การหมักเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วย แลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส

FERMENTATION OF PROBIOTIC BEVERAGE GAC FRUIT JUICE PREPARED FROM PULP AND SEED MEMBRANE WITH *LACTOBACILLUS PENTOSUS*

สันสนีย์ เกียรติสถิตย์

SANSANEE KEADSATID

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-ED-M-241-086

การหมักเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วย แลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส

FERMENTATION OF PROBIOTIC BEVERAGE GAC FRUIT JUICE PREPARED FROM PULP AND SEED MEMBRANE WITH *LACTOBACILLUS PENTOSUS*

ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

SANSANEE KEADSATID

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-ED-M-241-086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FERMENTATION OF PROBIOTIC BEVERAGE GAC FRUIT JUICE PREPARED FROM PULP AND SEED MEMBRANE WITH *LACTOBACILLUS PENTOSUS*

SANSANEE KEADSATID

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL EDUCATION
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-ED-M-241-086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF IN INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหมักเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยแลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส
Fermentation of Probiotic Beverage Gac Fruit Juice Prepared from Pulp and Seed Membrane with *Lactobacillus Pentosus*

นักศึกษา นางสาวศันสนีย์ เกียรติสถิตย์
รหัสประจำตัว 56603272
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา ครุศาสตร์เกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปิ่นมณี ขวัญเมือง

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	
รศ.ดร.ปิ่นมณี	ขวัญเมือง	
รศ.ดร.จินตนา	บุนนาค	
รศ.ดร.พรรณิภา	ศิวะพิรุฬห์เทพ	
ดร.ราตรี	ศิริพันธุ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 13 กรกฎาคม 2559 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงค์ มะโน)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 29 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2559

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหมักเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วย แลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส
นักศึกษา	นางสาวศันสนีย์ เกียรติสถิตย์
รหัสประจำตัว	56603272
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ครุศาสตร์เกษตร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยเชื้อ *Lactobacillus pentosus* และคัดเลือกสูตรที่ผู้ชิมยอมรับ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ระหว่างการหมักและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการ ปริมาณของเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนของน้ำหมักฟักข้าว ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อที่ผู้ชิมยอมรับคือ สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ โดยมีค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* หลังจากการหมัก 72 ชั่วโมง เท่ากับ 3.32 0.517 14 องศาบริกซ์ และ 2.0×10^{12} โคโลนี/มล. ตามลำดับ ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่ผู้ชิมยอมรับ คือสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ โดยมีค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* หลังจากการหมัก 48 ชั่วโมง เท่ากับ 3.09 0.564 14 องศาบริกซ์ และ 1.5×10^{12} โคโลนี/มล. ตามลำดับ องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อ 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 60.3 กิโลแคลอรี เบต้าแคโรทีน 79.8 ไมโครกรัม และไลโคปีน 0.07 มิลลิกรัม ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 61.9 กิโลแคลอรี เบต้าแคโรทีน 1,200 ไมโครกรัม และ ไลโคปีน 5.29 มิลลิกรัม น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากจากส่วนเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 30 วัน มีจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 2×10^{11} โคโลนี/มล. และ 7.3×10^{13} โคโลนี/มล. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Fermentation of Probiotic Beverage Gac Fruit juice prepared from Pulp and Seed membrane with *Lactobacillus pentosus*
Student	Miss Sansanee Keadsatid
Student ID.	56603272
Degree	Master of Science
Program	Agricultural Education
Year	2559
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pinmanee Kwanmuang

ABSTRACT

The purposes of this research were to study of fermented Gac fruit juice prepared from pulp and seed membrane by *Lactobacillus pentosus* and selected recipes that were accepted by panelists, to studies the change of pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* during fermentation and storage at temperature of 4 °C for 30 days, to studies the nutritional value, the amount of beta-carotene, and lycopene of fermented gac juice. The results found that, the panelists accepted fermented Gac fruit juice prepared from pulp with total soluble solids 15 °Brix, with pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* after 72 hours were equal to 3.32, 0.517, 14 °Brix, and 2.0×10^{12} CFU/ml, respectively. The panelists accepted fermented Gac fruit juice prepared from seed membrane with total soluble solids 15 °Brix, pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* after 48 hours were equal to 3.09, 0.564, 14 °Brix, and 1.5×10^{12} CFU/ml, respectively. The nutritional value of fermented Gac fruit juice prepared from pulp 100 ml. consisted of energy 60.3 kcal, beta-carotene 79.8 µg., and lycopene 0.07 mg.. The fermented Gac fruit juice prepared from seed membrane 100 ml. consisted of energy 61.9 kcal, beta-carotene 1,200 µg., and lycopene 5.29 mg.. Fermented Gac fruit juice prepared from pulp and the seed membrane were storage of 30 days. They had the viable cell count of *L. Pentosus* 2×10^{11} CFU/ml and 7.3×10^{13} CFU/ml, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย และเพื่อนๆ ที่ได้ส่งเสริมและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ALS laboratory group (Thailand) co. ltd ที่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน ทำให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ ขอมอบความดีนี้ให้แก่บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดที่ให้คำปรึกษาให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือจนประสบความสำเร็จ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ฟักข้าว 4
2.2 กระบวนการหมักดอง 19
2.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก 23
2.4 โพรไบโอติก 27
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 40
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 40
3.2 วิธีการดำเนินการ 41
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์การทดลอง 45
4.1 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด 45
4.2 การศึกษาการยอมรับของน้ำหมักฟักข้าวจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ 55
4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าว 57

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 62
5.1 สรุปผลการวิจัย 62
5.2 ข้อเสนอแนะ 63

บรรณานุกรม 64

ภาคผนวก 70
ภาคผนวก ก การเตรียมวัตถุดิบ 71
ภาคผนวก ข การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี 75
ภาคผนวก ค การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ 78
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์ 82
ภาคผนวก จ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 85
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหมักพืช 88

ประวัติผู้เขียน 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว 9

2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของผลอ่อนฟักข้าว 9

2.3 ความแตกต่างของปริมาณไลโคปีนในผลไม้แต่ละชนิด 12

2.4 ปริมาณสารแคโรทีนอยด์ใน Gac Fruit (ไมโครกรัมต่อกรัม) 14

2.5 ชนิดของจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูป 24

2.6 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นสารโพรไบโอติก 36

3.1 ส่วนผสมของน้ำฟักข้าว 42

4.1 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 45

4.2 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 47

4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ในน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 50

4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ในน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 52

4.5 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test 54

4.6 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test 54

4.7 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด 56

4.8 ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 58
4.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 60
ภาคผนวก ก. 1 อัตราส่วนของน้ำฟักข้าวสูตรต่างๆ สำหรับใช้ในการทดลอง 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 เถาของฟักข้าว 4
2.2 ใบของฟักข้าว 5
2.3 ดอกเพศเมียและเพศผู้ของฟักข้าว 5
2.4 ผลของฟักข้าวประเภทกลม 6
2.5 ผลของฟักข้าวประเภทยาว 6
2.6 โครงสร้างของผลฟักข้าวทั้งหมด 8
2.7 ส่วนของฟักข้าว1: เนื้อของฟักข้าว 2: เยื่อหุ้มเมล็ด 8
2.8 โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน 11
2.9 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในฟักข้าว 11
2.10 ปริมาณไลโคปีนในผักและผลไม้ 12
2.11 แคโรทีนอยด์ในเนื้อฟักข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ด 13
2.12 โครมาโตกราฟของ standard carotenoids และ สารประกอบแคโรทีนอยด์ในเนื้อฟักข้าว 16
2.13 สารประกอบแคโรทีนอยด์ในฟักข้าว 16
2.14 ผลของสับปะรด 17
2.15 แสดงปริมาณน้ำตาลในสับปะรด 18
2.16 สมการกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ 20
2.17 สมการกระบวนการหมักให้เกิดกรดอะซิติก 21
2.18 กรดแลคติก 25
2.19 การผลิตกรดแลคติกโดยกระบวนการหมักแบบ Homofermentation และHeterofermentation 26
2.20 *Lactobacillus pentosus* กำลังขยาย 1,000 เท่า 27
2.21 บทบาทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ส่งผลต่อผู้บริโภคหรือเจ้าบ้าน 33
2.22 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบภายในระบบทางเดินอาหาร (กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่) 34
ภาคผนวก ก. 1 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อฟักข้าว 73
ภาคผนวก ก. 2 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 73
ภาคผนวก ก. 3 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดผสมกับน้ำกลั่นและน้ำสับปะรด 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาคผนวก ค.1 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) 79
ภาคผนวก ค. 2 ตู้บ่มเพาะเชื้อ 80
ภาคผนวก ค. 3 ตู้ปลอดเชื้อ (Bionazard Laminar Flow) 80
ภาคผนวก ง.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหมักเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วย แลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส
นักศึกษา	นางสาวศันสนีย์ เกียรติสถิตย์
รหัสประจำตัว	56603272
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ครุศาสตร์เกษตร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยเชื้อ *Lactobacillus pentosus* และคัดเลือกสูตรที่ผู้ชิมยอมรับ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ระหว่างการหมักและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 30 วัน ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการ ปริมาณของเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนของน้ำหมักฟักข้าว ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อที่ผู้ชิมยอมรับคือ สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ โดยมีค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* หลังจากการหมัก 72 ชั่วโมง เท่ากับ 3.32 0.517 14 องศาบริกซ์ และ 2.0×10^{12} โคโลนี/มล. ตามลำดับ ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่ผู้ชิมยอมรับ คือสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ โดยมีค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* หลังจากการหมัก 48 ชั่วโมง เท่ากับ 3.09 0.564 14 องศาบริกซ์ และ 1.5×10^{12} โคโลนี/มล. ตามลำดับ องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อ 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 60.3 กิโลแคลอรี เบต้าแคโรทีน 79.8 ไมโครกรัม และไลโคปีน 0.07 มิลลิกรัม ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 61.9 กิโลแคลอรี เบต้าแคโรทีน 1,200 ไมโครกรัม และ ไลโคปีน 5.29 มิลลิกรัม น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากจากส่วนเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 30 วัน มีจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 2×10^{11} โคโลนี/มล. และ 7.3×10^{13} โคโลนี/มล. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Fermentation of Probiotic Beverage Gac Fruit juice prepared from Pulp and Seed membrane with *Lactobacillus pentosus*
Student	Miss Sansanee Keadsatid
Student ID.	56603272
Degree	Master of Science
Program	Agricultural Education
Year	2559
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pinmanee Kwanmuang

ABSTRACT

The purposes of this research were to study of fermented Gac fruit juice prepared from pulp and seed membrane by *Lactobacillus pentosus* and selected recipes that were accepted by panelists, to studies the change of pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* during fermentation and storage at temperature of 4 °C for 30 days, to studies the nutritional value, the amount of beta-carotene, and lycopene of fermented gac juice. The results found that, the panelists accepted fermented Gac fruit juice prepared from pulp with total soluble solids 15 °Brix, with pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* after 72 hours were equal to 3.32, 0.517, 14 °Brix, and 2.0×10^{12} CFU/ml, respectively. The panelists accepted fermented Gac fruit juice prepared from seed membrane with total soluble solids 15 °Brix, pH value, percentage of lactic acid, total soluble solids, and the viable cell count of *L. pentosus* after 48 hours were equal to 3.09, 0.564, 14 °Brix, and 1.5×10^{12} CFU/ml, respectively. The nutritional value of fermented Gac fruit juice prepared from pulp 100 ml. consisted of energy 60.3 kcal, beta-carotene 79.8 µg., and lycopene 0.07 mg.. The fermented Gac fruit juice prepared from seed membrane 100 ml. consisted of energy 61.9 kcal, beta-carotene 1,200 µg., and lycopene 5.29 mg.. Fermented Gac fruit juice prepared from pulp and the seed membrane were storage of 30 days. They had the viable cell count of *L. Pentosus* 2×10^{11} CFU/ml and 7.3×10^{13} CFU/ml, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย และเพื่อนๆ ที่ได้ส่งเสริมและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ALS laboratory group (Thailand) co. ltd ที่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีน ทำให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ ขอมอบความดีนี้ให้แก่บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดที่ให้คำปรึกษาให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือจนประสบความสำเร็จ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้

ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟักข้าว (Gac Fruit) หรืออาจเรียกว่า ผักข้าว มะข้าว ขี้กาเครือ ขี้พร้าไฟ และแก็ก ฟักข้าวเป็นผักพื้นบ้านที่มีนักวิจัยหลายๆ คนและหลายๆ ประเทศให้ความสนใจในการศึกษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน และไลโคปีนในปริมาณสูง ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าวมีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะในไลโคปีนได้รับการพิสูจน์จากวงการแพทย์ว่ามีผลลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร เนื่องจากเยื่อเมล็ดฟักข้าวมีไลโคปีนมากกว่าผลไม้อื่นๆ ทุกชนิด (ประภัสสร สุขสุทธิ์. 2554 : 27) การรับประทานฟักข้าวสดเป็นประจำอาจทำให้รู้สึกจำเจ ดังนั้นจึงควรสร้างผลิตภัณฑ์ฟักข้าวขึ้นมาเพื่อให้มีความหลากหลายในการเลือกรับประทาน การหมักเป็นกระบวนการหนึ่งที่เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นและยังช่วยในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักอีกด้วย โดยเฉพาะการหมักน้ำฟักข้าวจะทำให้น้ำฟักข้าวมีรสชาติใหม่สามารถรับประทานได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ใช้เป็นเครื่องดื่มเสริมโพรไบโอติกที่มีจุลินทรีย์ในการช่วยปรับสมดุลต่อร่างกาย รวมทั้งในฟักข้าวยังมีสารเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนที่ช่วยในการต้านสารอนุมูลอิสระซึ่งเป็นผลดีต่อร่างกาย ก่อให้เกิดทางเลือกใหม่แก่ผู้บริโภคในการเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์ฟักข้าวมากขึ้น

การหมักดองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น พืช เนื้อสัตว์ น้ำนม เป็นต้น ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารนั้นได้เป็นเวลานาน จึงสามารถจัดได้ว่าการหมักดองเป็นกรรมวิธีการหนึ่งในการถนอมรักษาและแปรรูปอาหารได้เช่นกัน (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ และวรวุฒิ ครูส่ง. 2545 : 65) การนำน้ำจากพืชมาผ่านการหมักจนได้น้ำหมักพืช ซึ่งน้ำหมักพืช หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด เช่น ลูกยอลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม ผลมะเม่า ที่สดหรือแห้งและอยู่ในสภาพดีมาล้างให้สะอาดอาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547) ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคคือได้จากจุลินทรีย์ ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับว่าต้นเชื้อเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ใด และประโยชน์จากคุณค่าสารสำคัญตามชนิดของพืชผักผลไม้ที่นำมาใช้หมัก เพราะการหมักเป็นการแปรรูปที่ช่วยสกัดสารสำคัญในพืชผักผลไม้ ซึ่งในประเทศไทยเรามีพืชวัตถุดิบมากมายที่นำมาใช้ เช่น ลูกยอ มะขามป้อม ผลไม้ชนิดต่างๆตามฤดูกาล (ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553 : ONLINE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การแปรรูปน้ำฟักข้าวเป็นน้ำหมักฟักข้าวจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของน้ำฟักข้าว โดยใช้จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกทำให้มีรสชาติที่ดีขึ้น การนำน้ำฟักข้าวมาหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกที่เป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติก เช่น *L. pentosus* (Altaher et al. 2015 : 159) น้ำหมักฟักข้าวจึงมีประโยชน์ด้านโพรไบโอติกและยังมีปริมาณเบต้าแคโรทีนและ ไลโคปีนในปริมาณสูง เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วช่วยให้มีสุขภาพที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกนำฟักข้าวเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปน้ำหมักฟักข้าวที่เพิ่มคุณประโยชน์ด้านโพรไบโอติกเพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อของผลและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรต่างๆ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก

1.2.2 เพื่อหาสูตรน้ำหมักฟักข้าวจากส่วนเนื้อของผลและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดที่ผู้ชิมยอมรับ

1.2.3 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการ ปริมาณของเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนในน้ำหมักฟักข้าวจากสูตรที่ผู้ชิมยอมรับ

1.2.4 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวที่ผู้ชิมยอมรับ จำนวน 2 สูตร ที่เก็บไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดมีคุณสมบัติใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติกได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 เตรียมสูตรน้ำฟักข้าวโดยใช้ส่วนเนื้อของฟักข้าวและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวจากผลฟักข้าวที่สุกแล้ว ให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด 10 15 20 องศาบริกซ์ หมักน้ำฟักข้าวด้วย *L. pentosus* วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรด) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (จำนวนเซลล์ *L. pentosus*) ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 48 ชั่วโมง

1.4.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักฟักข้าวจากส่วนเนื้อของผลและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด โดยผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ทดสอบคนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (พลังงาน คาร์โบไฮเดรต ลิปิด โปรตีน เซลลูโลส เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส) จากสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ

1.4.4 หาปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน) จากสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ

1.4.5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวจากเนื้อของผลและเยื่อหุ้มเมล็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

1.5.1 การหมัก (Fermentation) หมายถึง กระบวนการแปรสภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกควบคุมด้วยการทำงานของเอนไซม์

1.5.2 การหมักให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation) หมายถึง การเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส (glucose) ให้เป็นกรดแลคติกโดนการทำงานของจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีปริมาณออกซิเจนน้อย

1.5.3 น้ำหมักฟักข้าว (Fermented Gac fruit juice) หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำฟักข้าวในสภาพดีมาล้างให้สะอาด หั่นหรือตัดแต่ง ผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชด้วยจุลินทรีย์ *L. pentosus* ในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช

1.5.4 เบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) หมายถึง สารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มีรงควัตถุสีแดงหรือสีส้มเข้ม พบมาในพืชและผลไม้ เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอ ที่มีบทบาทสำคัญในการบำรุงร่างกาย ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น

1.5.5 ไลโคปีน (Lycopene) หมายถึง สารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) มีรงควัตถุสีแดง ละลายได้ดีในไขมัน ถือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ช่วยชะลอความชรา ต้านความเสื่อมของร่างกาย เป็นต้น

1.5.6 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด ใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของของเหลว เช่น น้ำเชื่อม น้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น มีหน่วยเป็น องศาบริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสวงหาความรู้ที่จะนำมาใช้ในการกำหนดขอบเขตของการวิจัย จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นสำคัญ ดังนี้

2.1 ฟักข้าว

2.2 กระบวนการหมักดอง

2.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟักข้าว

รัตนพงษ์ จันทะวงษ์ (2554 : 16) ให้ข้อมูลไว้ว่า ฟักข้าวเป็นพืชตระกูลแตงและมะระ อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.

