดอะซิติก เอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น โดยแบคทีเรียแลคติกในกลุ่ม Heterofermentative lactic acid bacteria จะไม่มีเอนไซม์ Aldolase ซึ่งเป็นเอนไซม์หนึ่งในกระบวนการ Glycolysis จึงทำให้สามารถเปลี่ยน Fructose-1,6-Diphosphate เป็น Triose-phosphate ได้จึงต้องออกซิไดซ์ Glucose-6-phosphate ได้เป็น 6-phosphogluconate จากนั้นเกิดปฏิกิริยา Decarboxylation ได้เป็น Pentose-phosphate กับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่ง Pentose-phosphate จะแตกตัวเป็น Triose-phosphate และ Acetyl-phosphate โดยเอนไซม์ Phosphoketolase โดยที่ Triose-phosphate จะเปลี่ยนเป็นแลคเตทได้ ส่วน Acetyl-phosphate จะเปลี่ยนเป็น อะซีตัลดีไฮด์และเอทานอล นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติก อาจจะใช้กระบวนการอื่นๆ ในการสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และ กลีเซอรอล เป็นต้น แบคทีเรียแลคติกที่มีกระบวนการหมักแบบนี้มีหลายสกุลมากวิธีการหมัก ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีการสร้างกรดแลคติกแบบ Homofermentation และ Heterofermentation

ที่มา : Wood and Holzapel (1995 : 3)

### การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นของแบคทีเรียแลคติก

สุริรัตน์ เงินดวง (2545 : 24) ได้กล่าวถึงการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นโดยแบคทีเรียกรดแลคติกว่า แบคทีเรียแลคติกมีความสามารถในการสร้างสารที่มีผลในการต่อต้านจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ หลายชนิดและมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติข้อดีของแบคทีเรียแลคติกตั้งแตยุคประวัติศาสตร์ จากการค้นคว้าพบว่าชาวซูเมเรียน ได้ใช้แบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์นมมาตั้งแต่ 6000 ปีก่อนพุทธกาล ปัจจุบันมีการนำแบคทีเรียแลคติกมาใช้เป็นโพรไบโอติกเพื่อส่งเสริมให้แบคทีเรียประจำถิ่นในลำไส้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยรักษาสมดุลของปริมาณจุลินทรีย์ ในกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรียแลคติกทำให้เกิดกรดอินทรีย์ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดโมเลกุลเล็ก ซึ่งสามารถต่อต้านหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ

1. Non-peptide Inhibitor สารยับยั้งในกลุ่มนี้ไม่มีองค์ประกอบที่เป็นสารประเภทโปรตีน ได้แก่ กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดแลคติก กรดอะเซติก กรดโพर्फิโอนิก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) ไดอะซีทิล (Diacetyl) และรูทีริน (Reuterin)

2. Peptide Inhibitor สารยับยั้งในกลุ่มนี้ประกอบด้วยสารประเภทโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ แบคเทอริโอซิน

### 2.6.2 ยีสต์ (Yeast)

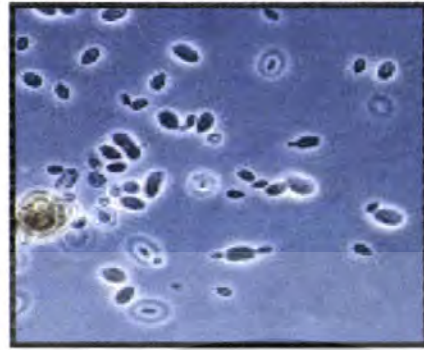
ยีสต์ เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้ในกระบวนการหมัก ข้อมูลจาก <http://www.consumerthai.org/howto/board/view.php?id=60> ได้กล่าวเกี่ยวกับยีสต์ไว้ดังนี้

ยีสต์ หรือ ส่าเหล้า (อังกฤษ: yeast) คือ รากกลุ่มหนึ่งก่อให้เกิดประโยชน์และโทษต่ออาหารในแง่ของประโยชน์ของยีสต์ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้ เบียร์ ไวน์ ผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และยังใช้ในการผลิตโปรตีน ไขมัน วิตามิน เอนไซม์ รวมถึงตัวเซลล์ยีสต์เองเพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ ในทางตรงกันข้าม ยีสต์ก็ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร

สุมาลี เหลืองสกุล (2527 : 42-53) ได้กล่าวถึงลักษณะรูปร่างของยีสต์ การสืบพันธุ์ ลักษณะการเจริญของยีสต์ ยีสต์ที่มีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรม ยีสต์ที่มีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมหมักไว้ดังนี้

#### ลักษณะรูปร่างของยีสต์

ลักษณะรูปร่างของยีสต์ศึกษาได้จากกล้องจุลทรรศน์มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ มะนาว ลูกแพร์ ทรงกระบอก สามเหลี่ยม หรือมีเซลล์เรียงกันเป็นเส้นสายคล้ายไมซีเลียม ยีสต์มีขนาดแตกต่างกัน โครงสร้างที่มองเห็น ได้แก่ ผนังเซลล์ ไซโตพลาสซึม แวกิวโอล เม็ดไขมัน และเกล็ดอื่นๆ เช่น เมทาโทรมาทิกเกล็ด เม็ดไข่ขาว และเม็ดแป้ง ถ้าต้องการดูนิวเคลียสจะต้องใช้วิธีย้อมสี

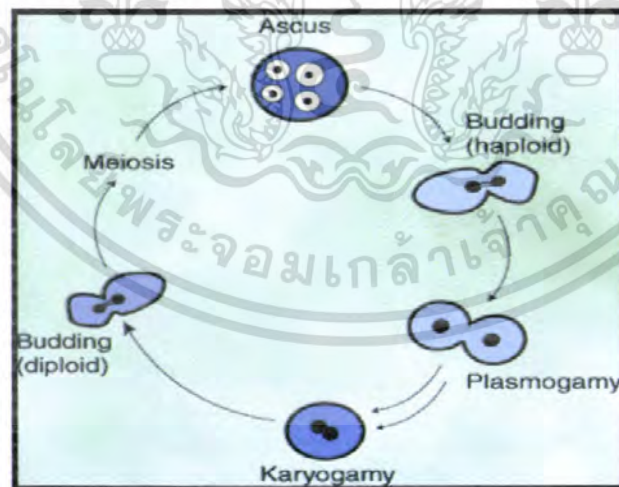


ภาพที่ 2 ยีสต์

ที่มา : [www.rmutphysics.com](http://www.rmutphysics.com)

### การสืบพันธุ์

ส่วนใหญ่ยีสต์จะสืบพันธุ์แบบไม่ใช้เพศโดยการแตกหน่อ ซึ่งการแตกหน่ออาจจะเกิดขึ้นได้ที่ทุกส่วนของเซลล์ หรือเกิดได้เฉพาะที่ขั้วของเซลล์เท่านั้น กระบวนการเกิดขึ้นโดยโปรโทพลาสซึมจะดันผนังเซลล์ให้โป่งออกไปกลายเป็นหน่อซึ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนมีขนาดเท่าเซลล์แม่ ในยีสต์บางชนิด เช่น ฟิมยีสต์ หน่อจะมีลักษณะคล้ายท่อยื่นออกมาจากเซลล์แม่ มีการเพิ่มจำนวนนิวเคลียสแล้วแบ่งกันในเซลล์แม่และลูก มียีสต์ไม่กี่สปีชีส์ที่สืบพันธุ์โดยวิธีพืชัน และวิธีพืชันผสมกับการแตกหน่อ



ภาพที่ 3 การขยายพันธุ์ของยีสต์

ที่มา : [www.sparknotes.com/biology/microorganisms/fungi/section2.shtml](http://www.sparknotes.com/biology/microorganisms/fungi/section2.shtml)

การสืบพันธุ์แบบใช้เพศของยีสต์เท่านั้นจะมีการสร้างแอสโคสปอร์โดยเซลล์ของยีสต์เปรียบเสมือนแอสคัส การเกิดแอสโคสปอร์ของยีสต์แท้ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายหลังการเกิดการค่อนจูเกชันของเซลล์ 2 เซลล์ แต่ในยีสต์บางชนิดอาจเกิดแอสโคสปอร์ได้โดยไม่ต้องมีการเอพิมาซิสของเซลล์ที่สืบพันธุ์กันเอง มีอีกหลายยีสต์ที่สืบพันธุ์แบบใช้เพศแต่ไม่ผ่านการค่อนจูเกชัน ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนจูเกต หลังจากนั้นจะมีการคอนจูเกตของแอสโคสปอร์ จำนวนของแอสโคสปอร์ และลักษณะของแอสโคสปอร์จะเป็นตัวบ่งชี้ของยีสต์ สี ผิว และรูปร่างของแอสโคสปอร์จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของยีสต์ส่วนยีสต์เทียม หมายถึงยีสต์ที่ไม่สร้างแอสโคสปอร์ หรือไม่มีการสืบพันธุ์แบบใช้เพศ จัดเป็นพวกฟังไจไม่สมบูรณ์ ยีสต์พวกนี้มักจะสร้างคลาไมโดสปอร์