ชื่ออื่นๆ ผักข้าว (เชียงใหม่ ตาก) มะข้าว (แพร่) ฟักค้าว (อีสาน) ขี้กาเครือ หรือขี้พร้าไฟ (ชาวใต้) ฟักข้าว ผักข้าว แก็ก (Gac) (เวียดนาม) Baby Jackfruit Spiny Bitter Gourd, Sweet Gourd, และ Cochinchin Gourd

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รัตนพงษ์ จันทะวงษ์ (2554 : 16) ได้กล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฟักข้าวไว้ว่า **ต้นของฟักข้าว** เป็นไม้เถาเลื้อย มีมือเกาะยึดไปตามต้นไม้ใหญ่ เถาสีเขียวเข้ม ลักษณะสี่เหลี่ยม เถาอ่อนสีเขียว เถาแก่สีเทา

เถาอ่อนของต้นฟักข้าว

เถาแก่ของต้นฟักข้าว

ภาพที่ 2.1 เถาของต้นฟักข้าว

บันทึกภาพ : ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบ เป็นใบเดี่ยวผิวมัน เรียงแบบสลับ รูปหัวใจหรือรูปไข่ปลายแหลม โคนใบโค้งมนและเว้าเข้าหาก้านใบ ขอบใบทั้ง 2 ข้างเว้าเข้าหาเส้นกลางใบ เป็นสามแฉก แผ่นใบเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม ขนาดกว้างยาวเท่ากันประมาณ 6 - 20 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใบประดับมีขน ลักษณะใบเหมือนรูปหัวใจ

ดอก เป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่คล้ายดอกตำลึง มีกลีบดอก 5 กลีบ พบที่ซอกใบแยกเพศอยู่คนละต้น กลีบดอกสีขาวแกมเหลือง ตรงกลางมีสีน้ำตาลแกมม่วง ลักษณะดอก มี 2 ประเภท คือ

- ดอกเพศผู้ มี 5 กลีบ เกสรมี 3 พู โดย 2 พู มีลักษณะสมบูรณ์และอีกพูมีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของสองพูแรก กลีบดอกยาวประมาณ 5 - 6 ซม. สีขาวแกมเหลือง ตรงกลางมีสีน้ำตาลแกมม่วง มีกลิ่นหอมอ่อนๆ เติบโตบนฐานของใบประดับ เมื่อบานแล้วดอกจะร่วงในวันถัดไป

- ดอกเพศเมีย มี 5 กลีบ เกสรมี 3 พู เช่นเดียวกับเกสรเพศผู้ ความยาวของดอกประมาณ 5 เซนติเมตร มีลูกติดที่ก้านดอกยาวประมาณ 1.5 - 2.5 ซม. สีขาวแกมเหลืองมีกลิ่นหอมอ่อนๆ เมื่อบานแล้วจะร่วงในวันถัดไป

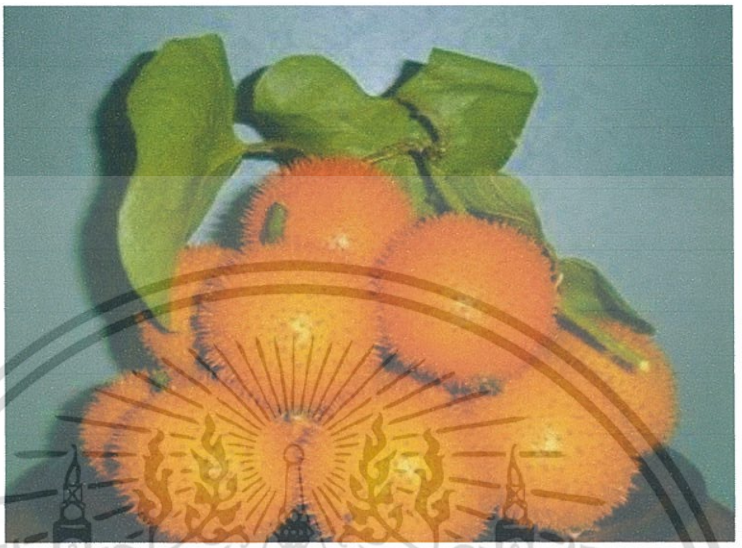
ภาพที่ 2.2 ใบของฟักข้าว
ที่มา : จารึก จันทร์เกตุ (2554 : Online)

ดอกเพศผู้ **ดอกเพศเมีย**

ภาพที่ 2.3 ดอกเพศเมียและเพศผู้ของฟักข้าว
ที่มา : Gac Research University of Newcastle, Australia. (n.d. : Online)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล ผลของฟักข้าวมี 2 ลักษณะ คือ ผลยาวและผลกลม ผลยาวมีความยาว 8-15 เซนติเมตร ส่วนผลกลมยาว 4-6 เซนติเมตร แต่ละผลมีน้ำหนักตั้งแต่ 0.25 – 1.9 กิโลกรัม ผลอ่อนสีเขียว มีหนามถี่และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส้ม แดง เมื่อผลสุกตามลำดับ โดยใช้เวลาประมาณ 7 - 8 สัปดาห์



ภาพที่ 2.4 ผลของฟักข้าว ประเภทกลม
ที่มา : กานดา แสนมณี (2554 : Online)

ภาพที่ 2.5 ผลของฟักข้าว ประเภทยาว
บันทึกภาพ : ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การปลูกฟักข้าว

รัตนพงษ์ จันทะวงษ์ (2554 : 19) ได้กล่าวถึงวิธีการปลูกไว้ว่า

การเตรียมแปลงปลูก ในพื้นที่ที่มีหญ้ารกควรทำการดายหญ้าก่อนการปลูก 10 วัน และควรขุดดิน กลับดินให้ทั่วเพื่อปราบวัชพืช และทำให้ดินร่วนซุยโปร่งเหมาะแก่การปลูกยิ่งขึ้น หากเป็นบริเวณที่มีน้ำท่วมควรมีการยกร่องเสียก่อน

ระยะปลูก การกำหนดระยะปลูกฟักข้าวควรคำนึงถึงแสงแดดและความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย การปลูกฟักข้าวบนที่ราบทั่วไปควรมีระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 2 - 3 เมตร ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พื้นที่ 1 ไร่จะปลูกได้ประมาณ 170 – 400 ต้น

การเตรียมค้าง เนื่องจากฟักข้าวเป็นไม้เถาอาศัยเลื้อยไปตามต้นไม้อื่น เมื่อเรานำมาปลูกจำเป็นต้องทำค้างให้ โดยใช้เสาที่มีความคงทนถาวร มีความแข็งแรงมาก เพราะฟักข้าวเป็นพืชที่มีอายุยาวนานมีเถามาก ใบหนาปกคลุมไปทั่ว อาจใช้เสาไม้ไผ่ ไม้เนื้อแข็ง หรือเสาปูนซีเมนต์ ใช้คานไม้รวกที่มีขนาดแข็งแรง ถ้าหากใช้เสาไม้ไผ่อาจต้องเปลี่ยนบ่อยทุก 1 – 2 ปี ค้างฟักข้าวควรสูงประมาณ 1.5 – 2 เมตร เพื่อให้ง่ายต่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวผลผลิต

วิธีการปลูก หลังจากการปราบวัชพืชหมดแล้ว ให้ขุดหลุมขนาดความกว้างและลึก เท่ากับความกว้างของจอบถึง 1 ฟุต และกองดินชั้นบนไว้ข้างหนึ่ง ดินชั้นล่างไว้อีกข้างหนึ่ง เมื่อเสร็จแล้วให้ใส่ดินชั้นบนลงไปก่อนพร้อมทั้งผสมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายแล้วลงไปด้วยเพื่อช่วยให้ดินร่วนซุยมากยิ่งขึ้น คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นวางกล้าฟักข้าวที่เตรียมไว้ลงปลูกตรงกลางหลุม และเกลี่ยดินชั้นล่างใส่ลงไปให้ท่วมโคนต้นกล้า อัดให้แน่น

การปลูกในฤดูฝนควรพูนดินกลบโคนต้นกล้าให้สูงไว้เพื่อป้องกันน้ำขัง ส่วนการปลูกดูอื่นๆ ไม่ควรพูนดินกลบโคนให้สูงมากนักเพราะไม่ต้องการให้น้ำไหลออก ใช้เศษฟางหรือหญ้าแห้งคลุมบริเวณโคนต้นและหากิ่งไม้เล็กๆ เป็นบันไดให้เถาเกาะขึ้นไปสู่ค้างได้สะดวกและง่าย แทนการใช้เชือกฟางมัดซึ่งจะทำให้เถาฟักข้าวช้ำและหักตายได้

การให้ผล เมื่อฟักข้าวมีอายุประมาณ 4 เดือน จะเริ่มมีดอกแยกเพศต่างต้นกัน สังเกตจากปลายยอดจะมีขนอ่อนๆ สีขาวเป็นจำนวนมาก แสดงว่าเริ่มจะออกดอกแล้วทั้งเพศผู้และเพศเมีย การผสมของดอกในธรรมชาติโดยอาศัยแมลงเป็นตัวช่วยผสมเกสร ส่วนใหญ่มักไม่ได้รับการผสมจึงทำให้ดอกเกสรตัวเมียเหี่ยวแห้งไป บางครั้งก็ไม่ค่อยสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องช่วยผสมโดยใช้พู่กันจีนเล็กๆ หรือใช้ก้านดอกหญ้า เขี่ยเกสรจากดอกตัวผู้ผสมกับเกสรของดอกตัวเมียให้ทั่วๆ สม่ำเสมอ (ระวังอย่าให้ช้ำ) การผสมจะให้ผลดีที่สุดคือ เวลาเช้าเมื่อดอกเริ่มบานไม่ควรเกินเวลา 09.00 น. และในวันรุ่งขึ้นกลีบดอกจะร่วง และวันที่ 2 หากสังเกตจะพบว่าลูกฟักข้าวเล็กๆ จะเจริญเติบโตเร็วมากในสัปดาห์ที่ 1 – 2 ผลสีเขียว เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไปจะเจริญเติบโตช้าลง และเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ส้ม และแดง ตามลำดับ เมื่อลูกฟักข้าวมีอายุได้ประมาณ 7 – 8 สัปดาห์

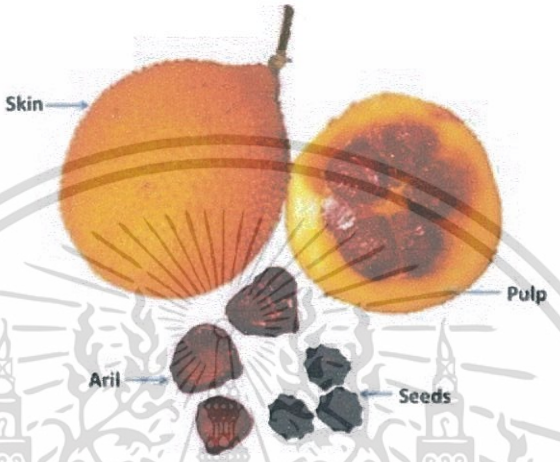
การเก็บเกี่ยว ลูกฟักข้าวมีอายุประมาณ 7 – 8 สัปดาห์ขึ้นไป หรือสังเกตจากสีส้มอมแดง เนื้อจะยังไม่เละ หากทิ้งไว้ต่อไปเนื้อจะเละ อาจร่วงหล่นเสียหายได้ หรืออาจมีหนอนหากไม่ห่อผลไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

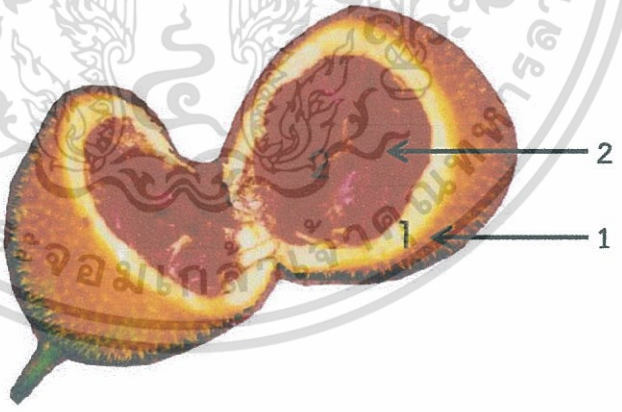
การเก็บเกี่ยวใช้กรรไกรตัดแต่งกิ่งไม้ตัดที่บริเวณขั้วของผลห่างจากเถาประมาณ 1 นิ้ว เพื่อไม่ให้มีผลกระทบกับเถาที่เจริญเติบโตอยู่

2.1.3 โครงสร้างของผลฟักข้าว

ผลฟักข้าวสามารถแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ เปลือก (Skin or Peel) เนื้อ (Pulp) เยื่อหุ้มเมล็ด (Aril or Seed membrane) และเมล็ด (Seed)



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของผลฟักข้าวทั้งหมด
ที่มา : Gac Research University of Newcastle, Australia. (n.d. : Online)



ภาพที่ 2.7 ส่วนของฟักข้าว 1: เนื้อของฟักข้าว 2: เยื่อหุ้มเมล็ด
ที่มา : Vuong, et. al. (2006 : 665)

ภายในผลฟักข้าวสามารถแบ่งส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อฟักข้าวจะเป็นสีเหลือง (Yellow -pulp) และส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดง (Red seed membrane) (Vuong, et. al. 2006 : 665)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4. องค์ประกอบทางเคมีของฟักข้าว

2.1.4.1 คุณค่าทางโภชนาการ

2.1.4.1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

จากเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed membrane) ฟักข้าวส่วนที่รับประทาน 100 กรัม ให้พลังงานทั้งหมด 523 kJ (125 kcal) น้ำคิดเป็นร้อยละ 77 คาร์โบไฮเดรต 10.5 กรัม ไขมัน 7.5 กรัม โปรตีน 2.1 กรัม เซลลูโลส 1.8 กรัม เถ้า 0.7 กรัม แคลเซียม 56 กรัม และฟอสฟอรัส 6.4 กรัม ข้อมูลตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

Nutrients	100 g of edible portion
Energy (kJ)	523 (125 kcal)
Water (%)	77
CHO (g)	10.5
Lipid (g)	7.5
Protein (g)	2.1
Cellulose (g)	1.8
Ash (g)	0.7
Ca (g)	56
P (g)	6.4

ที่มา : Vuong, et. al. (2006 : 667)

2.1.4.1.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของผลอ่อนฟักข้าว

ผลอ่อนฟักข้าวจากส่วนที่รับประทาน 100 กรัม ให้มวลแห้ง 7 กรัม ใยอาหาร 1.03 กรัม น้ำตาล 1.8 กรัม โปรตีน 0.94 กรัม วิตามินซี 0.04 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน 91 มิลลิกรัม แคลเซียม 23 มิลลิกรัม และเหล็ก 0.34 มิลลิกรัม ข้อมูลตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางโภชนาการของผลอ่อนฟักข้าว

100 กรัมน้ำหนัก	กรัม				มิลลิกรัม			
	มวลแห้ง	ใยอาหาร	น้ำตาล	โปรตีน	วิตามินซี	เบต้า-แคโรทีน	แคลเซียม	เหล็ก
ผลอ่อนฟักข้าว	7	1.03	1.8	0.94	0.04	91	23	0.34

ที่มา : สุธาทิพ ภมรประวัติ (2550 : 29)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.1.3 ประโยชน์ของฟักข้าวในการต้านมะเร็ง

รายงานวิจัยในต่างประเทศระบุว่า ผลฟักข้าวมีสารไลโคปีน (Lycopene) 70 - 100 เท่า ซึ่งสารนี้ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจและมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งต่อมลูกหมาก ส่วนสารแคโรทีน (Caratone) มีมากกว่าแครอทถึง 10 เท่า ช่วยบำรุงสายตา แก้ปัญหาในการมองไม่เห็นในช่วงกลางคืน ส่วนสารอื่นๆ ที่พบในฟักข้าวมีสรรพคุณต้านอนุมูลอิสระได้ อาทิ สาธารณรัฐประชาชนจีนพบว่า โปรตีนจากเมล็ดฟักข้าวเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาโรคมะเร็งตับ ส่วนประเทศญี่ปุ่นรายงานผลการวิจัยว่า โปรตีนซึ่งสกัดได้จากน้ำผลฟักข้าวมีฤทธิ์ยับยังการเจริญเติบโตของก้อนมะเร็งลำไส้ใหญ่มะเร็งตัวในหนูทดลอง ทำให้เซลล์มะเร็งสลายตัว (มธุรส วงษ์ครุฑ. 2555 : 68)

รายงานการวิจัยในประเทศไทย ผลการวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล รายงานว่า โปรตีนในเมล็ดฟักข้าวมีฤทธิ์หยุดการเจริญของเชื้อ HIV และยับยั้งเซลล์มะเร็งนอกจากนี้ นักวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ ร่วมกันศึกษาเรื่อง “การนำน้ำมันของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในอนุภาคไขมันระดับนาโน มาพัฒนาเป็นเครื่องสำอางลดเลือนริ้วรอย” เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการลดรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้าอาสาสมัคร ผ่านวิธีการถ่ายภาพและขยายภาพ พบว่า สามารถชะลอความแก่ลดเลือนริ้วรอยได้ดีกว่าบริเวณที่ไม่ได้ทาครีมอย่างชัดเจน ไม่พบอาการแพ้หรือระคายเคืองใดๆ รับประกันผลงานวิจัยโดยรางวัลผลงานการดีเด่น จากงานมหกรรมสมุนไพรแห่งชาติ 2550 และรางวัล “IFSAA Host Society Award 2011” จากงานประชุมสมาพันธ์นักเคมีเครื่องสำอางนานาชาติ 2011 (มธุรส วงษ์ครุฑ. 2555 : 68)

2.1.4.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compound)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ คือ สารจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งคน สัตว์และพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีต้องเป็นสารที่มีผลจำเพาะเจาะจง เช่น มีฤทธิ์จำเพาะต่อเซลล์ของมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อวัณโรค เป็นต้น และสารนั้นจะต้องไม่มีผลทางลบต่อร่างกายหรือมีผลข้างเคียงน้อยมาก เพราะเมื่อสารนั้นถูกนำมาแปรรูปให้เป็นส่วนประกอบของยา ย่อมไม่ต้องการให้ยามีผลกับส่วนที่ดีของร่างกาย ยกเว้น เชื้อโรค หรือส่วนเกิน (มะเร็ง) ที่เราต้องการขจัดเท่านั้น สารใดก็ตามถ้ามีผลข้างเคียงที่ไม่ต้องการก็จะจัดสารนั้นให้อยู่ในพวกสารพิษ (toxic substance) (ปัทมาพิทย ขจรวุฒิ. 2551 : Online) ในฟักข้าวสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ คือ เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน

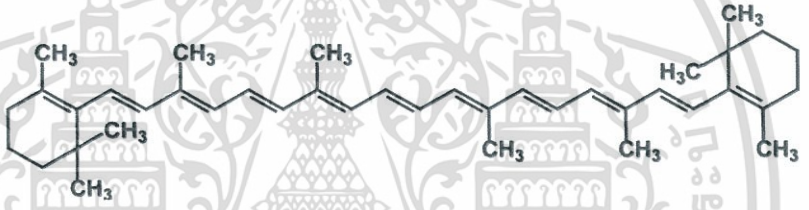
2.1.4.2.1 เบต้าแคโรทีน (Beta-carotene)

แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นสารประกอบตามธรรมชาติที่มีอยู่ในผัก ผลไม้ ซึ่งเป็นส่วนที่มีสีส้มของผักผลไม้ แคโรทีนอยด์มีหลายชนิด เช่น อัลฟาแคโรทีนลูทิอิน ซีแซนทิน ที่รู้จักกันดี คือ เบต้าแคโรทีน แคโรทีนอยด์แต่ละชนิดมีประโยชน์แตกต่างกันและทำงานสนับสนุนกัน นอกจากเราจะต้องรับประทานผัก ผลไม้ ในปริมาณที่สูงแล้ว ยังต้องให้ได้หลากหลายชนิด เพื่อให้ได้แคโรทีนอยด์ครบทุกชนิด

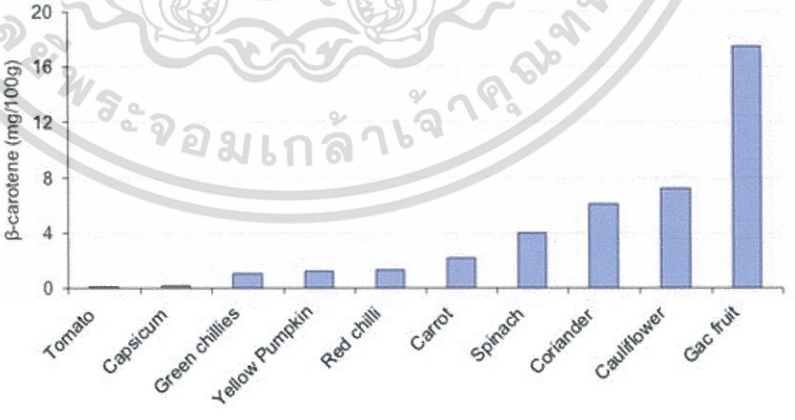
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบต้าแคโรทีนค้นพบในพืชหลายชนิดและพบมากในพืชที่มีสีเหลือง และสีส้ม เช่น หัวแครอท หัวผักกาดแดง มะเขือเทศ ฯลฯ โดยพบว่าเบต้าแคโรทีนคือส่วนประกอบที่เป็นวัตถุเม็ดสีเหลืองและส้ม ที่ปรากฏให้เห็นในพืช ผัก เบต้าแคโรทีนมีโครงสร้างทางเคมีที่มีขนาดใหญ่มาก และมีสูตรโมเลกุล คือ $C_{40}H_{56}$ ซึ่งเมื่อเรารับประทานเข้าไปในร่างกาย ตับจะทำหน้าที่เปลี่ยนโมเลกุลของเบต้าแคโรทีนเป็นวิตามินเอ และสำหรับเบต้าแคโรทีน 1 โมเลกุล จะสามารถให้วิตามินเอ 2 โมเลกุล ซึ่งช่วยบำรุงสายตาและเป็นวิตามินที่จำเป็นสำหรับร่างกาย (ริญ เจริญศิริ และ รัชนี คงคาฉัยฉาย. 2551 : 112)

เบต้าแคโรทีน เป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่ถูกค้นพบว่ามีคุณสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระได้อย่างดีเลิศ โดยพบว่าเบต้าแคโรทีนจะทำปฏิกิริยาต้านการเกิดออกซิเดชั่นระหว่างอนุมูลอิสระกับสารสำคัญในเซลล์ที่มีชีวิต โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระเสียก่อน แล้วขับถ่ายออกไปตามระบบขับถ่ายต่างๆ ของร่างกาย เซลล์ของเราก็รอดชีวิตจากขบวนการในการทำลายโดยอนุมูลอิสระดังกล่าว เราเรียกขบวนการในการทำปฏิกิริยาของเบต้าแคโรทีนกับอนุมูลอิสระว่า การต้านปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่น หรือเอนตี้อ๊อกซิแด้น (Antioxidants) (นูรีดาน ดอแล. 2552 : Online)



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน
ที่มา : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559 : Online)



ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในฟักข้าวและพืชชนิดต่างๆ
ที่มา : Gac Research University of Newcastle, Australia (n.d. : Online)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิจัยของกลุ่มนักวิจัยฟักข้าวของมหาวิทยาลัยนิวคาสเติล ประเทศออสเตรเลีย แสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในฟักข้าวเปรียบเทียบกับปริมาณเบต้าแคโรทีนในพืชผลไม้ชนิดอื่นๆ เช่น มะเขือเทศ พริกขี้หนู พริกเขียว ฟักทอง พริกแดง แครอท ผักโขม ผักชี ดอกกะหล่ำ ในฟักข้าวจะมีปริมาณสูงกว่าพืชผลไม้ชนิดอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.9

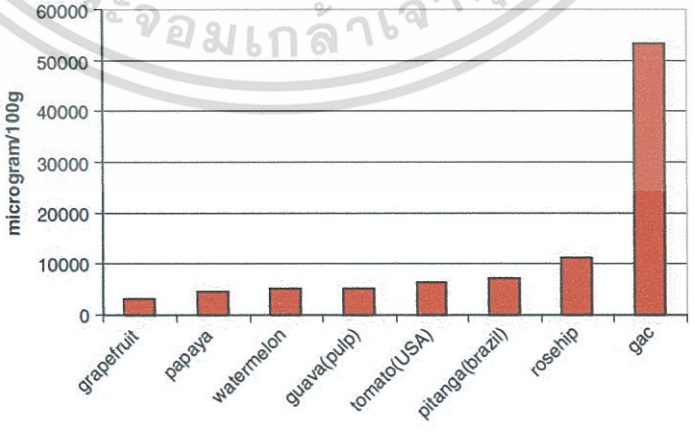
ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างของปริมาณไลโคปีนในผลไม้แต่ละชนิด

ผลไม้	ปริมาณไลโคปีน (ไมโครกรัม/กรัม)
มะเขือเทศสุก	31
แตงโม	41
ฝรั่ง	54
ส้มโอ	33.6
เยื่อเมล็ดฟักข้าว	380

ที่มา : สุธาทิพ ภมรประวัติ. (2550 : 30)

2.1.4.2.2 ไลโคปีน (Lycopene)

ไลโคปีนเป็นสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ พบได้ในผักและผลไม้บางชนิด ซึ่งทำหน้าที่เป็นรงควัตถุรวบรวมแสงให้แก่พืชและป้องกันพืชผักจากออกซิเจนโมเลกุลเดี่ยว (อนุมูลอิสระ) และแสงที่จ้าเกินไป ซึ่งการกินไลโคปีนที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ได้รับการพิสูจน์จากวงการแพทย์ว่ามีผลลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร เนื่องจากเยื่อเมล็ดฟักข้าวมีไลโคปีนมากกว่าผลไม้อื่นๆ ทุกชนิด จึงถือว่าเป็นอาหารต้านมะเร็งที่ดีที่สุดชนิดหนึ่งจากฤทธิ์ของไลโคปีน (ประภัสสร สุขสุทธิ์. 2554 : 27) ข้อมูลตามตารางที่ 2.3 และภาพที่ 2.10



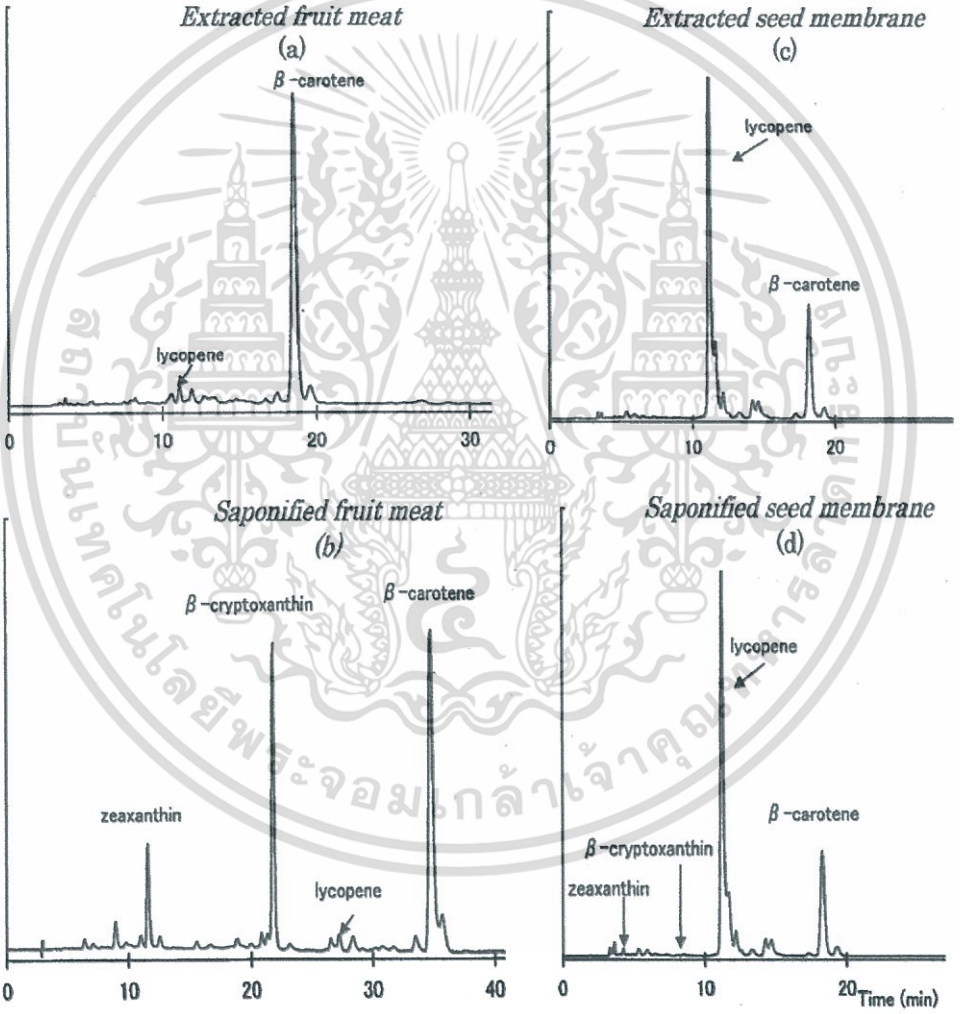
ภาพที่ 2.10 แสดงปริมาณไลโคปีนในผักและผลไม้

ที่มา : Vuong, et al. (2006 : 667)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2.3 การวิเคราะห์สารไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในฟักข้าว

Aoki et al. (2002 : 2479) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในส่วนเนื้อที่เป็นสีเหลืองและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีแดง ทำการวิเคราะห์โดยวิธี High-performance liquid chromatography (HPLC) เพื่อหาความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์โดยเปรียบเทียบกับ แคโรทีนอยด์มาตรฐาน (standard carotenoids) พบว่า Extracted Fruit meat และ Extracted Seed membrane พบสารแคโรทีนอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน ส่วน Saponified Fruit meat และ Saponified Seed membrane พบ สารแคโรทีนอยด์ถึง 4 ชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน ซีแซนทีน และเบต้าทริปโตซานทีน ข้อมูลแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แคโรทีนอยด์ในเนื้อฟักข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ด
(a) และ (b) เนื้อฟักข้าวที่มีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน
(c) และ (d) เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่มีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

ที่มา : Aoki et al. (2002 : 2480)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าว Extracted Fruit meat พบว่ามี สารเบต้าแคโรทีน 22.1 ± 15.2 ไมโครกรัม ไลโคปีน 0.9 ± 0.7 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 23.0 ± 17.3 ไมโครกรัม ส่วน Extracted Seed membrane มีสารเบต้าแคโรทีน 101 ± 38 ไมโคกรัม ไลโคปีน 380 ± 71 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 481 ± 89 ไมโครกรัม ส่วนผลการวิเคราะห์เนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าว Extracted Fruit meat พบว่ามี สารเบต้าแคโรทีน 14.7 ± 10.9 ไมโครกรัม ไลโคปีน 0.4 ± 0.3 ไมโครกรัม ซีแซนทีน 1.6 ± 0.4 ไมโครกรัม เบต้าทริปโตซานทีน 3.5 ± 1.8 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 20.2 ± 12.7 ไมโครกรัม ส่วนและ Extracted Seed membrane มีสารเบต้าแคโรทีน 81 ± 31 ไมโคกรัม สารไลโคปีน 348 ± 54 ไมโครกรัม ซีแซนทีน 9 ± 4 ไมโครกรัมเบต้าทริปโตซานทีน 2 ± 2 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 440 ± 72 ไมโครกรัม

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารแคโรทีนอยด์ใน Gac Fruit (ไมโครกรัมต่อกรัม)

Content	HPLC method	
	Fruit meat (ไมโครกรัมต่อกรัม)	**Seed membrane (ไมโครกรัมต่อกรัม)**
Extracted sample		
β-carotene	22.1 ± 15.2	101 ± 38
Lycopene	0.9 ± 0.7	380 ± 71
Total	23.0 ± 17.3	481 ± 89
Saponified sample		
β-carotene	14.7 ± 10.9	81 ± 31
Lycopene	0.4 ± 0.3	348 ± 54
Zeaxanthin	1.6 ± 0.4	9 ± 4
β-cryptoxanthin	3.5 ± 1.8	2 ± 2
Total	20.2 ± 12.7	440 ± 72

ที่มา : Aoki et al. (2002 : 2481)