**ลักษณะการเจริญของยีสต์**

การเจริญของยีสต์บนอาหาร ไม่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ชนิดยีสต์มากนักแม้ว่าการเจริญของยีสต์บนผิวหน้าของอาหารเหลว จะบอกได้ว่าเป็นออกซิเดทีฟ หรือฟิล์มยีสต์ก็ตาม การสร้างพวกคาโรทีนอยด์ของยีสต์ในสกุล *Rhodotorula* จะทำให้เกิดจุดสีบนอาหาร เป็นการยากที่จะแยกลักษณะโคโลนีของยีสต์กับแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อออกจากกันด้วยตาเปล่าได้ จึงจำเป็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจดูเท่านั้น โคโลนีของยีสต์ที่มีอายุจะขึ้นมากหรือเป็นเมือกส่วนใหญ่จะมีสีขาว ครึ้มชมพู บางโคโลนีเมื่ออายุมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่บางโคโลนีจะเริ่มแห้งและยุบ

ยีสต์เป็นทั้งพวกออกซิเดทีฟ เฟอ์เมนเททีฟ หรือทั้ง 2 อย่าง พวกออกซิเดทีฟจะเจริญอยู่เฉพาะที่ผิวของอาหารเหลวจึงเรียกว่าฟิล์มยีสต์ แต่พวกเฟอ์เมนเททีฟจะเจริญอยู่ในทุกส่วนของอาหารเหลว

**ยีสต์ที่มีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรม**

ยีสต์มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการผลิตไวน์ เหล้า หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย โดยได้กล่าวเกี่ยวกับยีสต์ที่ใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะเป็นพวก *Hemiascomycetes* และมักจะอยู่ในสกุล *Saccharomyces* เซลล์ของยีสต์พวกนี้จะเป็นรูปกลม รูปไข่ หรือค่อนข้างยาว อาจมีการสร้างไมซีเลียเทียม การสืบพันธุ์จะเป็นแบบแตกหน่อชนิดที่เกิดได้ที่ขั้วของเซลล์ และโดยการสร้างแอสโคสปอร์ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากคอนจูเกตชัน หรืออาจพัฒนาจากเซลล์ดิพลอยด์ (*Diploid Cell*) ที่อยู่ในระยะเวเจเตทีฟ แอสโคสปอร์มักมีรูปกลมหรือไข่ มีจำนวน 1 ถึง 4 ต่อแอสคัส สปีชีส์ที่สำคัญคือ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีบทบาทในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ขนปัง ไวน์ กลีเซอรอล และอินเวอเทส มีทั้งที่อปยีสต์ที่เป็นเฟอ์เมนเทอ์ที่แอคทีฟมาก และเจริญได้รวดเร็วที่ 20 องศาเซลเซียส เกิดการรวมกลุ่มของเซลล์และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้เซลล์ลอยขึ้นไปอยู่บนผิวหน้าของอาหาร จึงเรียกว่าทอปยีสต์ ส่วนบอดทอมยีสต์นั้นเซลล์จะเจริญอย่างช้าเป็นเฟอ์เมนเทอ์ที่ดีในอุณหภูมิต่ำ (10-15 องศาเซลเซียส) เนื่องจากไม่มีการรวมกลุ่มของเซลล์และการเจริญเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้เกิดการบวมไดออกไซด์น้อย เซลล์จึงค่อยๆ ตกตะกอนอยู่ที่ก้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะ จึงเรียกว่าบอดทอมยีสต์ *S. cerevisiae* var. *ellipsoideus* เป็นพวกที่ให้แอลกอฮอล์สูง จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ ไวน์ และสุรา

### ยีสต์ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมหมัก

1. จีแนส *Saccharomyces* ยีสต์ในจีแนสนี้มักมีความสามารถในการหมักน้ำตาล กลูโคส แมนโนส และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ได้แก่

*S. cerevisiae* เป็นสายพันธุ์ที่เรียกว่า top yeast ที่ใช้ในการหมักเบียร์ และทำขนมปัง เนื่องจากสามารถผลิตแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ด้วย ยีสต์สายพันธุ์นี้สามารถใช้น้ำตาลอื่น ๆ อีก เช่น กาแลคโตส แซคคาไรส มอลโทส ส่วนน้ำตาล ราฟไฟโนสจะใช้ได้เพียง 1/3 เท่านั้น

*S. cerevisiae* var. *ellipsoideus* เป็นยีสต์ที่ใช้ผลิตไวน์ มักจะพบในองุ่น หรือดินในสวนองุ่น

*S. carlbergensis* ยีสต์สายพันธุ์จัดเป็น bottom yeast ใช้ในการหมักเบียร์ ยีสต์ชนิดนี้แตกต่างไปจาก *S. cerevisiae* คือสามารถที่จะใช้น้ำตาลราฟไฟโรสได้สมบูรณ์

*S. pastorianus* เป็นยีสต์ที่รู้จักกันดีที่ทำให้รส กลิ่นของเบียร์ผิดแปลกออกไป

*S. fragilis* เป็นยีสต์ที่สามารถใช้น้ำตาลแลคโตส และใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนม

*S. rouxii* และ *S. mellis* บางทีเรียกว่า osmophilic yeast สามารถเจริญและใช้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง โดยที่จุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญไม่ได้ ยีสต์ทั้งสองแตกต่างในด้านการหมักน้ำตาล คือ *S. mellis* สามารถใช้น้ำตาลกลูโคส แมนโทส ส่วน *S. rouxii* สามารถใช้น้ำตาลมอลโทสเพิ่มขึ้นอีก ยีสต์เหล่านี้มักจะทำให้น้ำผึ้งหรือแยมเสื่อมเสีย

2. จีแนส *Pichia* และ *Hansenula* ยีสต์ในสองจีแนสนี้เป็นที่รู้กันว่าทำให้ alcoholic liquors เสื่อมเสีย จะเห็นเจริญอยู่บนพื้นผิวของสารละลายแอลกอฮอล์ และเมตาบอลิซึมของน้ำตาลโดยยีสต์เหล่านี้จะเกิดทางด้าน oxidative มากกว่า fermentative ทำให้เกิดเอสเทอร์ในกระบวนการหมักแทนที่จะเกิดการผลิตแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แอลกอฮอล์เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนเพื่อการเจริญได้อีกด้วย ยีสต์ในจีแนส *Pichia* ไม่สามารถใช้ในเครท และส่วนใหญ่จะเป็น oxidative metabolism ส่วนยีสต์จีแนส *Hansenula* นั้นสามารถใช้สารในเครท และมีประสิทธิภาพในการหมักได้สูงกว่า

3. จีแนส *Candida* ยีสต์ในจีแนสนี้ที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมหมัก คือ *Candida utilis* เป็นที่รู้จักกันว่าเป็น food yeast เป็นยีสต์ที่มีส่วนประกอบโปรตีนอยู่สูง และวิตามินบี มีความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้น้ำตาลกลูโคส แชนคาโรส ราฟฟิโนส และยังมีในเตรทได้ด้วย *C. lipolytica* เป็นยีสต์ที่ไม่สามารถใช้น้ำตาล แต่สามารถใช้เจลาตินได้รวดเร็วและสมบูรณ์ และยังสามารถย่อยสลายและเจริญไขมัน จึงมักจะพบยีสต์พวกนี้บนเนย

### กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (alcohol fermentation)

ข้อมูลจาก [www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic\\_fermentation.htm](http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic_fermentation.htm) ได้กล่าวถึงกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ไว้ดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน เริ่มต้นด้วยไกลโคไลซิสเช่นเดียวกับการสลายอาหารแบบใช้ออกซิเจน คือ กลูโคส 1 โมเลกุลสลายได้กรดไพรูวิก 2 โมเลกุล แล้วปล่อย ATP 2 โมเลกุล และไฮโดรเจน 4 อะตอม อะตอม NAD จะมารับไฮโดรเจนเป็น  $\text{NADH}^+\text{H}^-$  และจะถ่ายถอดอะตอมของไฮโดรเจนให้กับแอซิดลาคีไฮด์ ซึ่งมีคาร์บอน 2 อะตอม จึงไม่สามารถนำเอาพลังงานอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในอะตอมของไฮโดรเจนมาสร้าง ATP ได้อีก ดังนั้นการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล จึงได้ ATP เพียง 2 โมเลกุลเท่านั้น เอทานอลที่ได้จากการสลายกลูโคสถ้ามีปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ ร่างกายจะมีกระบวนการเปลี่ยนเอทานอลให้เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นอันตรายแก่เซลล์ และขับออกจากร่างกายโดยระบบขับถ่าย

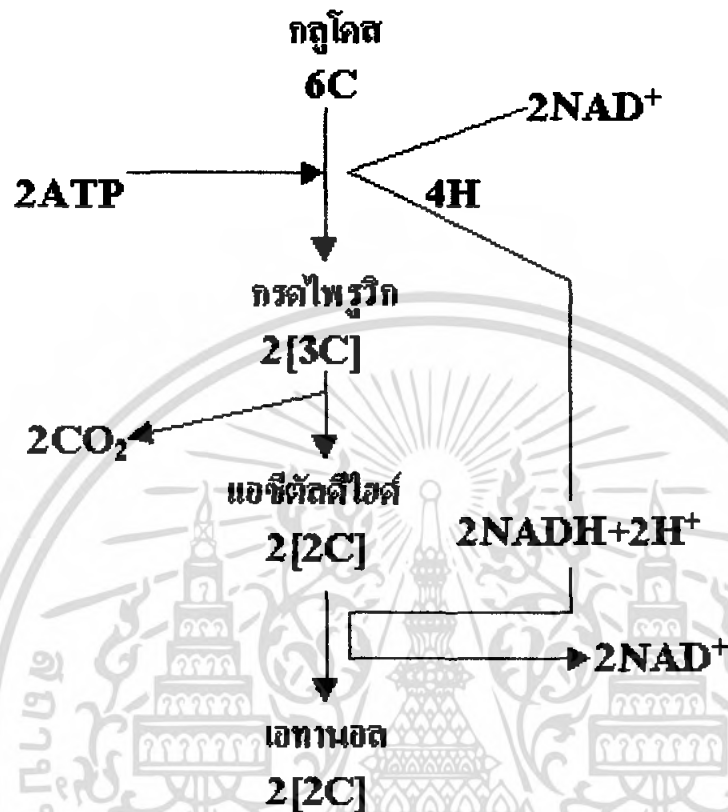
เมื่อนำยีสต์มาเลี้ยงในน้ำตาลจะได้เอทานอล ถึงแม้เอทานอลจะเป็นพิษต่อยีสต์ก็ตาม การหมักนั้นจะไม่ให้อากาศเข้าสู่ภาชนะที่ใช้หมักและให้อาหารยีสต์อย่างเพียงพอจะเกิดสมการดังนี้



แต่ถ้าอากาศเข้าสู่ภาชนะที่ใช้หมักจะทำให้ยีสต์หายใจแบบใช้ออกซิเจน เกิดสมการดังนี้



เอทานอลที่ได้จะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่เพราะสามารถติดไฟได้ จึงกล่าวได้ว่าเป็นการสลายของอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ส่วนสมการที่ใช้  $\text{O}_2$  ไม่เหลือพลังงานอยู่ในส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ที่มา : [www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic\\_fermentation.htm](http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic_fermentation.htm)

## 2.7 บีทรูท (Beet root)

บีทรูทเป็นพืชชนิดหนึ่ง ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์หลายชนิด ข้อมูลจาก <http://www.pop.co.th/food/coffee.phtml?status=coffee,1665,TH&page=8> ได้กล่าวถึงบีทรูทไว้ดังนี้

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Beta vulgaris* Linn

วงศ์ : *Chenopodiaceae*

ชื่ออื่น : ผักกาดฝรั่ง และผักกาดแดง

บีทรูทเป็นหัวผักกาดที่อยู่ใต้ดินชนิดหนึ่ง มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียนของยุโรป และบริเวณเอเชียตะวันตก ปัจจุบันนี้บีทรูทสามารถปลูกได้ในแถบภาคเหนือของไทย ซึ่งมีการใช้หัวบีทรูทเป็นผักเมื่อ 2000 ปีมาแล้ว ตั้งแต่สมัยกรีกและโรมันตอนต้น ต้นบีทเป็นพืชที่สามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตอย่างแพร่หลาย ในแถบเมืองร้อน และปลูกในแถบแคริบเบียน มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ แอฟริกากลาง แอฟริกาตะวันออก และแอฟริกาตะวันตก มีทั้ง white beet และ red beet

ต้นเรดบีท เป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่าเป็นพืชสวน น้ำห้วบีทจะมีรสชาติเฉพาะตัว และมีสีมากกว่าพืชหัวชนิดอื่นๆ ต้นบีทมีหลายสายพันธุ์ ซึ่งจำแนกตามรูปร่าง เช่น กลมจนถึงรูปไข่ หรือบางชนิดเป็นหัวยาวแหลม แต่มี 2 สายพันธุ์ที่นิยมปลูกมาก คือ พันธุ์ Crimson Glode และ Detroit Red

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้น : อยู่นิ่งดิน รากอวบน้ำ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 ซม.

ใบ : เป็นใบเดี่ยวเรียงตัวสลับ ก้านยาว ใบรูปหัวใจรี

ดอก : เป็นดอกเดี่ยว ออกเป็นช่อ มีสีเขียวอ่อนขนาดเล็ก

ผล : มีขนาดเล็ก ทรงกลมป้อม เปลือกดำ เนื้อสีแดงเลือดหมู หรือม่วงแดง



ภาพที่ 5 บีทรูท

ที่มา : [www.doikham.com](http://www.doikham.com)

### การเลือกและเก็บรักษาบีทรูท

ควรเลือกหัวขนาดเล็ก เพราะมีเนื้อละเอียดและให้รสหวานกว่าหัวขนาดใหญ่ แต่ถ้ามีใบติดอยู่ ให้เลือกหัวที่ใบยังสด แล้วตัดใบให้เหลือก้าน 2-3 ซม. จากนั้นก็นำไปล้างให้สะอาด เก็บในถุงตาข่ายวางไว้ในที่ร่ม หรือในช่องแช่ผักเก็บไว้ได้นานกว่า 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณค่าทางโภชนาการ

ผักชนิดนี้เป็นอาหารที่ดี ซึ่งประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนและไขมันอยู่ปริมาณน้อย มีการนำบีทรูทมาใช้บริโภคได้หลายวิธี เช่น สลัด และ ผักคอง เป็นต้น คุณค่าทางโภชนาการของบีทรูทแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของบีทรูทต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณเป็นร้อยละ	เกลือแร่และวิตามิน	น้ำหนักเป็นมิลลิกรัม
ความชื้น	87.7	แคลเซียม	18
โปรตีน	1.7	ฟอสฟอรัส	55
ไขมัน	0.1	เหล็ก	1.0
เกลือแร่	0.8	วิตามิน C	10
		มีปริมาณวิตามิน A และ B สูง มีปริมาณวิตามินบีรวมเล็กน้อย	
ไฟเบอร์	0.9		
คาร์โบไฮเดรต	8.8		
รวม	100		

ที่มา : [www.indiangyan.com/books/healthbooks/food\\_that\\_hael/beetroot.shtml](http://www.indiangyan.com/books/healthbooks/food_that_hael/beetroot.shtml)

### การนำบีทรูทไปใช้ประโยชน์

บีทรูทนิยมใส่ในสลัดต่างๆ โดยเฉพาะสลัดผักสุกหรือนำไปคองสามารถไว้รับประทานคู่กับอาหารจานหลัก เช่น สเต็ก พาสต้า นำมาคั้นน้ำใช้เป็นสผสมอาหารและผสมกับน้ำผลไม้ชนิดอื่นดื่มเพื่อสุขภาพ

### น้ำบีทรูท

ข้อมูลจาก [www.tisi.go.th/otop/pdf\\_file/tcps278\\_47.pdf](http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps278_47.pdf) ให้ความหมายและกล่าวถึงน้ำบีทรูทไว้ดังนี้ น้ำบีทรูท หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำหัวบีทรูทสด ที่ไม่เน่าเสียล้างให้สะอาด ปอกเปลือกแล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น อาจนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ตีปั่นและกรองแยกกากได้น้ำบีทรูท อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก และอาจเติมสเตบิลไลเซอร์ หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำบีทรูทจัดเป็นน้ำผักที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง ซึ่งอุดมด้วยแหล่งน้ำตาลธรรมชาติ ที่ประกอบด้วย โขเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม ซัลเฟอร์ คลอรีน ไอโอดีน เหล็ก ทองแดง วิตามินบี 1 บี 2 ไนอะซิน วิตามินบี 6 วิตามินซี นอกจากนี้ น้ำบีทรูทยังอุดมด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย แต่มีแคลอรีต่ำ และมีโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่มีปริมาณสูงและคุณภาพดี

### ประโยชน์และคุณสมบัติในการบำบัดโรค

อมรรัตน์ สีสูกอง (2546 : 34-35) กล่าวถึงประโยชน์และคุณสมบัติของน้ำบีทรูทในการบำบัดโรคไว้ดังนี้ น้ำบีทรูทมีคุณค่าทางอาหารสูงอย่างมาก ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการทำให้ไตและถุงน้ำดีสะอาด ซึ่งน้ำบีทรูทอุดมด้วยแร่ธาตุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นต่าง ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ซึ่งมีประโยชน์ในการต่อต้านความเป็นกรดของเลือด และช่วยในกระบวนการกำจัดของเสียตามธรรมชาติของร่างกาย น้ำบีทรูทแดง มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการสร้างเลือดให้มีคุณภาพ เนื่องจากน้ำบีทรูทมีองค์ประกอบของเหล็กปริมาณสูง ซึ่งกระตุ้นให้เม็ดเลือดแดงนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย และช่วยในการทำหน้าที่ของระบบหายใจ คือ ทำให้มีเสียงลมหายใจปกติ ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการบำบัดภาวะโลหิตจาง ยังมีประโยชน์ในการบำบัดโรคดีซ่าน ตับอักเสบ ท้องร่วง และคลื่นไส้ อาเจียนเนื่องมาจากอาการท้องอืดท้องเฟ้อนอกจากนั้น น้ำบีทรูทยังมีคุณสมบัติในการบำบัดโรคท้องผูก โรคกรดสีดวงทวาร โรคเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนโลหิตโรคไต โรคถุงน้ำดี โรคผิวหนัง และโรครังแค