พืชหลายชนิดที่รู้จักกันมีสารประกอบเบต้าแคโรทีน แต่ส่วนน้อยที่มีสารไลโคปีน ยกเว้น มะเขือเทศ (มีไลโคปีน 31 ไมโครกรัมต่อกรัม) แตงโม (ไลโคปีน 41 ไมโครกรัมต่อกรัม) ฝรั่ง (ไลโคปีน 54 ไมโครกรัมต่อกรัม) และส้มโอสีชมพู (ไลโคปีน 33.6 ไมโครกรัมต่อกรัม) (Mangels et al. 1993 : 284-296 อ้างโดย Aoki et al. 2002 : 2481) ในฝรั่งจะมีความเข้มข้นของไลโคปีนสูง อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

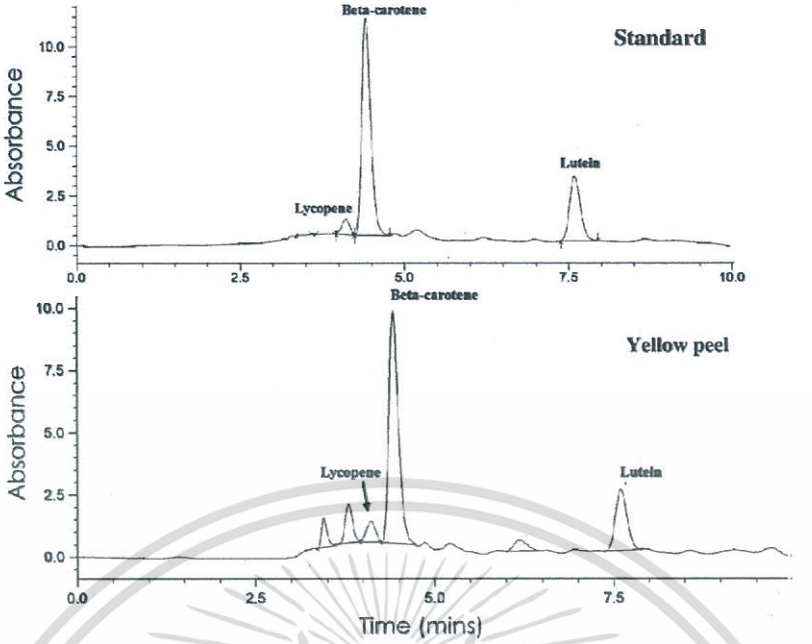
ความเข้มข้นของไลโคปีนในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสูงเป็น 7 เท่าของฝรั่ง (ไลโคปีน 380 ไมโครกรัมต่อกรัม)

จากการศึกษาของ Kubola J. and Sirithon S. (2011 : 1140) ได้วิเคราะห์สารสกัดจากส่วนของเปลือกฟักข้าวที่มีสีเหลืองโดยใช้วิธี HPLC เพื่อหาสารประกอบแคโรทีนอยด์ (ไลโคปีน, เบต้าแคโรทีน และลูทีน) เมื่อเทียบกับ standard carotenoids ผลการวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 2.12 ซึ่งพบว่า ส่วนเปลือกของฟักข้าวที่มีสีเหลืองมีองค์ประกอบของไลโคปีน, เบต้าแคโรทีน และลูทีน และได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างของสารแคโรทีนอยด์จากส่วนต่าง ๆ ของผลฟักข้าวในช่วงการสุกที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 2.13) พบว่า สารแคโรทีนอยด์ในเนื้อของฟักข้าวมีไลโคปีน เท่ากับ 1.8 - 6.2 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน เท่ากับ 3.0 – 5.4 มิลลิกรัม และลูทีน เท่ากับ 2.0 – 18.1 มิลลิกรัม สารแคโรทีนอยด์ในเปลือกของฟักข้าวมีไลโคปีน เท่ากับ 1.6 - 3.4 มิลลิกรัม เบต้าแคโรทีน เท่ากับ 1.6 – 5.9 มิลลิกรัม และลูทีน เท่ากับ 7.9 – 52.02 มิลลิกรัม ในเยื่อหุ้มเมล็ดพบไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และลูทีน โดยจะพบไลโคปีนสูงที่สุด (7.02 มิลลิกรัม/กรัม) ในส่วนของเนื้อสีเขียวจะพบปริมาณของลูทีนมากกว่า ไลโคปีน และเบต้าแคโรทีน ในส่วนของเนื้อสีเหลืองและสีแดงพบไลโคปีน เบต้าแคโรทีน มากกว่า ลูทีน ในส่วนของเปลือกจะพบลูทีนมากกว่าไลโคปีนและเบต้าแคโรทีน โดยเฉพาะเปลือกสีเหลืองจะมีลูทีนสูงที่สุด (52.02 มิลลิกรัม/กรัม)

การเปลี่ยนแปลงของสารแคโรทีนอยด์ในช่วงการสุกของผลฟักข้าวที่แตกต่างกัน พบว่า ในเปลือกสีเขียวมีปริมาณไลโคปีนต่ำที่สุด (0.27 มิลลิกรัมต่อกรัม) ต่อมาในช่วงการสุกของผลฟักข้าวจากช่วงสีเขียวเป็นสีเหลืองระดับไลโคปีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตั้งแต่ 0.3 - 4.1 มิลลิกรัมต่อกรัม และเพิ่มขึ้นอีกเมื่อสุกเต็มที่ (0.70 มิลลิกรัมต่อกรัม) เช่นเดียวกับในเนื้อฟักข้าวระดับไลโคปีนเพิ่มขึ้นในช่วงการสุกของผลฟักข้าว (ภาพที่ 2.13) ในทำนองเดียวกันเนื้อและเปลือกจากฟักข้าวมีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงการเจริญของผลจากฟักข้าวจาก (สีเขียว < สีเหลือง < สีแดง) ซึ่งแตกต่างจาก ลูทีนไม่มีการเพิ่มขึ้นในช่วงการเจริญของผลฟักข้าว (เนื้อฟักข้าว : สีเหลือง < สีแดง < สีเขียว และเปลือกฟักข้าว สีเขียว < สีแดง < สีเหลือง) ความแตกต่างของระดับแคโรทีนอยด์เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างในช่วงการสุกของผลฟักข้าว เพราะระดับแคโรทีนอยด์สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในระหว่างการสุกของผล

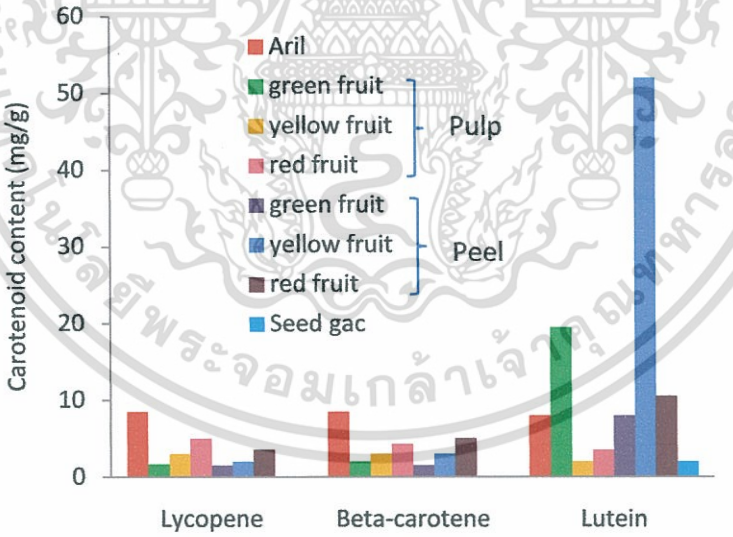
Aoki et al. (2002) อ้างโดย Kubola J. and Sirithon S. (2011) รายงานว่าระดับของแคโรทีนอยด์ในผลไม้บางอย่างที่เพิ่มขึ้นระหว่างการสุก ระดับของความสุกอาจเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์พบในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rodrigues et al. (1976) ที่ศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะระ (*Momordica charantia*) ได้รายงานว่าปริมาณของแคโรทีนอยด์ที่แตกต่างกันเพิ่มขึ้นจากผลอ่อน: ผลสีเขียว : ผลสุก คือ 5 : 6 : 14 ความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน ซีแซนทีนและไลโคปีนเพิ่มขึ้นในระดับปานกลางในระหว่างการสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 โครมาโตกราฟของ standard carotenoids และ สารประกอบแคโรทีนอยด์ในเปลือกที่มีสีเหลืองของฟักข้าว

ที่มา : Kubola J. and Sirithon S. (2011 : 1141)



ภาพที่ 2.13 สารประกอบแคโรทีนอยด์ในฟักข้าว

ที่มา : Kubola J. and Sirithon S. (2011 : 1141)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 สับปะรด (pineapple)

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากบริเวณทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกสามารถปลูกได้ง่าย โดยการฝังกลบหน่อหรือส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล แต่ละท้องถิ่นเรียกสับปะรดแตกต่างกันออกไป เช่น ภาคกลาง เรียกว่า "สับปะรด" ภาคอีสาน เรียกว่า "บักนัด" ภาคเหนือ เรียกว่า "มะนัด, มะขะนัด, บ่อนัด" ภาคใต้ เรียกว่า "ย่านัด, หย่านัด, ย่านนัด, ขนุนทอง, มะลิ" (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. Online)

ภาพที่ 2.14 ผลของสับปะรด
ที่มา : Food Structure of Pineapple (ม.ป.ป. : Online)

2.1.5.1 ลักษณะของสับปะรด

สับปะรดเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90-100 ซม. มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสามารถดัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย

สับปะรดแบ่งตามลักษณะการเจริญเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) พวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน, 2) พวกอาศัยอยู่ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ, และ 3) พวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. Online)

2.1.5.2 ประโยชน์และสรรพคุณของสับปะรด

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ม.ป.ป. : Online) ได้กล่าวถึงประโยชน์และสรรพคุณของสับปะรดไว้ดังนี้

1. ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันแข็งแรง รับประทานสับปะรดวันละหนึ่งชิ้นก็จะช่วยให้ร่างกายได้รับวิตามินซี คือวิตามินช่วยในการทำงานของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและยังช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันแข็งแรง เพื่อป้องกันไม่ให้ร่างกายติดเชื้อและต่อสู้กับเชื้อโรคต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่วยในการย่อยอาหาร สับปะรดมีกากใยอาหารอาหารมากซึ่งมีความสำคัญกับการย่อยอาหารและเป็นที่รู้กันอยู่ว่ากากใยอาหารช่วยลดคลอเลสเตอรอล ควบคุมน้ำตาลในเส้นเลือดและช่วยลดความเสี่ยงของมะเร็ง เพราะในสับปะรดมีเอนไซม์ตามธรรมชาติที่มีชื่อว่า บรอมีเลน (Bromelain) สามารถช่วยย่อยอาหารได้ทั้งในสภาวะเป็นกรดและด่าง

3. ช่วยให้เลือดลมไหลเวียนดี สับปะรดมีสารแอนตี้ออกซิแดนท์ เช่น วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และแมงกานีสที่จะช่วยป้องกันอันตรายจากอนุมูลอิสระที่จะทำลายโครงสร้างของเซลล์และอาจทำให้เป็นโรคหัวใจและอัมพฤกษ์ อัมพาต นอกจากนี้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ยังมีความสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอีกด้วย

4. ป้องกันความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง

5. ช่วยป้องกันโรคต่างๆ

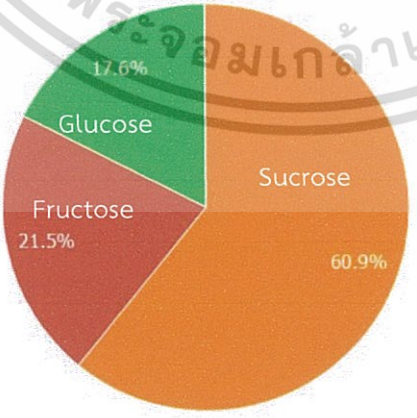
6. ช่วยให้เหงือกแข็งแรง สับปะรดช่วยให้สุขภาพในช่องปากแข็งแรง เนื่องจากสับปะรดมีวิตามินสูงที่จะช่วยป้องกันความเสี่ยงจากโรคเหงือกได้

7. ช่วยยับยั้งการอักเสบ เอนไซม์บรอมีเลน ในสับปะรดจะช่วยยับยั้งการอักเสบทั้งนี้ชาวอเมริกาใต้โบราณใช้สับปะรดเป็นยารักษาโรคผิวหนังและรักษาบาดแผล

8. สำหรับสุภาพสตรีที่มีอาการปวดประจำเดือน อาการอักเสบจากริดสีดวงทวาร หรือผู้ป่วยอาการที่เกี่ยวข้องกับเส้นเลือดดำโรคกระดูกข้ออักเสบรูมาตอยด์ เก๊าท์ หากรับประทานสับปะรดเป็นประจำจะช่วยบรรเทาอาการต่างๆ เหล่านี้ได้รวมไปถึงสมานแผลให้ทุเลาได้เร็วขึ้น

2.1.5.3 ปริมาณน้ำตาลในสับปะรด

จากภาพที่ 2.15 จะเห็นได้ว่าในสับปะรดมีปริมาณของน้ำตาลซูโครสในปริมาณสูง และมีน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโต ซึ่งน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดล้วนเป็นน้ำตาลที่พบมากในผลไม้หลายชนิด Food Structure of Pineapple (ม.ป.ป. : Online)



ภาพที่ 2.15 แสดงปริมาณน้ำตาลในสับปะรด

ที่มา : Food Structure of Pineapple (ม.ป.ป. : Online)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการหมักดอง

2.2.1 ความหมายของการหมักดอง

การหมักดองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เช่น พืช เนื้อสัตว์ น้ำนม เป็นต้น ผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารนั้นได้เป็นเวลานาน ดังนั้นจึงสามารถจัดการหมักดองเป็นกรรมวิธีการหนึ่งในการถนอมรักษาและแปรรูปอาหารได้เช่นกัน (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ และวรวุฒิ ครูส่ง. 2545 : 65)

ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2550 : 1) ได้กล่าวถึงความหมายของการหมักไว้ดังนี้คำว่า "การหมัก" หรือ Fermantation ในทางชีวเคมี หมายถึง กระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นการสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ หรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารเคมีให้เป็นผลิตภัณฑ์และพลังงาน เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ลักษณะของการหมักส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ในสภาพไร้อากาศ (anaerobic condition) หรือสภาวะที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (microaerobic condition)

ความหมายของการหมักทางจุลชีววิทยา คำว่า "การหมัก" โดยทั่วไปได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางจุลชีวอุตสาหกรรม (Industrial microbiology) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ นำมาใช้ในการผลิตสารชีวภัณฑ์ (bioproduct) ชนิดต่างๆ ที่มีคุณค่าและราคาแพง การใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดของเสีย การนำจุลินทรีย์มาใช้ในการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่มีราคาถูกให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบนั้นๆ ตัวอย่างของการหมักในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ เอทธานอล การผลิตโปรตีนเซลล์เดียว และการผลิตเอนไซม์ การผลิตกรดอะมิโน การผลิตกรดอินทรีย์ และการผลิตสารปฏิชีวนะ เป็นต้น

มาลินี อัศวดิษฐเลิศ (2551 : Online) ให้ความหมายคำว่า การหมัก มาจากภาษาละติน คือ Fervere หมายถึงการเดือด (Boil) ซึ่งสื่อถึงลักษณะของฟองก๊าซที่เกิดขึ้นในการหมักผลไม้และข้าวมอลต์โดยยีสต์ การที่น้ำหมักที่ได้มีลักษณะเป็นฟองเนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลในผลไม้เป็นแหล่งอาหาร (แหล่งอาหารของยีสต์ นักวิชาการเรียกว่าแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน) ทำให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี่เองที่ทำให้น้ำหมักที่ได้มีลักษณะเป็นฟอง ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ได้ให้คำจำกัดความของการหมักกว้างขึ้น โดยเน้นว่าการหมักเป็นกระบวนการแปรสภาพทางชีวเคมีเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยกระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยการผลิตเอนไซม์ของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการหมัก

ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2550 : 4) ได้กล่าวไว้ว่า ผลิตภัณฑ์จากการหมักที่สำคัญมี 5 กลุ่ม คือ

2.2.2.1 การหมักเพื่อผลิตเซลล์จุลินทรีย์ โดยเรียกผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ว่า microbial cells หรือ biomass ให้ผลผลิตเป็นตัวเซลล์ หรือมวลชีวภาพ เช่น ยีสต์ขนมปัง และ single cell protein และโพรไบโอติกส์

2.2.2.2 การหมักเพื่อผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์ (Microbial enzyme) เช่น Glucosoxidase enzyme ได้จาก *S. cerevisiae* เป็นต้น

2.2.2.3 การหมักเพื่อผลิตสารเมแทบอไลท์ (microbial metabolites) โดยเมแทบอไลท์จากจุลินทรีย์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือสารเมแทบอไลท์ปฐมภูมิ (primary metabolite) ได้แก่ เอทธานอลกรดแลคติกกรดอะซิติกกรดอะมิโนและสารเมแทบอไลท์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ได้แก่ สารปฏิชีวนะ

2.2.2.4 การหมักเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบบางอย่าง (Transformation) ในระหว่างการหมัก เช่น การผลิตสารสเตอรอยด์

2.2.2.5 การหมักเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นดัดแปลงสารพันธุกรรม (Recombinant products) เช่น การดัดแปลงสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ในการหมักผลิตภัณฑ์จากนม

2.2.3 ประเภทของการหมักอาหาร

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online) ได้กล่าวถึงประเภทของการหมักอาหารไว้ดังนี้

2.2.3.1 การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) โดยใช้จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ (yeast) เช่น *Saccharomyces cerevisae* เป็นการหมักน้ำตาลกลูโคสเพื่อให้ได้เอธิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เพื่อผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (alcoholic beverage) ได้แก่ เบียร์ (beer) ไวน์ (wine) วอดก้า (vodka) วิสกี้ (whiskey) บรั่นดี (brandy) และใช้ในการหมักขนมปัง (bread) เนื่องจากการหมักแอลกอฮอล์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ที่ช่วยในการขึ้นฟูของขนมปัง และทำให้ขนมปังที่เนื้อสัมผัสที่ดี

$$\underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{ethyl alcohol}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{carbon dioxide}}{CO_2}$$

ภาพที่ 2.16 สมการกระบวนการหมักให้เกิดแอลกอฮอล์

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online)

2.2.3.2 การหมักให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation) โดยใช้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ได้แก่ *Lactobacillus, Streptococcus, Lactococcus,*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leuconostoc ที่สามารถหมัก (fermentation) ให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) โดยมีวัตถุดิบเป็นน้ำตาลแลคโตส (lactose) ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หรือมีออกซิเจนเล็กน้อย ในอุตสาหกรรมอาหาร การหมักประเภทนี้เพื่อผลิตอาหารเช่นผลิตภัณฑ์อาหารหมักจาก lactic acid bacteria ประเภทต่างๆ ได้แก่

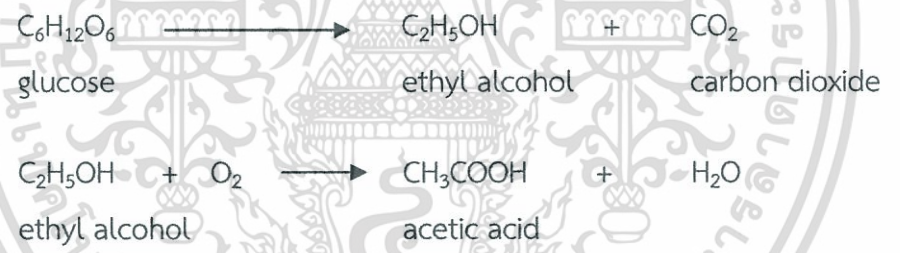
- ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากนม เช่น โยเกิร์ต (yogurt) นมเปรี้ยว (fermented milk) เนยแข็ง (cheese)

- ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว ซาลามี (salami)

- ผลิตภัณฑ์หมักจากผักและผลไม้ เช่น ผักดอง กิมจิ (kimchi) ซาวเคราท์ (Sauerkraut) ผลไม้ดอง

- ผลิตภัณฑ์หมักจากถั่วเหลือง (soybean) เช่น ซีอิ๊ว (fermented soy sauce) เต้าเจี้ยวมิโซ (miso)

2.2.3.3 การหมักให้เกิดกรดอะซิติก (acetic acid fermentation) โดยใช้แบคทีเรียในกลุ่ม acetic acid bacteria เช่น Acetobacter ซึ่งสามารถออกซิไดซ์ เอทธิลแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดอะซิติก (acetic acid) ในสภาวะที่มีอากาศ ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เพื่อการผลิตน้ำส้มสายชู (vinegar)



ภาพที่ 2.17 สมการกระบวนการหมักให้เกิดกรดอะซิติก

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online)

2.2.4 ขั้นตอนในกระบวนการหมัก

ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2550 : 4) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการหมักไว้ดังนี้

ขั้นตอนหมักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักประกอบด้วยกระบวนการต้นน้ำ (upstream) กระบวนการกลางน้ำ หรือกระบวนการหมัก ซึ่งเกิดขึ้นใน bioreactor และกระบวนการปลายน้ำ (downstream) กระบวนการต้นน้ำ เป็นขั้นตอนการเตรียมการต่างๆ ก่อนการหมักเริ่มต้นตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ (ซึ่งอาจมีวิธีการเตรียมที่ต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นสับสเตรตในการหมัก) การเตรียมเชื้อกล้า การฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อจนถึงขั้นตอนที่กล้าเชื้อเข้าสู่ถังหมัก จากนั้นเป็นกระบวนการหมัก เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์จนได้ผลิตภัณฑ์ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการปลายน้ำเป็นขั้นตอนต่างๆ ภายหลังออกจากถังหมัก ได้แก่ การแยกและการทำผลิตภัณฑ์ให้บริสุทธิ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีวิธีการแยกต่างกัน เช่น ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดที่จุลินทรีย์สร้างและขับออกมานอกเซลล์ ปล่อยลงสู่น้ำหมัก การเก็บเกี่ยวก็สามารถนำน้ำหมักมาแยกได้เลย ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างและเก็บไว้ในตัวเซลล์ ขั้นตอนแรกของการเก็บเกี่ยวต้องทำให้เซลล์แตก ซึ่งอาจจะใช้วิธีกลหรือใช้สารเคมีเพื่อให้เซลล์แตกและปล่อยผลิตภัณฑ์ลงสู่น้ำหมักจากนั้นก็นำน้ำหมักมาแยกผลิตภัณฑ์ วิธีการแยกมีความจำเพาะต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ ย่อมมีการใช้จุลินทรีย์ที่แตกต่างกันตามความต้องการให้เกิดผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์มีคุณสมบัติในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

มาลินี อัศวดิษฐเลิศ (2551 : Online) ได้กล่าวถึงกระบวนการหมักในระดับอุตสาหกรรมประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เกี่ยวข้องกับการแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์จากแหล่งต่างๆ ให้บริสุทธิ์การทดสอบคุณสมบัติและความสามารถด้านต่างๆ ของจุลินทรีย์ รวมถึงการดัดแปลงพันธุกรรมจุลินทรีย์เพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยวิธีการที่เหมาะสมและจำเพาะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบ จุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (Inoculum) ซึ่งคือการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ให้แข็งแรงและมีปริมาณมากเพียงพอต่อการหมัก และการเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material หรือ Substrate) สำหรับนำมาถ่ายลงในถังหมักเพื่อให้เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์สำหรับภาชนะสำหรับเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดการหมัก เรียกว่า ถังหมัก (Fermenter) หรือ ถังปฏิกรณ์ทางชีวภาพ (Bioreactor)

สิ่งสำคัญในขั้นตอนนี้ คือการปรับสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในปริมาณสูงในห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยทั่วไปนิยมใช้ถังหมักขนาดเล็ก หรือในบางกรณีอาจใช้ขวดรูปชมพู่ (Flask) หากขั้นตอนนี้ประสบความสำเร็จได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปริมาณสูง (Quality & Quantity of end product) ก็ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการขยายถังหมัก และปรับปรุงกระบวนการผลิตในขนาดที่ใหญ่ขึ้นในระดับต้นแบบ (Pilot scale) และขยายไปสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Large scale หรือ Industrial scale) ซึ่งถังหมักที่ใช้มีขนาด รูปร่าง วัสดุที่ใช้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน และผลิตภัณฑ์ที่ได้ปฏิกิริยาระหว่างกระบวนการหมักค่อนข้างซับซ้อนและมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ส่วนผสมต่างๆ สำหรับเลี้ยงจุลินทรีย์ และสภาวะในการหมัก (Parameter) เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง การให้อากาศ อัตราการไหลของสารเข้าสู่ถังหมัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่สี่ เป็นขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นและการทำให้บริสุทธิ์ วิธีการยุ่งยากซับซ้อนเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นยารักษาโรคต้องอาศัยวิธีการทำให้บริสุทธิ์มากกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆ

กระบวนการหมักในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิต ตลอดจนการจัดการคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเทคโนโลยีการหมักต้องอาศัยความรู้จากหลายสาขาวิชา ได้แก่ จุลชีววิทยา ชีวเคมี พันธุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เคมีฟิสิกส์ คอมพิวเตอร์ และเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำมาดำเนินการในการเลี้ยงจุลินทรีย์ในสภาวะที่เหมาะสม

2.3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

ในกระบวนการหมักทางอุตสาหกรรม จุลินทรีย์หรือเอนไซม์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของตัวเซลล์หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมีความหลากหลายทั้งในชนิดและสายพันธุ์ ชนิดของจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการหมักโดยทั่วไป ได้แก่ แบคทีเรีย รา ยีสต์ รวมถึงสาหร่าย โดยในกลุ่มของเชื้อราแบคทีเรียและยีสต์มีความสำคัญในการหมักเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์หลายชนิดแต่จุลินทรีย์กลุ่มบางชนิดก็เป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ทั้งในคนและสัตว์ เชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ในสารอาหารหลายชนิด อย่างไรก็ตามในแง่ของกระบวนการหมักเชื้อจุลินทรีย์หนึ่งชนิดสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง รวมถึงสารบางอย่างที่เป็นตัวกระตุ้นการสร้างผลิตภัณฑ์ ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ (ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550 : 4)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online) ได้กล่าวไว้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักอาหาร ใช้ได้ทั้งเชื้อที่มาจากธรรมชาติ หรืออยู่ในรูปของกล้าเชื้อ (starter) เชื้อจุลินทรีย์ เช่น รา แบคทีเรีย ยีสต์ ที่เพาะขึ้นเพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในการหมัก (fermentation) อาจมีการผสมของเชื้อหลายสายพันธ์ หรือเป็นเชื้อบริสุทธิ์ ซึ่งอยู่ในรูปของเหลวหรือในรูปผง หรือเป็นก้อนที่สะดวกกับการใช้งาน โดยผสมกับสารอื่น ป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (anticaking agent)

2.3.1 คุณลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อ

2.3.1.1. ลักษณะที่ต้องการของกล้าเชื้อคือ แข็งแรง เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว และอยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (log phase) สามารถให้ผลผลิตที่ต้องการได้ในปริมาณมาก

2.3.1.2. ไม่เป็นจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ไม่สร้างสารพิษ เช่น เชื้อราต้องไม่ใช่สายพันธุ์ที่สร้าง mycotoxin เช่น อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) หรือสารพิษอื่นที่อาจเป็นอันตรายในอาหาร (food hazard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แบคทีเรียกรดแลคติก

บุษกร อุตรภิชาติ (2548 : 19) กล่าวว่า แบคทีเรียกรดแลคติก เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ ย้อมติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase) มีทั้งชนิดที่มีรูปท่อน และรูปกลม แหล่งที่มักพบแบคทีเรียกรดแลคติกได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์นมและ อาหารหมักดองต่าง ๆ เป็นต้น แบคทีเรียกรดแลคติกส่วนใหญ่ ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Microaerophile) บางชนิดเป็นพวกไม่ต้องการอากาศอย่างยิ่ง (Strickly anaerobe) เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่ได้พลังงานจากการเฟอร์เมนต์น้ำตาลโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน เป็นเชื้อที่ต้องการอาหารค่อนข้างสลับซับ ซ้อนและอุดมสมบูรณ์ (Complex and enrichment media) โดยใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งไนโตรเจนเชื้อจะเติบโตได้ในอาหารที่มี Growth factor และวิตามินหลายชนิด เช่น ไบโอทิน (Biotin)

ตารางที่ 2.5 ชนิดของจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูป

ชนิดของจุลินทรีย์	ผลิตภัณฑ์อาหารหมัก
แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria)	นมเปรี้ยว โยเกิร์ต แหนมซาลามิ ซาวเคราท์ กิมจิ
รา ยีสต์ ร่วมกับ lactic acid bacteria	ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว มิโซเต้าหู้ยี้
แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก (acetic acid bacteria)	น้ำส้มสายชู วุ้นมะพร้าว
ยีสต์	เบียร์ ไวน์ บรั่นดี วิสกี้ วอดก้า ขนมปัง
รา ร่วมกับยีสต์	สาโท สาเก
รา	เทมเป้ เนยแข็ง เช่น blue cheese SainteMaure de Touraine
แบคทีเรียในสกุล Bacillus	ถั่วเน่า นัตโตะ

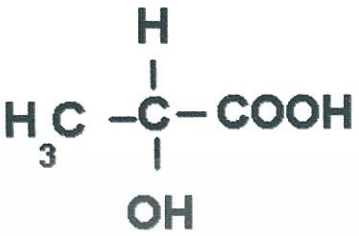
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online)

อังคณา ชมภูมิ่ง และคณะ (2553 : 13) กล่าวถึงแบคทีเรียแลคติกไว้ดังนี้ แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิพบในอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ ส่วนมากแบคทีเรียนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย แบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดได้ออกซิเจนโดยผ่านเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเดส (flavaprotein oxidase) และใช้ออกซิเจนนี้สร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือใช้เพื่อรีออกซิไดซ์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดีไฮโดรจิเนชั่นของน้ำตาล

มีชัย ลัดดี (2551 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า แบคทีเรียกรดแลคติก คือ เป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งไม่สร้างสปอร์ ขาดเอนไซม์คะตะเลส ขาดไซโตโครม ทนต่อสภาวะมีอากาศ (aerotolerant) ทนต่อความเป็นกรด ต้องการสารอาหารสูงในการเติบโต และผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักน้ำตาล อย่างไรก็ตามแบคทีเรียกลุ่มนี้ บางชนิดสามารถผลิตเอนไซม์คะตะเลสเทียม (pseudocatalase) ซึ่งขาดกลุ่มพอร์ไฟริน (porphyrin group) และในสภาวะจำกัดสารอาหารกลุ่ม streptococci เช่น *Streptococcus brevis* มีการผลิตกรดแลคติกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



กรดแลคติก
(lactic acid)

ภาพที่ 2.18 กรดแลคติก
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (ม.ป.ป. : Online)

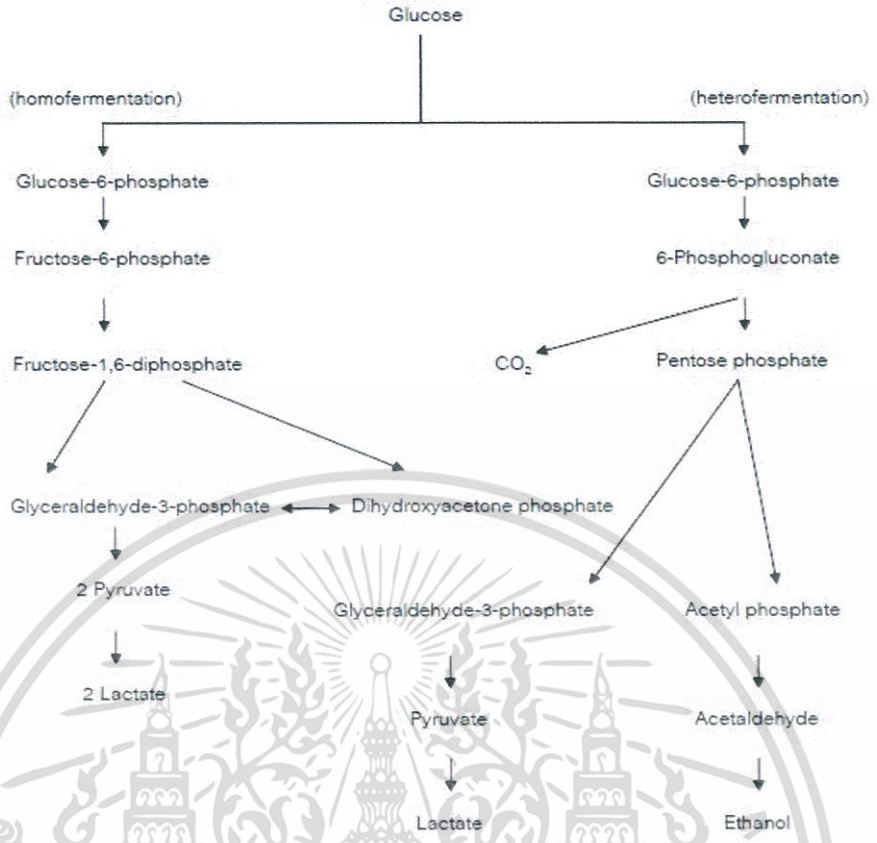
2.3.3 กระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติก

พรรณทิพา จันทร์ทัง (2553 : 11) ได้กล่าวไว้ว่า แบคทีเรียกรดแลคติกแต่ละชนิดมีความสามารถในการหมักน้ำตาลแตกต่างกันซึ่งผลจากการหมักสามารถแบ่งรูปแบบของกระบวนการหมักได้ 2 รูปแบบ คือ

2.3.3.1. Homofermentation เป็นการหมักให้เกิดกรดแลคติก โดยแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตกรดแลคติกจากการหมักน้ำตาลกลูโคสโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Emden-Meyerhof-Pamas (EMP) หรือ glycolytic pathway ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดแลคติกได้ประมาณร้อยละ 95 จากการหมักกลูโคส โดยกลูโคส 1 โมเลกุลเมื่อผ่านเข้าสู่ EMP จะได้ไพรูเวท 2 โมเลกุล จากนั้นไพรูเวทจะถูกเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ กรดแลคติก แบคทีเรียแลคติกที่มีรูปแบบการหมักแบบนี้มีทั้งชนิดที่มีรูปร่างเป็นท่อน เช่น จีนัส *Lactobacillus* และชนิดที่มีรูปร่างวงกลม เช่น จีนัส*Streptococcus*, *Lactococcus* และ *Enterococcus* เป็นต้น