สารสีแดงในหัวบีทรูท คือ เบทานิน (betanin) เป็นกรดอะมิโนที่มีสรรพคุณยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกและมะเร็ง น้ำบีทรูทจึงมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักในฐานะรักษา มะเร็ง นอกจากนี้ยังช่วยทำให้เลือดลมดี และการไหลเวียนของโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ดีขึ้น

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมรรัตน์ สีสูกอง และคณะ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาถึงการหมักไวน์บีทรูทโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไวน์บีทรูท ตรวจสอบคุณลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของไวน์บีทรูทที่ผลิตได้ และหาสูตรไวน์บีทรูทที่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค ไวน์บีทรูทนี้เป็นเครื่องดื่มที่ได้จากการหมัก โดยมีน้ำบีทรูทและน้ำผลไม้เป็นสารอาหารหลัก จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ คือ *Saccharomyces cerevisiae* การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำบีทรูท และน้ำบีทรูทผสมน้ำผลไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 6 สูตร คือ สูตรที่ 1a, 2a, 3a, 1b, 2b, และ 1c โดยปรับค่า PH เริ่มต้นเป็น 3.74 – 4.17 หมักที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 วัน และได้เก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9 และ 11 ของการหมักเพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของแข็งทั้งหมด (องศาบริกซ์) พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด (%) และประมาณแอลกอฮอล์ (%) จากนั้นทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค จากการวิจัยพบว่า วันสุดท้ายของการหมักไวน์สูตรต่างๆ มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.04 – 3.35 ค่าความเป็นกรดทั้งหมด มีค่าอยู่ช่วง 0.38 – 0.52 เปอร์เซ็นต์ โดยไวน์สูตรที่ 1c มีค่าปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสุด (5.7 เปอร์เซ็นต์) จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไวน์บีทรูทผสมน้ำผลไม้ทั้ง 6 สูตร (ระดับคะแนน 1-5) ปรากฏว่าไวน์ทั้ง 6 สูตร มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ทางด้านปริมาณแอลกอฮอล์ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยไวน์สูตรที่ 3a ได้รับการยอมรับคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ปริมาณแอลกอฮอล์ และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยไวน์ 3c นี้มีคุณลักษณะทางเคมีในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 11) ดังนี้ ค่าพีเอช 3.19 ปริมาณกรดทั้งหมด 0.40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาล 14 องศาบริกซ์ และปริมาณแอลกอฮอล์ 7.4 เปอร์เซ็นต์

DEMİR และคณะ (2006 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาถึงผลความเข้มข้นของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* เริ่มต้นต่อคุณสมบัติบางประการของน้ำแครอทหมัก เนื่องจาก น้ำแครอทเป็นน้ำผักที่นิยมมากที่สุด และยังเป็นแหล่งกำเนิดของเบต้า-แคโรทีนทางธรรมชาติ น้ำผักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งแบบที่ผ่านการหมักและไม่หมัก แต่ถ้าผ่านการหมักก็หมักด้วยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก น้ำแครอทมีค่าคงที่ทางจุลชีววิทยา มีความอร่อย และมีศักยภาพคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่ง ในการศึกษาใช้ *Lactobacillus plantarum* เป็นกล้าเชื้อในการหมักน้ำแครอท และได้ศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัส ที่ความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้น  $3 \times 10^7$  cfu/g พบว่าน้ำแครอทหมักเป็นที่ชอบของผู้บริโภค ความเป็นกรดของน้ำแครอทหมักเปลี่ยนแปลงตามเชื้อเริ่มต้นที่ใช้หมักเป็นเวลา 15-16 ชั่วโมง

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

##### ก. วัสดุดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักน้ำปืทรุก

###### เครื่องมือ

1. รีเฟรคโตมิเตอร์ (Protoble รุ่น RHB-32 ATC)
2. ตู้บ่มเชื้อ (Memert รุ่น Schutzart DIN 40050-IP 20)
3. ฮอทเพลท (E.G.O.)
4. เครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebulliometer)
5. Vortex Mixer (Vision รุ่น KMC-1300V)
6. ตู้ปลอดเชื้อ (Clean v5-v6)
7. ตู้เย็น (SIC Songserm Inter Cool)
8. เครื่องชั่งละเอียด (Precisa xt 220A)
9. หม้อนึ่งความดัน (HIRAYAMA)

###### อุปกรณ์

1. ขวดตุเลน
2. กระจกตวง
3. ถ้วยพลาสติก
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. กระดาษทิชชู
6. กระดาษสติ๊กเกอร์
7. อะลูมิเนียมฟอยล์
8. ถาดอะลูมิเนียม
9. บีกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.2 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

##### การเตรียมน้ำสับปะรด

นำสับปะรดมาปอกเปลือก และนำมาคั้นเพื่อเอาน้ำสับปะรด บรรจุใส่ขวดนำไปแช่เย็น

#### 3.2.2 การเตรียมน้ำปีทราสำหรับการหมัก

วิธีการเตรียมน้ำปีทรา โดยใช้ น้ำปีทราทก่องตราทิปโก้ (Tipco) 25 เปอร์เซ็นต์ น้ำสับปะรดคั้น 25 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน ปรับความเข้มข้นของน้ำตาลให้ได้ 10 15 และ 20 องศาบริกซ์ แบ่งใส่ขวดจุกแบนขนาด 500 มิลลิลิตร และใส่หลอดทดลองหลอดละ 10 มิลลิลิตร นำมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

#### 3.2.3 การเตรียมน้ำเชื้อสำหรับการหมักน้ำปีทรา

##### 1. การเตรียมน้ำเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*

ใช้ลูปเปียเชื้อ *S. cerevisiae* มาสตรีกบนอาหารแข็ง PDA ในหลอดที่เตรียมแล้วปัมในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นำน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วละลายยีสต์ในหลอดจะได้สารละลายยีสต์

##### 2. การเตรียมน้ำเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

ใช้ลูปเปียเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมาสตรีกบนอาหารแข็ง MRS ในจานเลี้ยงเชื้อนำไปปัมในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง และใช้ลูปเปียเชื้อแบคทีเรียที่ได้มา 1 ลูป เต็มๆ ละลายในน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วจะได้สารละลายเชื้อแบคทีเรีย

3. การเตรียมน้ำเชื้อ นำสารละลายยีสต์ตามข้อ 1 และ 2 ผสมให้เข้ากัน แล้วนำมาใส่ในน้ำสำหรับการหมักที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2.2 เขย่าให้เข้ากัน และหมักไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง

#### 3.2.4. การหมักน้ำปีทรา

นำน้ำปีทราที่เตรียมไว้ในข้อที่ 3.2.2 นำมาเติมก้ำเชื้อตามข้อ 3 (5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) และนำไปปัมในตู้บ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ผลที่อายุการหมัก 0 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.5. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 3.1 วิเคราะห์ปริมาณบรีคซ์โดยใช้เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer)
- 3.2 วิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้กระดาษวัดพีเอช
- 3.3 วิเคราะห์ค่าปริมาณกรดแลคติกโดยวิธีการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล
- 3.4 ตรวจสอบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี Viable plate count
- 3.5 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

### 3.2.6. การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำปีทรุทหมัก

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำปีทรุทหมักในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส Hedonic Scales Scoring Test โดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนและเลือกสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุดไปศึกษาต่อ

### 3.2.7. การทดสอบอายุการเก็บรักษา

นำน้ำปีทรุทสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุดนำมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และส่วนที่ 2 ไม่พาสเจอร์ไรซ์ และนำมาเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 8 °C พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ที่อายุ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน และทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากน้ำปีทรุทหมักที่อายุการเก็บรักษา 3 9 และ 15 วัน

## 3.3 สถานที่วิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ (ต.140 อาคารปฏิบัติการจอมไตร) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนเมษายน — เดือนกันยายน พ.ศ.2550

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาน้ำหมักบีทรูทโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก และ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งทำการทดลองโดยใช้กล้าเชื้อในรูปของเชื้อสด และการนำน้ำบีทรูทหมักมาใช้เป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงหมักน้ำบีทรูทแล้วศึกษาอายุการเก็บรักษาเปรียบเทียบระหว่างน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างเก็บรักษา 3 9 และ 15 วัน ผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 การหมักน้ำบีทรูทโดยใช้กล้าเชื้อในรูปของเชื้อสด และการนำน้ำบีทรูทหมักมาใช้เป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 และ 2 ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาพบว่าการใช้น้ำบีทรูทหมักเป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 ได้ผลดีที่สุด รองลงมา คือ กล้าเชื้อสด และการใช้น้ำบีทรูทหมักเป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งได้จากผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และจำนวนแบคทีเรีย

เมื่อนำน้ำบีทรูทหมักมาทดสอบด้านประสาทสัมผัสเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลพบว่า ผู้บริโภคยอมรับความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มากที่สุด เนื่องจากมีความหวานในระดับปานกลาง โดยผลการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