2.3.3.2 Heterofermentation เป็นการหมักกลูโคสโดยแบคทีเรียกรดแลคติกไปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ กรดแลคติก กรดแอซิติด เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ตัวอย่างแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีรูปแบบการหมักแบบนี้ ได้แก่ จีนัส *Lactobacillus* บางสปีชีส์ และจีนัส *Leuconostoc* โดยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในจีนัส *Lactobacillus* มีการหมักได้ทั้งสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



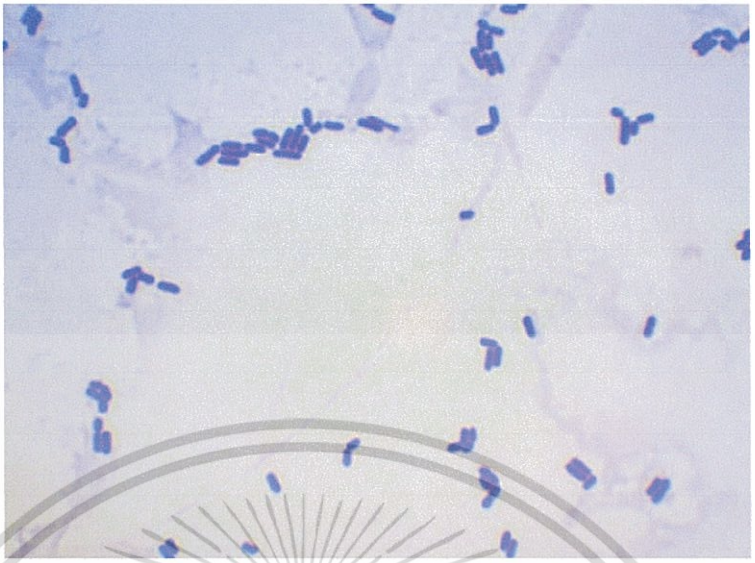
ภาพที่ 2.19 การผลิตกรดแลคติกโดยกระบวนการหมักแบบ Homofermentation และ Heterofermentation

ที่มา : พรรณทิพา จันทร์ทัง (2553 : 11)

2.3.4 *Lactobacillus pentosus*

แลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส (*Lactobacillus pentosus*) เป็นแบคทีเรียรูปร่างแท่ง เซลล์มีลักษณะแท่งตรงปลายมน มีขนาดความกว้าง 1.0 – 1.2 ไมครอน ยาว 2.0 – 5.0 ไมครอน พบอยู่เป็นเซลล์เดียว เป็นคู่หรือโซ่สายสั้นๆ เจริญได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะผลิตกลีเซอรอลในการหมัก เป็นแบคทีเรียที่ได้จากข้าวโพดหมัก มะกอกหมักและมูลสัตว์ (Wood and holzapfel, 1995 : 43 - 44) แบคทีเรียสายพันธุ์นี้ เป็นสายพันธุ์ที่สามารถผลิตแบคเทอริโอซิน เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส พีเอชเป็นกลาง และสภาวะที่ไม่มีโซเดียมคลอไรด์ อย่างไรก็ตามสภาวะที่กระตุ้นให้เกิดแลคเทอริโอซิน เจริญได้ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และสภาวะที่ทนโซเดียมคลอไรด์ได้ปานกลาง (ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2551 : 16).ในปัจจุบันมีรายงานการวิจัยของนักวิจัยหลายท่านว่า *L. pentosus* เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้เป็นจุลินทรีย์ในการหมักผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก ที่แสดงถึงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ดี และมีปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นจำนวนมาก (Grounta et al.. 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 *Lactobacillus pentosus* กำลังขยาย 1,000 เท่า
บันทึกภาพ : ศันสนีย์ เกียรติสถิตย์

2.4 โพรไบโอติก

2.4.1 ความหมายของโพรไบโอติก

รากศัพท์ของคำว่า "โพรไบโอติก"(probiotics = pro+biotos) มาจากภาษากรีกของคำว่า "โพร" (pro) และ "ไบโอทอส" (biotos) ซึ่งหมายถึง "สำหรับชีวิต" (for life) หรือ"ส่งเสริมชีวิต" ตรงข้ามกับคำว่า "แอนติไบโอติก" (antibiotics) ซึ่งหมายถึง "ต่อต้านชีวิต" หรือ "ปฏิชีวนะ" โดยยับยั้งหรือต่อต้านสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งซึ่งอาจหมายถึงจุลินทรีย์ชนิดก่อโรค ส่วนโพรไบโอติกนั้นใช้เพื่อส่งเสริมสิ่งมีชีวิต (Suskovic et al. 2001: 222 - 23 ; Vasiljevic and Shah. 2008 : 714 - 728)

โพรไบโอติก จะประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต อาจมีเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิด โดยโพรไบโอติกจะผลิตสารแบคเทอริโอซิน (bacteriocin) จัดเป็นสารชีวภาพที่มีความแตกต่างจากยาปฏิชีวนะ (antibiotic) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกบางชนิดที่ก่อให้เกิดโรคหรือทำให้อาหารเน่าเสีย (เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2552 : 67)

ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2553 : 41) กล่าวว่า โพรไบโอติก มาจากภาษากรีก หมายถึง "สำหรับชีวิต" จุลินทรีย์โพรไบโอติก จึงหมายถึง เชื้อจุลินทรีย์เดี่ยวหรือผสมที่มีชีวิต และเมื่อมีการนำมาใช้กับสัตว์หรือคนจะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่ได้รับ โดยช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์เจ้าถิ่น และช่วยให้ร่างกายเกิดการสมดุล หรือเรียกว่า จุลินทรีย์โพรไบโอติก เป็นเชื้อชูชีพกัน โพรไบโอติก (Probiotics) เป็นสายพันธุ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะไปตั้งรกรากอาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่แต่เดิมในลำไส้ ทำให้แบคทีเรียที่ดีมีจำนวนมากขึ้น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ไม่ดีมีจำนวนลดลง ทำให้สุขภาพของลำไส้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังให้ประโยชน์อื่นๆ เช่น เพิ่มภูมิคุ้มกัน เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์นั้นๆ (วิมล ศรีศุข. 2553 : Online)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2551 : 21) ให้ความหมายของ จุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotics) ว่า จุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ทั้งนี้ไม่รวมถึง 1.จุลินทรีย์ ที่ใช้เป็นสารชีวบำบัด (biotherapeutic agents) 2. จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (beneficial microorganisms) ที่ไม่ใช้ในอาหาร 3. จุลินทรีย์ที่ได้จากการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Microorganism, GMM) 4. จุลินทรีย์ บักเตรี แบคทีเรีย หรือยีสต์

นลิณี รัตนสุวรรณ (2558 : 29) กล่าวว่า โพรไบโอติก (Probiotics) หมายถึง อาหารที่จุลินทรีย์ยังมีชีวิตอยู่ในระบบทางเดินอาหารมีลักษณะทนต่อสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหาร ทนต่อเกลือน้ำดีในระบบการย่อยอาหาร สามารถยึดเกาะผนังลำไส้ได้และมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนี/มิลลิลิตร มีคุณสมบัติช่วยปรับความสมดุลของจุลินทรีย์ที่ดีภายในลำไส้ในระบบทางเดินอาหารป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเกาะผนังลำไส้ช่วยในระบบการย่อยสลาย ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคในอาหาร และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่จำหน่ายแบบเซลล์สด เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต ชีส เป็นต้น และผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่จำหน่ายแบบเซลล์แห้ง เช่น โพรไบโอติกชนิดผงบรรจุซอง แคปซูล กล้าเชื้อ (ศจี สุวรรณศรี และ นรภัทร หวันเหล็ม. 2557 : 84 - 85)

ดังนั้น โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร โพรไบโอติกทนต่อสภาวะที่เป็นกรดในกระเพาะอาหาร เมื่อร่างกายมีจุลินทรีย์โพรไบโอติกในปริมาณที่เพียงพอจะส่งผลดีต่อร่างกาย มีประโยชน์ในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ภายในลำไส้ ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อโรค ช่วยในการขับถ่ายและย่อยอาหาร ลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็งลำไส้ โพรไบโอติกจะแบ่งออกได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบเซลล์ที่มีชีวิต กับรูปแบบเซลล์ตาย สามารถใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่า “ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก” ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่ได้รับรองจากองค์การอนามัยโลกว่าเป็นชนิดแบคทีเรียที่มีความปลอดภัย

2.4.2 บทบาทของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotics) ต่อสุขภาพ

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2555 : Online) กล่าวว่า แบคทีเรียโพรไบโอติก (probiotics) ผลิตสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์เนื่องจาก กรดแลคติก (lactic acid) ที่จุลินทรีย์สร้างจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) *เช่น Clostridium perfringens, Salmonella* เป็นต้นช่วยลดระดับของคลอเลสเตอรอล (cholesterol) ฟอสฟอลิปิด (phospolipid) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือด *โดย Lactobacillus acidophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มบิฟิโดแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะช่วยย่อยสลายคลอเลสเตอรอล (choloesterol) และยับยั้งการดูดซึมคลอเลสเตอรอลผ่านผนังลำไส้ลดอาการท้องผูกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก กรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์บิฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) ผลิตขึ้นจะกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้และช่วยเพิ่มความชื้นของอุจจาระทำให้สามารถขับถ่ายได้ดีขึ้นและเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมในระบบย่อยอาหารสามารถผลิตวิตามินต่างๆ เช่นVitamin B1, Vitamin B2, vitamin B6, Vitamin B12, biotin (vitamin H) nicotinic acid และ folic acid ได้

ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2556 : 53 - 54) กล่าวว่า จุลินทรีย์โพรไบโอติกอาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตซึ่งเรียกว่าผู้บริโภคหรือเจ้าบ้าน (host) แบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) ไม่ได้ให้ประโยชน์ต่อผู้บริโภคโดยตรง จุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายอาหารในร่างกาย เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสิ่งมีชีวิตที่เป็นเจ้าบ้านก็จะได้ประโยชน์ที่เกิดจากการย่อยสารอาหารของจุลินทรีย์นี้เอง ทำให้ได้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ และให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิตที่จุลินทรีย์นั้นๆ อาศัยอยู่เป็นการอาศัยผลประโยชน์ซึ่งกันและกัน ดังนั้น ความสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารจะทำให้เกิดการพัฒนาในลำไส้และส่งผลต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน ทำให้ผู้บริโภคมีความสามารถในการต้านทางโรค โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร

โพรไบโอติกมีประโยชน์ช่วยให้จุลินทรีย์ในลำไส้เกิดความสมดุล ช่วยป้องกันหรือทำให้อวัยวะภายในร่างกายที่สัมพันธ์กับทางเดินอาหารทำงานอย่างถูกต้อง (พนารัตน์ มอญใต้. 2555 : 13 - 15)

Bielecka and maria (2007. 413 - 426) ให้ประโยชน์ของโพรไบโอติกที่มีต่อสุขภาพไว้ดังนี้

1. เพิ่มคุณค่าทางอาหาร (ช่วยให้การย่อยดีขึ้น เพิ่มการดูดซึมของแร่ธาตุและวิตามิน)
2. ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้
3. ลดการตอบสนองต่อการอักเสบ
4. ป้องกันมะเร็ง
5. ลดคอเรสเตอรอลในซีรั่ม
6. ป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน
7. ช่วยให้สุขภาพดีขึ้น

เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล (2552 : 69) กล่าวว่า โพรไบโอติกประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งอาจมีเพียงชนิดเดียวหรือเป็นส่วนผสมของจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งมีประโยชน์ ดังนี้

1. เพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยปรับสภาวะภายในลำไส้ให้มีความเป็นกรดมากขึ้น ด้วยการผลิตกรดแลกติกออกมา รวมถึงการปล่อยสารยับยั้งการเจริญเติบโตจำพวกแบคเทอริโอซิน

2. ช่วยให้การย่อยอาหารสมบูรณ์ เพิ่มมวลอุจจาระและลดปัญหาในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องผูก ท้องเสียลำไส้อักเสบ โดยการสร้างสารเคมีออกมากำจัดแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค

3. ลดการสร้างสารพิษในจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่นอินโดล แอมโมเนีย เอมีน เป็นต้น และลดการดูดซึมสารพิษเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่งเสริมการสร้างภูมิต้านทานตามธรรมชาติ และช่วยให้เม็ดเลือดขาวทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. ช่วยในการย่อยและดูดซึมสารอาหาร รวมถึงการสังเคราะห์วิตามินและสารอาหารบางชนิด เช่น ในโยเกิร์ตพบกรดโฟลิก ไนอาซิน (วิตามินบี 3) และไรโบเฟลวิน ส่วนในเนยมักพบวิตามินบี 12 วิตามินบี 6 และกรดแพนโททีนิก

6. ยับยั้งการสร้างสารก่อมะเร็ง และต่อต้านการเกิดมะเร็ง โดยพบว่า เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* ซึ่งสามารถสังเคราะห์สารปฏิชีวนะได้ สายพันธุ์นี้มีชื่อย่อว่า LB-51 ซึ่งเป็นสารมีฤทธิ์ป้องกันมะเร็ง นอกจากนี้เกลือไนเตรท และไนไตรท์ที่ใช้ป้องกันการเน่าเสียในอาหารบางชนิด เช่น เบคอน แหนม แฮม ซึ่งคาดว่าอาจเป็นสารก่อมะเร็ง เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถเปลี่ยนเป็นสารที่ชื่อว่า ไนโตรซามีน ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้เกิดมะเร็งได้ พบว่า แลกโตบาซิลลัสบางสายพันธุ์สามารถทำลายไนโตรซามีนได้

7. ช่วยลดคลอเลสเตอรอลในเลือด พบว่าในน้ำนมหมักมีสารไฮดรอกซีเมทิลกลูตาเมท ซึ่งช่วยยับยั้งเอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์คลอเลสเตอรอล

8. ช่วยให้ผู้ที่มีอาการแพ้นม สามารถรับประทานนมได้เนื่องจากในน้ำนมมีน้ำตาล แลกโตส ซึ่งบางคนไม่สามารถย่อยได้เนื่องจากขาดเอ็นไซม์แลกเตส โดยแลกติกแอซิดแบคทีเรียจะผลิตเอนไซม์ชื่อ เบตา-กาแลกโตซิเดส ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์แลกโตส ให้เป็นกลูโคสและกาแลกโตส จากนั้นจึงนำกลูโคสมาใช้ผลิตกรดแลกติก

9. ช่วยย่อยสลายและหมักสารอาหารหรือเนื้อเยื่อของลำไส้ แล้วสังเคราะห์เป็นกรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty Acid: SCFA) ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด เช่น

- กรดบิวทิริก (Butyric acid) ช่วยในการซ่อมแซมผนังลำไส้และกำจัดสิ่งแปลกปลอมเป็นพลังงานให้เซลล์เยื่อบุผิวลำไส้รวมถึงลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้

- กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) เป็นพลังงานให้เซลล์ตับ ควบคุมการบีบตัวของลำไส้ใหญ่

- กรดแอซิติก (Acetic acid) ช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ลดความเสี่ยงของภาวะกระดูกพรุน

2.4.2.1 โพรไบโอติกกับระบบทางเดินอาหาร

กลไกการทำงานของโพรไบโอติกในการปกป้องทางเดินอาหารจากเชื้อก่อโรค (Verna and Lucak. 2010 : 307-319) ได้แก่

1. ปรับภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหารโดยการเปลี่ยนแปลงไซโตไคน์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ (inflammatory cytokine) และเกิด downregulation ของ proinflammatory cascades หรือเหนี่ยวนำกลไกการควบคุมความจำเพาะต่อสายพันธุ์เชื้อ (strain-specific manner)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โพรไบโอติกแบ่งตัวได้รวดเร็ว จึงแทนที่เชื้อก่อโรคในทางเดินอาหาร สามารถลดการยึดเกาะของเชื้อก่อโรคในผนังทางเดินอาหารได้

3. เปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของลำไส้ โดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ทำให้ทางเดินอาหารมีความเป็นกรดมากขึ้น จึงยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคได้

4. เพิ่มกลไกตามธรรมชาติในการปกป้องเยื่อบุทางเดินอาหาร (Epithelial barrier function)

5. เหนี่ยวนำตัวรับ (receptor) ชนิด μ-opioid และ cannabinoid ในเซลล์เยื่อบุลำไส้ (intestinal epithelial cells)

6. ลดความไวในการกระตุ้นของอวัยวะภายใน (visceral hypersensitivity) ลดการสื่อสารแบบนำเข้าของไขสันหลัง (spinal afferent traffic) และ ลด การตอบสนองต่อความเครียด (stress response)

โพรไบโอติกจะมีผลกับระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะบริเวณลำไส้ใหญ่ จะช่วยรักษาสมดุลระหว่างจุลินทรีย์ที่ดีและจุลินทรีย์ที่ไม่ดี แต่มีปัจจัยที่ส่งผลรบกวนสมดุลในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ความเครียด การใช้ยาปฏิชีวนะ การได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอ การเดินทาง การผ่าตัด ความเจ็บป่วย และอายุ เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่การทำงานที่ผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร (ณัฐสุดา นวลศรี. 2554 : 44) โพรไบโอติกมีบทบาทสำคัญต่อความสมดุลของลำไส้ ซึ่งส่งผลต่อการมีระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้เจ้าบ้านที่โพรไบโอติกอาศัยอยู่มีสุขภาพที่ดี เมื่อโพรไบโอติกผ่านเข้ามาในระบบทางเดินอาหาร และเกาะติดผิวเยื่อบุบริเวณลำไส้ ระบบภูมิคุ้มกันจะจดจำและมีความต้านทาน (oral tolerance) ยอมรับให้อยู่ร่วมกันโดยจุลินทรีย์จะอาศัยอาหารในการเจริญเติบโต ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับสิ่งที่เป็นประโยชน์ร่วมด้วย โดยโพรไบโอติกสามารถทำให้สภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่มีสภาพเป็นกรด ทำให้เชื้อโรคซึ่งมักไม่ทนกรดนั้นไม่สามารถเจริญได้ และยังสามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยย่อสลายสารอาหารบางชนิด สามารถผลิตสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ เช่น กรดอินทรีย์ แบคเทอริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารชนิดอื่นๆ (ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2556 : 62)

2.4.2.2 บทบาทของโพรไบโอติกต่อโรคต่างๆ

ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2556 : 55) กล่าวถึงบทบาทของโพรไบโอติกต่อโรคต่างๆไว้ดังนี้

2.4.2.2.1 การลดภาวะที่ร่างกายไม่สามารถย่อยหรือไม่ทนต่อน้ำตาลแลกโตส (lactose intolerance) โพรไบโอติกสามารถผลิตน้ำย่อยเพื่อช่วยย่อยแลกโตสในนมได้ ผู้ที่มีภาวะไม่ทนต่อน้ำตาลแลกโตส จะมีอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเดิน ปวดท้อง เมื่อร่างกายได้รับน้ำตาลแลกโตส ร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลกโตสได้เพราะขาดเอนไซม์ β-galactosidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยน้ำตาลแลกโตสหรือมีปริมาณของเอนไซม์ β-galactosidase ต่ำ จึงทำให้แลกโตสไม่สามารถถูกย่อยในทางเดินอาหาร โพรไบโอติกจึงเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่มีภาวะนี้ได้

2.4.2.2.2 การป้องกันหรือลดระดับการเกิดสารก่อมะเร็ง โพรไบโอติกอาจเกี่ยวข้องกับการป้องกันทะเร็งลำไส้ โดยอาศัยกลไกต่างๆ เช่น ช่วยกดการทำงานของสารก่อมะเร็ง ลดสารเมแทบอไลต์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น แอมโมเนียม อินโดล สแกโทล และลดปริมาณเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการก่อมะเร็ง (procarcinogenic enzyme) ในสำไส้ใหญ่ โพรไบโอติกยังอาจควบคุมหรือยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างสารหรือเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการก่อมะเร็งได้ และมีผลต่อการเคลื่อนไหวหรือการบีบตัวของลำไส้ ทำให้กำจัดสารก่อกลายพันธุ์ สารก่อมะเร็งให้ออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น ซึ่งมีรายงานตัวอย่างแบคทีเรีย *L. rhamnosus* GG ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของแลกโตบาซิลไล และ ไบฟิโดแบคทีเรียที่พบจากตัวอย่างอุจจาระได้ และพบว่าเชื้อคลอสตีเดียมีปริมาณลดลง

2.4.2.2.3 การปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โพรไบโอติกสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโดยการกระตุ้นเม็ดเลือกขาวโมโนไซต์ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งไหลเวียนไปตามหลอดเลือดให้เคลื่อนมายังตำแหน่งที่เชื้อโรครุกล้ำเข้ามาสู่ร่างกาย แล้วโมโนไซต์ก็เติบโตเป็นแมคโครฟาจเพื่อจับกินเชื้อโรคนั้น นอกจากนี้ ยังหลั่งสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทำลายเชื้อโรค เช่น ไซโตคายน์ ชนิดแกมมาโกลบูลิน เอ (Immunoglobulin A; IgA) อินเตอร์ลิวคิน (Interleukin) และทูเมอนิวโครซีสแฟคเตอร์ แอลฟา (Tumor Necrosis Factor; TNF-α) ทำให้ร่างกายป้องกัน ต่อต้านและกำจัดเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ที่เข้าสู่ร่างกายได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารคล้ายฮอร์โมนทำหน้าที่สื่อสารระหว่างเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อมาช่วยกันต่อสู้กับสิ่งแปลกปลอม เชื้อโรค หรือผู้รุกราน ณัฐสุดา นวลศรี (2554 : 44 – 45) ซึ่งส่งผลทำให้ระบบการตอบสนองของร่างกายทำงานดีขึ้นดังนี้

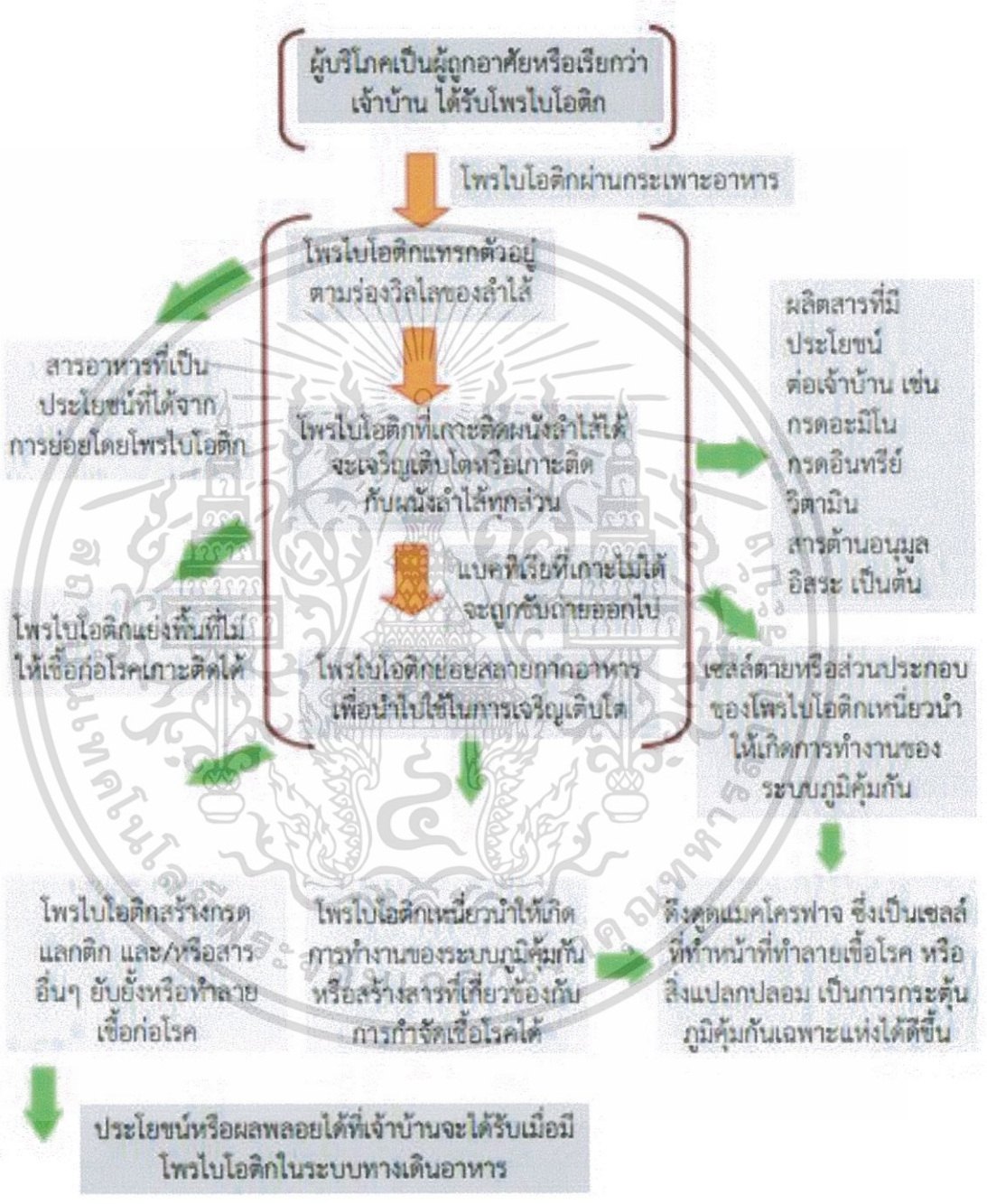
1. เพิ่มประสิทธิภาพของการรับวัคซีนโดนการรับประทาน
2. ลดระยะเวลาและความเสี่ยงของการเกิดอาการท้องร่วงบางชนิด
3. ลดความเสี่ยงและบรรเทาอาการติดเชื้อและโรคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน เช่น โรคภูมิแพ้

2.4.2.2.4 การลดภาวะภูมิแพ้และการอักเสบรุนแรง โพรไบโอติก สามารถกระตุ้นการสร้างสารที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยช่วยลดหรือป้องกันการสร้างโปรตีนหรือแอนติบอดี (antibody) ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้และการอักเสบรุนแรงของร่างกายได้ซึ่งแอนติบอดีดังกล่าวที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อภูมิแพ้ของร่างกาย คือ IgE และโพรไบโอติกยังช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างสารตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อไม่ให้เกิดการอักเสบรุนแรง เช่น อินเตอร์ลิวคิน-10 (IL-10) อีกด้วย

2.4.2.2.5 การลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด โพรไบโอติกที่สามารถสร้างน้ำย่อยหรือเอนไซม์ที่สามารถย่อยเกลือน้ำดีได้จะทำให้เกลือน้ำดีที่ถูกย่อยแล้วเป็นเกลือน้ำดีอิสระ (deconjugated bile salt) สามารถถูกขับออกทางอุจจาระได้ดี ทำให้ร่างกายใช้คลอเลสเตอรอลมา

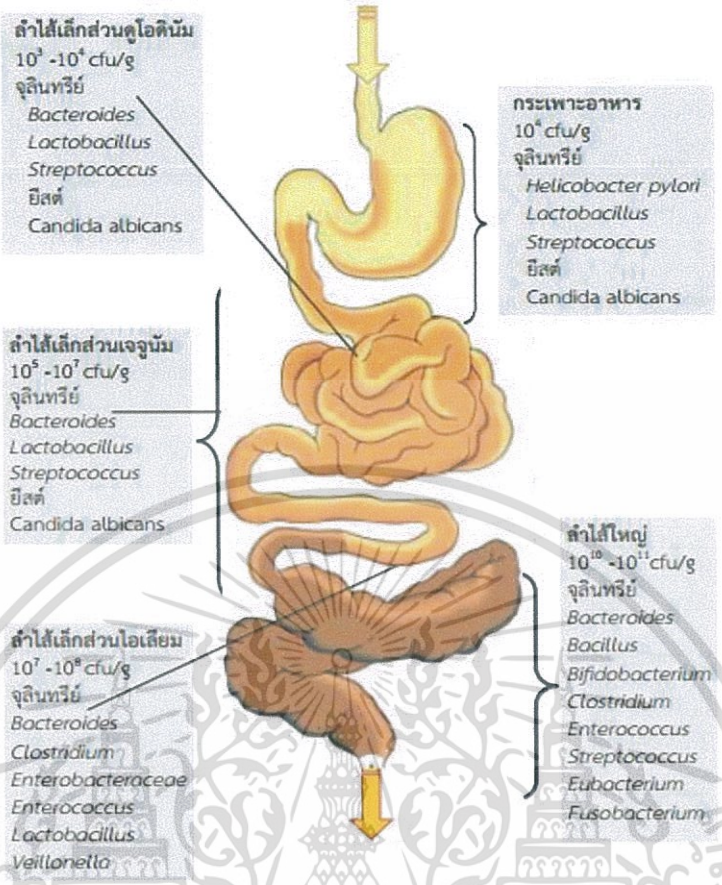
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเคราะห์เป็นเกลือน้ำดีทดแทนจึงส่งผลให้ลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดได้ นอกจากนี้อาจเนื่องจากการที่โพรไบโอติกนำเอาคลอเลสเตอรอลไปใช้ได้โดยตรง เพื่อการสร้างเป็นส่วนประกอบของเซลล์ เช่น ผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น ทำให้ปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดลดลง



ภาพที่ 2.21 บทบาทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ส่งผลต่อผู้บริโภคหรือเจ้าบ้าน
ที่มา : ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2556 : 55)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.22 ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบภายในระบบทางเดินอาหาร (กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่)

ที่มา : ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2556 : 58)

จากข้อความข้างต้นแสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์โพรไบโอติก มีความสำคัญและประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์ สามารถช่วยในการรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อโรค สร้างเอนไซม์ในการช่วยย่อยน้ำตาลแลกโตสสำหรับผู้บริโภคที่มีภาวะร่างกายไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลกโตสได้ ลดภาวะภูมิแพ้ การอักเสบ และลดระดับคลอเลสเตอรอล ทำให้ร่างกายมีสุขภาพที่ดีและมีประสิทธิภาพยับยั้งโรค

2.4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของโพรไบโอติก

Neha et al. (2012 : 98-101) กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของโพรไบโอติก ไว้ดังนี้

2.4.3.1 สภาพทางสรีรวิทยาของโพรไบโอติกสภาพทางสรีรวิทยาของโพรไบโอติกหลังจากการเตรียมเป็นสูตรตำรับจะต้องยังคงเดิม ทั้งนี้เพื่อความอยู่รอดของโพรไบโอติก ความแห้งของผลิตภัณฑ์จะช่วยลดการเกิดกระบวนการเมทาบอลิซึมได้ และอุณหภูมิส่งผลต่ออายุของโพรไบโอติก การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 อุณหภูมิ มีผลต่อการอยู่รอดของโพรไบโอติก โดยพบว่า หากอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการผลิตสูงกว่า 45 - 50 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณโพรไบโอติกที่มีชีวิตลดลง ดังนั้น กระบวนการต่างๆ ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป

2.4.3.3 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) แบคทีเรียบางชนิด เช่น *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* ทน pH ต่ำ ๆ ได้ดี เพราะสามารถสร้างกรดอินทรีย์และผลิตภัณฑ์อื่นจากการเมทาบอลิซึมคาร์โบไฮเดรตได้ มีหลายการศึกษาระบุว่า โพรไบโอติกจะสัมผัส pH ที่ต่ำ

2.4.3.4 แอกติวิตีของน้ำ (water activity) ระดับความชื้นและแอกติวิตีของน้ำที่สูง ทำให้โพรไบโอติก รอดชีวิตได้น้อย พบปฏิกิริยาระหว่างแอกติวิตีของน้ำและอุณหภูมิ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการอยู่รอดของโพรไบโอติก คือ เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้นโพรไบโอติกจะได้รับอันตรายจากความชื้นเพิ่มมากขึ้น

2.4.3.5 ออกซิเจน การคงสภาพของโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ที่มีแอกติวิตีของน้ำปานกลาง (0.4-0.7) เป็นวิธีการที่ส่งผลดีต่อโพรไบโอติก เช่น การกักเก็บในอนุภาคไมโคร หรือการผสมโพรไบโอติก ลงไปในส่วนที่เป็นไขมัน โพรไบโอติกกลุ่ม *Bifidobacteria* เจริญเติบโตในสภาพที่มีออกซิเจนได้ไม่ดี ถึงแม้ว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีเอนไซม์ที่ป้องกันความเป็นพิษจากออกซิเจนก็ตามการเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงในผลิตภัณฑ์ การป้องกันออกซิเจน หรือปรับปรุงสภาพของบรรจุภัณฑ์สามารถเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของโพรไบโอติกได้

2.4.3.6 ส่วนผสมในสูตรตำรับ โพรไบโอติกบางกลุ่มเจริญเติบโตได้ยาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเติมส่วนผสม เพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เช่น แหล่งคาร์บอน (carbon sources), growth factors หรือสารต้านอนุมูลอิสระ เกลือแร่ และวิตามิน นอกจากนี้ ส่วนผสมที่มีไขมันสูงหรือความจุบัฟเฟอร์ (buffer capacity) สูง จะช่วยปกป้องเซลล์ของโพรไบโอติกทั้งในระหว่างที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์และในระหว่างอยู่ในทางเดินอาหาร นอกจากนี้การเติมสารกันเสีย จะทำให้โพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตลดลง

2.4.3.7 freeze–thawing การแช่แข็งอาจส่งผลให้เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของโพรไบโอติก หากมี ความจำเป็นต้องแช่แข็ง การเติมสารป้องกัน (protectants) ในระหว่างการแช่แข็งหรือทำให้แห้งจะช่วยลดปัญหานี้ได้ การทำ freeze-thawing หลาย ๆ รอบ เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากทำให้โพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตต่ำ