**ตารางที่ 4** ค่าพีเอช เปรอร์เซ็นต์บริกซ์ เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยให้ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 เปรอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ลักษณะการใช้กล้าเชื้อ	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
พีเอช	เชื้อสด	4	3.5	4.5	4.5	4
	น้ำบิทรูทหมัก 1	4	5	5	4.5	4
	น้ำบิทรูทหมัก 2	4.5	5	5	4.5	4
บริกซ์ (%)	เชื้อสด	10	9	9	8	8
	น้ำบิทรูทหมัก 1	10	10	9	8	7
	น้ำบิทรูทหมัก 2	10	9	9	8	7
กรดแลคติก (%)	เชื้อสด	0.29	0.29	0.29	0.29	0.49
	น้ำบิทรูทหมัก 1	0.19	0.19	0.29	0.29	0.39
	น้ำบิทรูทหมัก 2	0.29	0.29	0.39	0.49	0.49
จำนวนเซลล์ยีสต์ (โคโลนิ/มล)	เชื้อสด	$9.9 \times 10^4$	$4.96 \times 10^5$	$1.04 \times 10^6$	$1.96 \times 10^6$	$2.09 \times 10^6$
	น้ำบิทรูทหมัก 1	$3.4 \times 10^5$	$3.87 \times 10^5$	$1.33 \times 10^6$	$1.19 \times 10^6$	$2.21 \times 10^6$
	น้ำบิทรูทหมัก 2	$6.5 \times 10^4$	$5.2 \times 10^5$	$5.1 \times 10^5$	$8.0 \times 10^5$	$1.0 \times 10^6$
จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนิ/มล)	เชื้อสด	$3 \times 10^5$	$1.5 \times 10^7$	$1.69 \times 10^{10}$	$2.35 \times 10^{11}$	$2.5 \times 10^{12}$
	น้ำบิทรูทหมัก 1	$2.5 \times 10^8$	$1.0 \times 10^7$	$1.49 \times 10^9$	$1.33 \times 10^{11}$	$2.9 \times 10^{12}$
	น้ำบิทรูทหมัก 2	$1.9 \times 10^5$	$2.49 \times 10^9$	$9.9 \times 10^5$	$1.57 \times 10^{11}$	$2.77 \times 10^{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5** ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้เวลาหมักของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ลักษณะการใช้กล้าเชื้อ	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
พีเอช	เชื้อสด	4	3.5	4	4	4
	น้ำบิทรูทหมัก 1	4.5	5	5	4	4
	น้ำบิทรูทหมัก 2	4	5	5	4.5	4
บริกซ์ (%)	เชื้อสด	15	14	13	12	12
	น้ำบิทรูทหมัก 1	15	14	13	12	11
	น้ำบิทรูทหมัก 2	15	14	14	13	13
กรดแลคติก (%)	เชื้อสด	0.29	0.29	0.29	0.29	0.49
	น้ำบิทรูทหมัก 1	0.19	0.19	0.29	0.39	0.49
	น้ำบิทรูทหมัก 2	0.29	0.29	0.39	0.49	0.58
จำนวนเซลล์ยีสต์ (โคโลนี/มล)	เชื้อสด	$4.3 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	$1.27 \times 10^6$	$1.0 \times 10^5$	$1.72 \times 10^6$
	น้ำบิทรูทหมัก 1	$0.5 \times 10^5$	$3.57 \times 10^5$	$9.1 \times 10^5$	$9.7 \times 10^5$	$2.04 \times 10^6$
	น้ำบิทรูทหมัก 2	$0.5 \times 10^5$	$3.57 \times 10^5$	$9.1 \times 10^5$	$9.7 \times 10^5$	$2.04 \times 10^6$
จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี/มล)	เชื้อสด	$9.8 \times 10^6$	$1.62 \times 10^9$	$1.92 \times 10^9$	$2.97 \times 10^{14}$	$3.49 \times 10^{12}$
	น้ำบิทรูทหมัก 1	$1.6 \times 10^6$	$2.30 \times 10^9$	$1.88 \times 10^{10}$	$1.55 \times 10^{11}$	$9.9 \times 10^{11}$
	น้ำบิทรูทหมัก 2	$1.12 \times 10^7$	$1.88 \times 10^9$	$5.15 \times 10^{10}$	$1.27 \times 10^{11}$	$1.15 \times 10^{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 6** ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรีย เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำปีทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยให้ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์	ลักษณะการใช้กล้าเชื้อ	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
พีเอช	เชื้อสด	4	3.5	3.5	3.5	4
	น้ำปีทรูทหมัก 1	4.5	5	5	4	4
	น้ำปีทรูทหมัก 2	4	5	4.5	4.5	4
บริกซ์ (%)	เชื้อสด	20	19	18	17	16
	น้ำปีทรูทหมัก 1	20	19	18	16	15
	น้ำปีทรูทหมัก 2	20	18	18	17	17
กรดแลคติก (%)	เชื้อสด	0.39	0.39	0.49	0.49	0.59
	น้ำปีทรูทหมัก 1	0.19	0.29	0.29	0.39	0.39
	น้ำปีทรูทหมัก 2	0.29	0.29	0.39	0.49	0.58
จำนวนเซลล์ยีสต์ (โคโลนี/มล)	เชื้อสด	$2.8 \times 10^4$	$6.1 \times 10^5$	$1.36 \times 10^6$	$1.5 \times 10^5$	$1.74 \times 10^6$
	น้ำปีทรูทหมัก 1	$0.8 \times 10^5$	$2.75 \times 10^5$	$1.19 \times 10^6$	$1.47 \times 10^6$	$1.73 \times 10^6$
	น้ำปีทรูทหมัก 2	$2.2 \times 10^4$	$3.2 \times 10^5$	$3.9 \times 10^5$	$1.01 \times 10^6$	$1.22 \times 10^6$
จำนวนแบคทีเรีย (โคโลนี/มล)	เชื้อสด	$2.42 \times 10^7$	$1.20 \times 10^9$	$7.1 \times 10^9$	$7.17 \times 10^{11}$	$3.3 \times 10^{11}$
	น้ำปีทรูทหมัก 1	$2.21 \times 10^7$	$1.39 \times 10^9$	$1.60 \times 10^{10}$	$1.32 \times 10^{11}$	$4.5 \times 10^{11}$
	น้ำปีทรูทหมัก 2	$2.07 \times 10^7$	$1.32 \times 10^9$	$9.15 \times 10^9$	$1.51 \times 10^{11}$	$1.24 \times 10^{12}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 7** เปรอร์เซ็นต์บรีกซ์ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ เมื่อใช้  
กล้าเชื้อสด น้ำปีทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24  
ชั่วโมง

ลักษณะการใช้ กล้าเชื้อ	ทริทเมนต์	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
เชื้อสด	1	10	9	9	8	8
	2	15	14	13	12	12
	3	20	19	18	17	16
น้ำปีทรูทหมัก ครั้งที่ 1	1	10	10	9	8	7
	2	15	14	13	12	11
	3	20	19	18	16	15
น้ำปีทรูทหมัก ครั้งที่ 2	1	10	9	9	8	7
	2	15	14	14	13	13
	3	20	18	18	17	17

หมายเหตุ : ทริทเมนต์ที่ 1 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 เปรอร์เซ็นต์

: ทริทเมนต์ที่ 2 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปรอร์เซ็นต์

: ทริทเมนต์ที่ 3 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 เปรอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4 5 และ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช เปรอร์เซ็นต์บรีกซ์ เปรอร์เซ็นต์กรด  
แลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์ และจำนวนแบคทีเรีย พบว่ามีความแตกต่างด้านเปรอร์เซ็นต์บรีกซ์  
เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ยีสต์ ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

จากตารางที่ 7 เปรอร์เซ็นต์บรีกซ์เริ่มต้นของน้ำปีทรูทหมักโดยใช้กล้าเชื้อสดในทริทเมนต์  
ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่ออายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง  
เปรอร์เซ็นต์มีค่าลดลงเท่ากับ 8 12 และ 16 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใช้กล้าเชื้อจากน้ำปีทรูทหมักครั้งที่ 1 เปรอร์เซ็นต์บรีกซ์เริ่มต้นในทริทเมนต์ที่ 1 2  
และ 3 เท่ากับ 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่ออายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง  
เปรอร์เซ็นต์บรีกซ์ มีค่าลดลงเท่ากับ 7 11 และ 15 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใช้กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 เปรอร์เซ็นต์บริกซ์เริ่มต้นในทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่ออายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เปรอร์เซ็นต์บริกซ์มีค่าลดลงเท่ากับ 7 13 และ 17 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของเปรอร์เซ็นต์บริกซ์เริ่มต้นในการหมัก 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ พบว่า กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เปรอร์เซ็นต์บริกซ์มีค่ามากกว่า กล้าเชื้อจากเชื้อสด และ น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1

**ตารางที่ 8** เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกในความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้ น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง

ลักษณะการใช้ กล้าเชื้อ	ทริทเมนต์	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
เชื้อสด	1	0.29	0.29	0.29	0.29	0.49
	2	0.29	0.29	0.29	0.29	0.49
	3	0.39	0.39	0.49	0.49	0.59
น้ำบิทรูทหมัก ครั้งที่ 1	1	0.19	0.19	0.29	0.29	0.39
	2	0.19	0.19	0.29	0.39	0.49
	3	0.19	0.29	0.29	0.39	0.39
น้ำบิทรูทหมัก ครั้งที่ 2	1	0.29	0.29	0.39	0.49	0.49
	2	0.29	0.29	0.39	0.49	0.58
	3	0.29	0.29	0.39	0.49	0.58

จากตารางที่ 8 เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นของน้ำบิทรูทหมักโดยใช้กล้าเชื้อสดในทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.29 0.29 และ 0.39 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกของทริทเมนต์ที่ 1 และทริทเมนต์ที่ 2 เพิ่มขึ้นเท่ากัน คือ 0.49 เปรอร์เซ็นต์ ส่วนทริทเมนต์ที่ 3 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.59 เปรอร์เซ็นต์

น้ำบิทรูทหมักโดยใช้กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นในทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากัน คือ 0.19 เปรอร์เซ็นต์ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง ทริทเมนต์ที่ 1 และ 3 เพิ่มขึ้นเท่ากัน คือ 0.39 เปรอร์เซ็นต์ ส่วนทริทเมนต์ที่ 2 เพิ่มขึ้นมากกว่า คือ 0.49 เปรอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นในทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากัน คือ 0.29 เปรอร์เซ็นต์ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง ลดลงเท่ากับ 0.49 0.58 และ 0.58 เปรอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของเปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เปรอร์เซ็นต์บริกซ์ 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ พบว่า กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เปรอร์เซ็นต์กรดแลคติกมากกว่ากล้าเชื้อสด และ น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1

**ตารางที่ 9** จำนวนเซลล์ยีสต์ในความเข้มข้น 10 15 และ 20 เปรอร์เซ็นต์ เมื่อใช้กล้าเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง

ลักษณะการใช้ กล้าเชื้อ	ทริทเมนต์	อายุการหมัก (ชั่วโมง)				
		0	6	12	18	24
เชื้อสด (โคโลนี/มล)	1	$9.9 \times 10^4$	$4.96 \times 10^5$	$1.04 \times 10^6$	$1.96 \times 10^6$	$2.09 \times 10^6$
	2	$4.3 \times 10^4$	$8.7 \times 10^5$	$1.27 \times 10^6$	$1.0 \times 10^5$	$1.72 \times 10^6$
	3	$2.8 \times 10^4$	$6.1 \times 10^5$	$1.36 \times 10^6$	$1.5 \times 10^5$	$1.74 \times 10^6$
น้ำบิทรูทหมัก ครั้งที่ 1 (โคโลนี/มล)	1	$3.4 \times 10^5$	$3.87 \times 10^5$	$1.33 \times 10^6$	$1.19 \times 10^6$	$2.21 \times 10^6$
	2	$0.5 \times 10^5$	$3.57 \times 10^5$	$9.1 \times 10^5$	$9.7 \times 10^5$	$2.04 \times 10^6$
	3	$0.8 \times 10^5$	$2.75 \times 10^5$	$1.19 \times 10^6$	$1.47 \times 10^6$	$1.73 \times 10^6$
น้ำบิทรูทหมัก ครั้งที่ 2 (โคโลนี/มล)	1	$6.5 \times 10^4$	$5.2 \times 10^5$	$5.1 \times 10^5$	$8.0 \times 10^5$	$1.0 \times 10^6$
	2	$5.5 \times 10^4$	$4.0 \times 10^5$	$8.1 \times 10^5$	$7.8 \times 10^5$	$8.0 \times 10^5$
	3	$2.2 \times 10^4$	$3.2 \times 10^5$	$3.9 \times 10^5$	$1.01 \times 10^6$	$1.22 \times 10^6$

จากตารางที่ 9 จำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นของน้ำบิทรูทหมักโดยใช้กล้าเชื้อสดในทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ  $9.9 \times 10^4$   $4.3 \times 10^4$  และ  $2.8 \times 10^4$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง จำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นเท่ากับ  $2.09 \times 10^6$   $1.72 \times 10^6$  และ  $1.74 \times 10^6$  โคโลนี/มล ตามลำดับ

การใช้กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 จำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นใน ทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ  $3.4 \times 10^5$   $0.5 \times 10^5$  และ  $0.8 \times 10^5$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเท่ากับ  $2.21 \times 10^6$   $2.04 \times 10^6$  และ  $1.73 \times 10^6$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ

การใช้กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 จำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นใน ทริทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ  $6.5 \times 10^4$   $5.5 \times 10^4$  และ  $2.2 \times 10^4$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเท่ากับ  $1.0 \times 10^6$   $8.0 \times 10^5$  และ  $1.22 \times 10^6$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของจำนวนเซลล์ยีสต์ที่เปอร์เซ็นต์บrikซ์เริ่มต้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กล้าเชื้อจากน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ยีสต์ มีค่ามากกว่ากล้าเชื้อสด และ น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1

จากการศึกษาวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์บrikซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และ จำนวนเซลล์ยีสต์ ในน้ำบิทรูทหมักเมื่อใช้กล้าเชื้อจากเชื้อสด การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 1 และ 2 โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง สรุปได้ว่า กิจกรรมการหมักจากการใช้น้ำบิทรูทหมักเป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 เกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมา คือ กล้าเชื้อสด และเกิดกิจกรรมการหมักน้อยที่สุด คือ การใช้น้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 และเมื่อนำน้ำบิทรูทหมักครั้งที่ 2 มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ ผลการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสแสดงในหัวข้อที่ 4.2

#### 4.2 การหมักน้ำบิทรูทเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม

**ตารางที่ 10** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมัก ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

ทริทเมนต์	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส				ความชอบรวม
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
1 : น้ำตาลเริ่มต้น 10 %	7.19	6.78	6.41	6.68	6.71
2 : น้ำตาลเริ่มต้น 15 %	7.98	8.04	7.91	7.71	8.16
3 : น้ำตาลเริ่มต้น 20 %	7.53	7.28	7.68	7.40	7.68

จากตารางที่ 10 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมัก ผู้บริโภคยอมรับ ทริทเมนต์ที่ 2 มากกว่า ทริทเมนต์ที่ 1 และ 3 ในทุกด้าน คือ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม เท่ากับ 7.98 8.04 7.91 7.71 และ 8.16 ตามลำดับ

จากการศึกษาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมักสรุปได้ว่า ผู้บริโภคยอมรับน้ำบิทรูทหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด จึงนำสูตรที่ได้รับการยอมรับนี้ไปทดสอบอายุการเก็บรักษาโดยการเปรียบเทียบการเก็บรักษาระหว่างน้ำบิทรูทหมักชนิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งได้วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เพิ่มเติม และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดตามข้อ 4.3

#### 4.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้ำบิทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์

4.3.1 การเปรียบเทียบการเก็บรักษา ระหว่างน้ำบิทรูทหมัก ชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์

**ตารางที่ 11** ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จำนวนเซลล์ยีสต์ และจำนวนแบคทีเรีย ระหว่างน้ำบิทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน

ทริท เมนต์	การวิเคราะห์	อายุการเก็บรักษา (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
1	พีเอช	4	4	4	4	4	4
	บริกซ์ (%)	13	13	13	13	13	13
	กรดแลคติก (%)	0.39	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	แอลกอฮอล์ (%)	1.90	1.95	1.95	2.30	2.30	2.70
	จำนวนเซลล์ยีสต์	$2 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$	$1.69 \times 10^6$	$2.32 \times 10^6$	$2.43 \times 10^6$	$2.09 \times 10^6$
	จำนวนแบคทีเรีย	$4.28 \times 10^{11}$	$6 \times 10^9$	$6.4 \times 10^{11}$	$5 \times 10^{11}$	-	-
2	พีเอช	4	4	4	4	4	4
	บริกซ์ (%)	13	13	13	13	13	13
	กรดแลคติก (%)	0.39	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
	แอลกอฮอล์ (%)	1.90	1.95	2.05	1.95	2.0	1.95
	จำนวนเซลล์ยีสต์	$1.9 \times 10^5$	$3.6 \times 10^6$	$8.1 \times 10^5$	$1.4 \times 10^5$	$1.63 \times 10^6$	$1.04 \times 10^6$
	จำนวนแบคทีเรีย	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : ทริทเมนต์ที่ 1 น้ำหมักบิทรูทไม่พาสเจอร์ไรส์

ทริทเมนต์ที่ 2 น้ำหมักบิทรูทพาสเจอร์ไรส์

จำนวนเซลล์ยีสต์ = : โคโลนี / มิลลิลิตร

จำนวนแบคทีเรีย = : โคโลนี / มิลลิลิตร

จากตารางที่ 11 ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ทั้ง 2 ทริทเมนต์ มีค่าเท่ากันทุกอายุการเก็บรักษา คือ 4 13 และ 0.44 ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.9 เปอร์เซ็นต์ และที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 2.70 และ 1.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นในทริทเมนต์ที่ 1 และ 2 เท่ากับ  $2.0 \times 10^6$  และ  $1.9 \times 10^6$  โคโลนี/มล. ตามลำดับ ในทริทเมนต์ที่ 1 จำนวนยีสต์เพิ่มขึ้นมากกว่าทริทเมนต์ที่ 2 เห็นได้ชัดเจนจากอายุการเก็บรักษาที่ 15 วัน ระหว่าง  $2.09 \times 10^6$  กับ  $1.04 \times 10^6$  โคโลนี/มล. และจำนวนแบคทีเรีย ในทริทเมนต์ที่ 1 อายุการเก็บเท่ากับ  $4.28 \times 10^{11}$  โคโลนี/มล. ส่วนแบคทีเรียมีกิจกรรมการหมักจนถึงอายุการหมัก 9 วัน เท่ากับ  $5 \times 10^{11}$  ส่วนในทริทเมนต์ที่ 2 ไม่พบแบคทีเรียที่อายุการหมัก 0-15 วัน

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จำนวนเซลล์ยีสต์ และจำนวนแบคทีเรียระหว่างการเก็บรักษา พบว่ามีความแตกต่างด้านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ จำนวนเซลล์ยีสต์ และ จำนวนแบคทีเรีย ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าในน้ำบิทูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์ เกิดกิจกรรมการหมักมากกว่าน้ำบิทูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้น จึงทดสอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มเติม เพื่อหาการยอมรับระหว่างน้ำบิทูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการหมัก 3 9 และ 15 วัน ผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส น้ำบิทูทหมัก

**ตารางที่ 12** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างน้ำบิทูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 3 9 และ 15 วัน

อายุการเก็บรักษา (วัน)	ทริทเมนต์	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส				ความชอบรวม
		สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
3	1	8.64	7.54	7.76	7.90	8.00
	2	7.51	7.39	7.13	7.49	7.47
9	1	8.23	7.92	8.21	8.32	8.30
	2	7.17	7.44	7.28	7.44	6.87
15	1	8.02	7.10	6.31	7.03	6.92
	2	7.20	7.49	7.90	7.82	7.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ทริทเมนต์ที่ 1 น้ำบิทรูทหมักไม่พาสเจอร์ไรส์  
ทริทเมนต์ที่ 2 น้ำบิทรูทหมักพาสเจอร์ไรส์

จากตารางที่ 12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมักที่อายุการหมัก 3 วัน ผู้บริโภคยอมรับทริทเมนต์ที่ 1 มากกว่าทริทเมนต์ที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบ คือ ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม เท่ากับ 8.64 7.54 7.76 7.90 และ 8.00 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะสีสวย กลิ่นหอม รสชาติหวานพอดี มีแอลกอฮอล์ และมีความซ่าเป็นกรดเล็กน้อย

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมักที่อายุการหมัก 9 วัน ผู้บริโภคยอมรับทริทเมนต์ที่ 1 มากกว่าทริทเมนต์ที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบ คือ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม เท่ากับ 8.23 7.92 8.21 8.32 และ 8.30 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะสีสวย กลิ่นหอม รสชาติหวานพอดี มีแอลกอฮอล์ มีความซ่าและเป็นกรดปานกลาง

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำบิทรูทหมัก ที่อายุการหมัก 15 วัน ผู้บริโภคยอมรับ ทริทเมนต์ที่ 2 มากกว่า ทริทเมนต์ที่ 1 โดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบ คือ ด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมเท่ากับ 7.49 7.90 7.82 และ 7.95 ตามลำดับ ส่วนด้านสี ผู้บริโภคยอมรับ ทริทเมนต์ที่ 1 มากกว่าทริทเมนต์ที่ 2 คือ 8.02 โดยในทริทเมนต์ที่ 2 ผู้บริโภคยอมรับมากกว่า อาจเป็นเพราะกลิ่นแอลกอฮอล์ไม่แรงจนเกินไป

จากการศึกษาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างน้ำบิทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ที่อายุการหมัก 3 9 และ 15 วัน พบว่าผู้บริโภครับน้ำบิทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์ที่อายุการหมัก 3 และ 9 วัน มากกว่าน้ำบิทรูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ในทุกๆ ด้าน แต่อายุการหมักที่ 15 วัน ผู้บริโภครับน้ำบิทรูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ มากกว่าไม่พาสเจอร์ไรส์เกือบทุกด้านยกเว้นด้านสี ซึ่งผลการทดสอบนี้จะเห็นได้ว่า ถ้าจะรับประทานน้ำบิทรูทหมักชนิดไม่ต้องพาสเจอร์ไรส์ต้องรับประทานในช่วงที่ไม่เกิน 10 วัน แต่ถ้าต้องเก็บไว้รับประทานเกิน 10 วัน ต้องพาสเจอร์ไรส์

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาน้ำบีทรูทหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก และยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยใช้ในรูปของเชื้อสด และการนำน้ำบีทรูทหมักมาใช้เป็นกล้าเชื้อครั้งที่ 1 และ 2 ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 6 12 18 24 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมด้านประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงทำการเก็บรักษาที่อายุ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์และทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษา 3 6 และ 15 วัน ผลการศึกษารูปได้ดังนี้

1. การคัดเลือกกล้าเชื้อ พบว่ากล้าเชื้อจากน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 1 มีกิจกรรมการหมักดีกว่ากล้าเชื้อสด และกล้าเชื้อจากน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 2 โดยที่อายุการหมัก 24 ชั่วโมง มีค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์และแบคทีเรียกรดแลคติกเท่ากับ 4 7 0.39 2.21 x 10<sup>6</sup> 2.9 x 10<sup>12</sup> โคโลนี/มล. ตามลำดับ และการหมักน้ำบีทรูทเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม ใช้วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคยอมรับ ทริทเมนต์ที่ 2 มากที่สุด คือ น้ำบีทรูทหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์โดยมีค่าเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 7.98 8.04 7.91 7.71 และ 8.16 ตามลำดับ

2. การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน พบว่า ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ มีค่าเท่ากันทุกอายุการเก็บรักษา คือ 4 13 และ 0.44 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์เริ่มต้น เท่ากับ 1.9 เปอร์เซ็นต์ และที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 2.70 และ 1.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนจำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้นเท่ากับ 2.0 x 10<sup>6</sup> และ 1.9 x 10<sup>5</sup> โคโลนี/มล. ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน จำนวนเซลล์ยีสต์เพิ่มขึ้นเป็น 2.09 x 10<sup>6</sup> กับ 1.04 x 10<sup>6</sup> โคโลนี/มล. ตามลำดับ จำนวนแบคทีเรีย ในน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์ เริ่มต้นเท่ากับ 4.28 x 10<sup>11</sup> แบคทีเรียเกิดกิจกรรมการหมักจนถึงอายุการหมัก 9 วัน มีจำนวนเซลล์เท่ากับ 5 x 10<sup>11</sup> โคโลนี/มล. ส่วนในชนิดที่พาสเจอร์ไรส์ไม่พบแบคทีเรียทุกอายุการเก็บรักษา ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาการยอมรับระหว่างน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการหมัก 3 9 และ 15 วัน พบว่า ที่อายุการหมัก 3 และ

เอกรังสีโดยให้แสงสีฟ้าและสีม่วงแก่เซลล์และเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในการคัดกรองสารพิษในน้ำดื่มและน้ำดื่มบรรจุขวดที่มีคุณภาพสูง การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 วัน ผู้บริโภคมารับ น้ำปีทูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์มากกว่า น้ำปีทูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ โดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม ที่อายุการเก็บรักษา 9 วัน เท่ากับ 8.23 7.92 8.21 8.32 และ 8.30 ตามลำดับ เป็นเพราะว่า สีสวย กลิ่นหอม รสชาติหวานพอดี มีแอลกอฮอล์ มีความซ่าและเป็นกรดปานกลาง แต่อายุการเก็บรักษา 15 วัน ผู้บริโภคมารับน้ำปีทูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์มากกว่าน้ำปีทูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์ โดยมีค่าเฉลี่ยในด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบรวม เท่ากับ 7.49 7.90 7.82 และ 7.95 ตามลำดับ อาจเป็นเพราะกลิ่นแอลกอฮอล์ไม่แรงจนเกินไป จากผลการทดสอบนี้จะเห็นได้ว่าถ้าจะรับประทานน้ำปีทูทหมักชนิดไม่ต้องพาสเจอร์ไรส์ต้องรับประทานในช่วงที่ไม่เกิน 10 วัน แต่ถ้าเก็บไว้รับประทานเกิน 10 วัน ต้องพาสเจอร์ไรส์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการนำน้ำปีทูทหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรมีการวัดเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในทุกขั้นตอนเพื่อที่จะได้ผลการทดลองที่สมบูรณ์
2. หากมีการนำน้ำปีทูทหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อในขั้นตอนการคัดเลือกสูตรทดสอบทางประสาทสัมผัส ควรใช้กล้าเชื้อให้ครบทั้ง 3 ประเภท เพราะจะได้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในสูตรของกล้าเชื้อที่ผู้บริโภคมารับมากที่สุดครบถ้วน
3. หากจะมีการนำน้ำปีทูทหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรคิดค้นวิธีการเก็บรักษาหลายๆวิธีเพื่อจะได้ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำปีทูทหมักได้นานกว่านี้

## บรรณานุกรม

- กระบวนการหมักแอลกอฮอล์. แหล่งที่มา: [http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic\\_fermentation.htm](http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/st2545/5-5/no21/alcoholic_fermentation.htm), 2 พฤศจิกายน 2550.
- คุณค่าทางโภชนาการบีทรูท. แหล่งที่มา: [www.indiangyan.com/books/healthbooks/food\\_that\\_hael/beet\\_root.shtml](http://www.indiangyan.com/books/healthbooks/food_that_hael/beet_root.shtml) . 5 พฤศจิกายน 2550.
- ช่อฟ้า ทองไทย และคณะ. 2549. พจนานุกรมเทคโนโลยีชีวภาพอังกฤษ-ไทย. กรุงเทพฯ: สันทวีกิจ พรินติ้ง. 107 น.
- น้ำบีทรูท. แหล่งที่มา: [www.tisi.go.th/otop/pdf\\_file/tcps278\\_47.pdf](http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps278_47.pdf). 5 มกราคม 2551.
- บีทรูท. แหล่งที่มา: <http://naichef.50megs.com/beat.html>, 22 ตุลาคม 2550.
- บีทรูท. แหล่งที่มา: <http://www.pop.co.th/food/coffee.phtml?status=coffee,1665,TH&page=8>, 2 พฤศจิกายน 2550.
- บีทรูท. แหล่งที่มา: <http://www.doikham.com>. 2 พฤศจิกายน 2550.
- ปีนมณี ขวัญเมือง. 2547. แบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. ปีที่ 3. ฉบับที่ 1. น. 62-69
- ปีนมณี ขวัญเมือง. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 85 น.
- ปีนมณี ขวัญเมือง. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการหมัก. กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 147 น.
- ผักกาดแดง. แหล่งที่มา: [http://www.rspg.thaigov.net/plants\\_data/use/color3-5.htm](http://www.rspg.thaigov.net/plants_data/use/color3-5.htm), 22 ตุลาคม 2550.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2539. เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร หน่วย 8-15. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 328 น.
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. จุดชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. 315 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีวะวิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ชัยเจริญ.
- สุรรัตน์ เงินดวง. 2545. การศึกษาแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตแบคทีเรียเทอร์โมโอฟิลินจากอาหารหมัก.  
วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อมรรัตน์ สีสุทอง นาฏลดดา อ่อนวิมล และศรีสุตา หาญภาคภูมิ. 2546. การผลิตไวน์บีทรูท.  
ปริญญาานิพนธ์ วท.บ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
- DEMİR, NİLAY; BAHÇECİ, K. SAVAS; ACAR, JALE. 2006. The effects of different initial  
Lactobacillus plantarum concentration on some properties of fermented carrot juice.  
Journal of Food Processing. 36(3): 352-362
- Lactobacillus pentosus. แหล่งที่มา [http://www.Cababstractsplus.org/google/abstract.aps?AcNo=](http://www.Cababstractsplus.org/google/abstract.aps?AcNo=20053107655)  
20053107655, 4 มีนาคม 2551.
- Lactobacillus pentosus. แหล่งที่มา <http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4506011.pdf>, 4 มีนาคม  
2551
- Wood, B.J.B. and Holzappel. 1995. The Genera Of Lactic Acid Bacteria. New York:St.  
Edmundstury Press.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

#### 1. สูตรอาหาร Lactobacillus MRS Agar (MRS)

	กรัม /ลิตร
1. Proteose peptone	10
2. Beef Extract	10
3. Yeast Extract	5
4. Dextrose	20
5. Polysorbate 80	1
6. Ammouium citrate	2
7. Sodium acetate	5
8. Magnesium sulphate	0.1
9. Manganese sulphate	0.05
10. Dipotassium phosphate	2
11. Agar	1.5%

#### 2. สูตรอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)

	กรัม /ลิตร
1. potatoes infusion from	200.00
2. Dextrose	20.00
3. Agar	15.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### วิธีการเลี้ยงและแยกเชื้อจุลินทรีย์

#### 1. Spread plate technique

ทำการเจือจางโดยใช้ปิเปตดูดตัวอย่างมา 1 ml. เติมลงในน้ำกลั่น 9 ml. เขย่าให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างของค่าเจือจางที่เหมาะสม (Dilution) เช่น  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$  อย่างละ 0.1 ml. ใส่ในงานเพาะเชื้อที่เทอาหารแข็งล่วงหน้าไว้ก่อน 1 วัน แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากแอลกอฮอล์ไฟเพื่อฆ่าเชื้อ ทิ้งไว้สักครู่ให้เย็น เกลี่ยตัวอย่างให้แผ่กระจายทั่วผิวน้ำของอาหารแข็งซึ่งทำได้โดยใช้มือหนึ่งช่วยหมุนจาน โดยแตะแท่งแก้วไว้บนผิวน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อพร้อมทั้งผลัดจานหมุนไปรอบๆ ระวังอย่าให้วุ้นแตก หลังจากนั้นวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20 นาที เพื่อให้สารละลายตัวอย่างแห้งซึมเข้าในวุ้นให้หมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของเชื้อเจริญบนอาหารแข็งทั้งหมด

## ภาคผนวก ค

### การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

#### 1. หม้อนิ่งความดัน (Autoclave)

1. ใส่น้ำสะอาดลงในเครื่อง Autoclave พอประมาณอย่าให้ท่วมจานวางตะกร้า
2. เสียบปลั๊กไฟตัวเครื่องให้เรียบร้อย นำของที่ต้องการฆ่าเชื้อใส่ลงไปในตะกร้าและใส่ของลงไปใน Autoclave
3. กดปุ่ม Power ไปที่ On
4. เช็คปุ่ม Exhaust ให้อยู่ที่ Close
5. กดปุ่ม Mode แล้วกดปุ่ม Temp หน้าเป็นโชว์เลข "121" ถ้าต้องการเปลี่ยนอุณหภูมิ ตัวเลขให้กดลูกศร "▼" เมื่อต้องการปรับอุณหภูมิขึ้นและลูกศร "▲" เมื่อต้องการปรับอุณหภูมิลง
6. กดปุ่ม "Start Time" เป็นเวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อโดยปกติตั้งค่าไว้ที่ 15 นาที แต่ถ้าต้องการแก้ไขสามารถเปลี่ยนค่า ตั้งขึ้นหรือลงได้เช่นเดียวกันกับข้อ 6
7. กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการใช้งาน
8. ให้อินรอกว่าไม่มีเสียงอะไรผิดปกติและตัวเลขของอุณหภูมิขึ้นจึงเดินออกไปได้  
ข้อควรระวังในการใช้งาน
  1. ตรวจสอบอุณหภูมิให้ได้ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
  2. เวลาฆ่าเชื้อเสร็จแล้วไม่ควรเปิดฝาทันที ควรรอให้สเกลความดันลดลงถึง "0" ก่อนเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน จึงจะเปิดฝาทันทีได้

#### 2. ตู้บ่มเชื้อ

1. เสียบปลั๊กเพื่อจ่ายเข้าเครื่อง
2. เปิดสวิตช์โดยหมุนปุ่ม Power จาก "0" มาที่ "I"
3. กดปุ่ม Set ค้างไว้แล้วหมุนปรับอุณหภูมิ "🌀" ได้ตามต้องการใช้งาน (ไม่ควรเกิน limit ของเครื่องคือประมาณ 70 องศาเซลเซียส)
4. เมื่อใช้งานเสร็จแล้วหมุนปุ่ม Power มาที่ "0" เพื่อเปิดสวิตช์ให้เรียบร้อย
5. ถอดปลั๊กออกทุกครั้งเมื่อใช้งานเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

## Hedonic Scales Soering Test

ชื่อผลิตภัณฑ์ คีเฟอร์น้ำผักผลไม้

วันที่ .....

ชื่อผู้ทดสอบ.....เวลา .....

คำชี้แจง

โปรดทดสอบการยอมรับของตัวอย่างในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ โดยทดสอบตัวอย่างทีละอย่างและให้คะแนนตามระดับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด และกรูณาบันทึกทุกครั้งในระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง

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

เมื่อทดสอบชิมตัวอย่างแต่ละตัวอย่างแล้วให้ใส่ค่าคะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่างและลักษณะที่ประเมิน

	รหัสตัวอย่าง	143	151
ลักษณะที่ทดสอบ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

## Hedonic Scales Scoring Test

ชื่อผลิตภัณฑ์ คีเฟอร์น้ำผักผลไม้

วันที่ .....

ชื่อผู้ทดสอบ.....เวลา .....

คำชี้แจง

โปรดทดสอบการยอมรับของตัวอย่างในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ โดยทดสอบตัวอย่างทีละอย่างและให้คะแนนตามระดับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด และกรูณาบ้วนปากทุกครั้งในระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง

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

เมื่อทดสอบชิมตัวอย่างแต่ละตัวอย่างแล้วให้ใส่ค่าคะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่างและ

ลักษณะที่ประเมิน

	รหัสตัวอย่าง	532	695	439
ลักษณะที่ทดสอบ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบ โดยรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

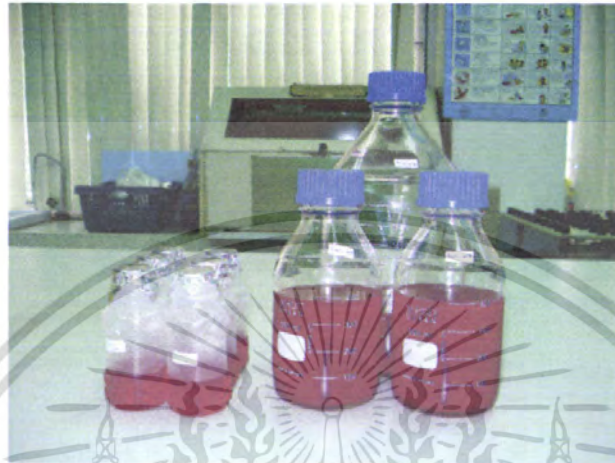


ภาพผนวกที่ 1 น้ำยารูทหมัก



ภาพผนวกที่ 2 การพาสเจอร์ไรส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 การเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้