2.4.3.8 แรงเฉือน (shear forces) โพรไบโอติกกลุ่ม *Lactobacilli* และ *Bifidobacteria* เป็นเชื้อแกรมบวกที่มีผนังเซลล์หนาสามารถทนต่อแรงเฉือนในระหว่างกระบวนการผลิตได้ดี เช่น ในระหว่างการผสมด้วยความเร็วสูง หรือการปั่นผสม แต่แรงเฉือนอาจส่งผลต่อการรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 จุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติก

นฤมล มงคลธนวัฒน์ (2558 : 211) กล่าวว่า จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการผลิตผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ *Lactobacillus* sp. *Bifidobacterium* sp. และอื่นๆ คุณสมบัติที่ดีของจุลินทรีย์โพรไบโอติก จะต้องเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์เดียวกับที่มีอยู่ในลำไส้ ทนต่อน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร สามารถแบ่งตัวเจริญเติบโตทำหน้าที่ได้เมื่อนำมาผสมกับอาหาร และยังมีชีวิตระยะหนึ่งหลังจากการเก็บรักษา (เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล, 2552 : 68) ซึ่งการคัดเลือกจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมักจากพืช หรือผลิตโพรไบโอติกโดยผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากพืช จึงเป็นเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ได้จากพืช ซึ่งจะช่วยเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค (ไชยวัฒน์ ไชยสุต และศศิธร ศิริลุน, 2553: 6)

ตารางที่ 2.6 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นสารโพรไบโอติก

Lactobacillus sp.	*Bifidobacterium* sp.	Others
L. acidophilus	*B. adolescentis*	*Bacillus cereus*
L. amylovorus	*B. anonalis*	*Clostridium botyricum*
L. brevis	*B. breve*	*Enterococcus faecalis*
L. casei	*B. bifidum*	*Enterococcus faecium*
L. caseisp.rhamnosus	*B. infantis*	*Escherichia coli*
L. delbrueckiisp.bulgaricus	*B. lactis*	*Lactococcuslactis sp.lactis*
L. fermentum	*B. longum*	*Pediococcusacidilactis*
L. helveticus		*Saccharomyces boulardii*
L. lactis		*Streptococcus salvariussp.*
L. paracasei		
L. plantarum		
L. reuteri		

ที่มา : นฤมล มงคลธนวัฒน (2558 : 212)

2.4.5 น้ำหมักพืช

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2547 : 1 - 6) ให้ความหมายและคุณลักษณะที่ต้องการของน้ำหมักพืช ดังต่อไปนี้

2.4.5.1 ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำหมักพืช

น้ำหมักพืช หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด เช่น ลูกยอ ลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม ผลมะเม่า ที่สดหรือแห้งและอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพดีมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช

กรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืช หมายถึง การหมักพืชหรือการสกัดน้ำจากพืช ด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แลกโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิซับส์ บัลการิคัส (*Lactobacillus delbrueckii* sub sp *bulgaricus*) แลกโตบาซิลลัส เคซิอิ (*Lactobacillus casei*) ไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium*) แลกโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส (*Lactobacillus acidophillus*) หรือจุลินทรีย์อื่น ที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืช ทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

น้ำหมักพืชแท้ หมายถึง น้ำหมักพืชที่ไม่มีการเจือน้ำ และไม่ปรุงแต่งกลิ่นรส

น้ำหมักพืชปรุง หมายถึง น้ำหมักพืชที่ทำจากน้ำหมักพืชแท้ อาจมีการเจือน้ำปรุงแต่งกลิ่นรส

2.4.5.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

2.4.5.2.1 ลักษณะทั่วไปต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีชิ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย

2.4.5.2.2 กลิ่น และกลิ่นรส ต้องมีสี กลิ่น และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

2.4.5.2.3 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขน สัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

2.4.5.2.4 วัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี) หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

2.4.5.2.5 เอทิลแอลกอฮอล์ ต้องไม่เกินร้อยละ 3 โดยปริมาตร

2.4.5.2.6 เมทิลแอลกอฮอล์ ต้องไม่เกิน 240 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.5.2.7 ความเป็นกรด - ด่าง ต้องไม่เกิน 4.3

2.4.5.2.8 จุลินทรีย์

(1) ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 50 กรัม

(2) สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

(3) คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

(4) เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มล.

(5) ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yoon et al. (2004. 315 - 318) ได้ศึกษาความเหมาะสมของน้ำมะเขือเทศในการนำมาหมักเป็นน้ำหมักโพรไบโอติกโดยแบคทีเรียกรดแลคติก (*Lactobacillus acidophilus* LA39, *Lactobacillus plantarum* C3, *Lactobacillus case i*A4, *Lactobacillus delbrueckii* D7) น้ำมะเขือเทศถูกนำมาเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านพีเอช ปริมาณกรด ปริมาณน้ำตาล และจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตภายใต้การควบคุมสภาวะ แบคทีเรียกรดแลคติกจะลดพีเอชถึง 4.1 หรือเพิ่มความเป็นกรด 0.65% หรือสูงกว่า และจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตจะมีประมาณ 1.0 - 9.0 x 10^9 CFU/ml หลังจากการหมัก 72 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ของแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิดในการหมักน้ำมะเขือเทศจะอยู่ที่ 10^6 - 10^8 CFU/ml หลังจากเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น้ำมะเขือเทศโพรไบโอติกสามารถใช้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสำหรับมังสวิรัติหรือผู้บริโภคที่แพ้ผลิตภัณฑ์นม

Nhung et al. (2010. 326 - 331) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนในเยื่อหุ้มเมล็ดและน้ำมันฟักข้าวในระหว่างการเก็บรักษา ได้ผลดังนี้ เยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าวสดมีไลโคปีน 2.378 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อเก็บผลฟักข้าวสดนาน 1 สัปดาห์ เยื่อหุ้มเมล็ดจะมีไลโคปีน 3.728 มิลลิกรัม/กรัม และเก็บไว้นานว่า 2 สัปดาห์ประมาณไลโคปีนจะลดลง ในทำนองเดียวกันเบต้าแคโรทีน ในผลฟักข้าวสดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไปนาน 1 สัปดาห์ จาก 0.2 เป็น 0.3 มิลลิกรัม/กรัม และจะลดลงเมื่อเก็บมากกว่า 2 สัปดาห์ น้ำมันฟักข้าวที่สกัดได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดมีความเข้มข้นของไลโคปีนเท่ากับเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 2.436 และ 2.592 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ น้ำมันฟักข้าวที่ไม่ถูกกระทำการใดๆหรือน้ำมันที่ถูกเติมด้วย butylated hydroxytoluene 0.02% หรือ ไนโตรเจน แล้วเก็บไว้ในที่มืดนานถึง 15 หรือ 19 สัปดาห์ ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (5 , อุณหภูมิห้อง, 45 และ 60 องศาเซลเซียส) พบว่า ไลโคปีน และเบต้าแคโรทีน ในน้ำมันฟักข้าวตัวควบคุมลดลงมากกว่าน้ำมันฟักข้าวที่ถูกเติมด้วย butylated hydroxytoluene 0.02% หรือ ไนโตรเจน และลดลงอย่างรวดเร็วภายใต้สภาพที่มีอุณหภูมิสูง (45 และ 60 องศาเซลเซียส)

Kubola and Sirithon (2011. 1138 - 1145) ได้ศึกษาปริมาณ Phytochemicals (ไลโคปีน, เบต้าแคโรทีน, ลูทีน, และสารประกอบฟีนอลิก) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟักข้าวในส่วนที่แตกต่างกัน (เปลือก, เนื้อ, เยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ด)แสดงให้เห็นว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดมีปริมาณไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนสูงสุด ในเปลือกสีเหลืองมีปริมาณลูทีนสูงสุด พบกรดฟีนอลมี 2 ชนิด คือ hydroxybenzoic และ hydroxycinnamic Gallic acid และ *p*-hydroxybenzoic acid พบในทุกส่วนของฟักข้าว Ferulic acid และ *p*-hydroxybenzoic acid จะเห็นได้ชัดที่ในเนื้อฟักข้าว ในกลุ่มของ Flavonoid พบ Myricetin เพียงชนิดเดียวในทุกส่วนของฟักข้าว พบว่า Apigenin เด่นชัดในเนื้อสีแดง และ luteolin พบมากในเยื่อหุ้มเมล็ด ในส่วนต่างๆ ของฟักข้าวได้ผ่านการทดสอบความแตกต่างของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยวิเคราะห์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี FRAPการต้านสารอนุมูลสิระที่มากที่สุดจะพบในเปลือกและเนื้อฟักข้าวที่ยังไม่สุก ขณะที่ในเมล็ดจะเพิ่มขึ้นจากผลที่ยังไม่สุกจนถึงผลสุก ปริมาณของฟีนอลิกทั้งหมด และฟาโวลนอยด์ในเปลือกและเนื้อฟักข้าวลดลงในช่วงการสุกของผล (ผลที่ยังไม่สุกมากกว่าผลสุก) และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระก็จะลดลงเช่นกันยกเว้นในเมล็ด

Vanajakshi et al. (2015. 1268 - 1273) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำมะรุมและบีทรูท ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน (1: 1, 1: 2, 1: 3 และ 1: 4) หมักด้วย *Lactobacillus plantarum* และ *Enterococcus hirae* เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี น้ำมะรุมกับบีทรูทที่มีค่า pH เท่ากับ 6.5 สามารถเก็บรักษาได้ถึง 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การหมักน้ำมะรุมกับบีทรูทช่วยลดปริมาณของ raffinose 60 %โดยประมาณ และแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมการต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่เกิดจากอาหาร เช่น *Bacillus cereus, Escherichia coli, Listeria monocytogenes* และ *Staphylococcus aureus* นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ (20.79 %) มีปริมาณฟีนอล 5 mg/ml แคลเซียม 11.8 mg/ml และธาตุเหล็ก 0.2 (mg/ml) โดยรวมแล้วน้ำหมักมะรุมกับบีทรูทเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- Hot plate
- Hand Refractometer
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตู้เย็น
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
- ตู้ปลอดเชื้อ (Bionazard Laminar Flow)
- เครื่องปั่น
- เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)
- หม้อสแตนเลส
- หลอดทดลอง
- ลูปเขี่ยเชื้อ
- บีกเกอร์
- กระบอกตวง
- บิวเรตและชุดไตเตรท
- จานอาหารเลี้ยงเชื้อ
- ปิเปต
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- จุกยาง
- ตะแกรงวางหลอดทดลอง
- ขวดดูแรน ขนาด 80 250 500 1000 และ 2000 มิลลิลิตร
- ไฟแช็ก
- ขวดรูปชมพู่
- กระชอน
- กะละมัง
- หม้อสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วัตถุดิบ

- ฟักข้าว
- น้ำตาลทราย
- หัวเชื้อจุลินทรีย์กรดแลคติก *Lactobacillus pentosus*

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- อาหารแข็งสูตร MRS

3.1.4 สารเคมี

- สารละลายฟีนอฟทาลีน
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.094 นอร์มัล

3.2 วิธีการดำเนินการ

3.2.1 วิธีเตรียมน้ำฟักข้าวที่ใช้ในการหมัก

3.2.1.1 การเตรียมน้ำฟักข้าวจากเนื้อที่สุกแล้ว (สีเหลืองออกส้ม)

การเตรียมน้ำฟักข้าวจากเนื้อที่สุกแล้ว เตรียมโดยนำผลฟักข้าวสุก ล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่งลูกแยกส่วนของเมล็ดออกจากเนื้อ จากนั้นนำเนื้อฟักข้าวไปปั่นผสมน้ำโดยใช้อัตราส่วน เนื้อ : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 (น้ำหนัก : ปริมาตร)

3.2.1.2 การเตรียมน้ำฟักข้าวจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่สุกแล้ว (สีแดงสด)

การเตรียมน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด เตรียมโดยนำผลฟักข้าวสุก ล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่งลูกแยกส่วนของเมล็ดออกจากเนื้อ นำเมล็ดใส่ในภาชนะใช้ตระกร้อมือคนจนเยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกจากเมล็ด นำส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดปั่นผสมกับน้ำ โดยใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว : น้ำกลั่น เท่ากับ 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร)

3.2.1.3 การเตรียมน้ำสับปะรด

การเตรียมน้ำสับปะรด นำสับปะรดปลอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น นำไปปั่นผสมกับน้ำ โดยใช้สับปะรด : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในการเติมน้ำสับปะรดจะช่วยปรับรสชาติของน้ำหมักฟักข้าวและช่วยในการย่อยอาหาร

3.2.1.4 การผสมน้ำฟักข้าว

การผสมน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด ใช้ปริมาตรตามตารางที่ 3.1 เมื่อผสมน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดแล้ว ทำการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 15 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย นำน้ำฟักข้าวที่ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดใส่ขวดดูแรนและไปพลาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นก่อนนำมาเติมกล้าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของน้ำฟักข้าว

ส่วนผสม	สูตรที่ใช้ฟักข้าว ส่วนเนื้อ	สูตรที่ใช้ฟักข้าว ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด
น้ำฟักข้าว (มล.)	50	50
น้ำสับปะรด (มล.)	25	25
น้ำกลั่น (มล.)	25	25
น้ำตาล (องศาบริกซ์)	10 15 20	10 15 20

3.2.2 การเตรียมกล้าเชื้อ

3.2.2.1 การเตรียมสารละลายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

ใช้ลูปเขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากหลอดมาสตรีทบนอาหารแข็ง MRS Agarในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นใช้ลูปเขี่ยโคโลนีของแบคทีเรียจำนวน 1 ลูป ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้ว จะได้สารละลายเชื้อแบคทีเรียสำหรับใช้เตรียมกล้าเชื้อต่อไป

3.2.2.2 การเตรียมสตาร์ทเตอร์น้ำฟักข้าว

นำน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ที่ได้จากข้อ 3.2.1.4 ที่ปรับของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศาบริกซ์ จำนวน 300 มิลลิลิตร ใส่ในขวดดูแรนขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ต้มฆ่าเชื้อแล้ว นำมาเติมสารละลายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.2.1 จำนวน 30 มิลลิลิตร (10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) เขย่าให้เข้ากันและหมักไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมงจะเห็นว่ามีการเจริญของเชื้อเกิดขึ้น มีกลิ่นของน้ำฟักข้าวที่ผ่านการหมัก นำไปเป็นกล้าเชื้อในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดต่อไป

3.2.3 การหมักและการวิเคราะห์

3.2.3.1. เตรียมฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 15 20 องศาบริกซ์ รวมเป็น 6 สูตร ใส่ขวดดูแรนขนาด 1,000 มิลลิลิตร พลาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น เติมกล้าเชื้อ *L. pentosus* จากข้อ 3.2.2.2 ในปริมาตร 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) หมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อหมักจนได้เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกระหว่าง 0.5 - 0.6 เปอร์เซ็นต์ (Shukla et al. 2013 : 3)

3.2.3.2. ในระหว่างการหมักเก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก) ด้วยอาหารแข็ง MRS Agar โดยการวัดค่าต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่า pH วัดโดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด วัดโดยใช้ Hand Refractometer

- เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก วัดโดยการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายฟีนอฟทาลีน

- ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ หาโดยใช้วิธีการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS Agar

3.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดที่ผ่านการหมัก (ข้อ 3.2.3) มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยใช้เทคนิคให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale Test) ด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความใส - ขุ่น และความชอบโดยรวม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะถูกนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variane : ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545 : 217) ได้กล่าวว่าโดยเทคนิคให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale Test) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1955 และพบว่ามีความไวมากกว่าสเกลที่สั้น และได้รับการยอมรับที่กว้างขึ้น

3.2.5 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนในน้ำหมักฟักข้าว

นำน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่ผู้ชิมยอมรับ มาหมักจนได้เปอร์เซ็นต์กรด ระหว่าง 0.5 – 0.6 เปอร์เซ็นต์ นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (พลังงาน คาร์โบไฮเดรต ลิปิด โปรตีน เซลลูโลส เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ปริมาณเบต้าแคโรทีนและ ไลโคปีน โดยส่งวิเคราะห์ที่ ALS laboratory group (Thailand) co. ltd

3.2.6 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

นำน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่ผู้ชิมยอมรับ มาหมักจนได้เปอร์เซ็นต์กรด ระหว่าง 0.5 – 0.6 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าพีเอช องศาบริกซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด) และการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ (จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก) ด้วยอาหารแข็ง MRS Agar ที่อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุด 1 สูตรจากสูตร ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ คือ ข้อมูลด้านสี กลิ่น รสชาติ ความข่น-ใส และความชอบโดยรวม ด้วยสถิติ F-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด

4.1.1 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ

4.1.1.1 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อฟักข้าว ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง

การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ โดยใช้ *Lactobacillus pentosus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
10 องศาบริกซ์	0	10	4.47	0.122	0.90×10^{7}
	12	10	3.67	0.253	3.18×10^{8}
	24	9	3.49	0.385	2.64×10^{9}
	36	9	3.42	0.432	8.30×10^{9}
	48	9	3.31	0.488	8.10×10^{11}
15 องศาบริกซ์	0	15	4.45	0.150	2.40×10^{7}
	12	14	3.67	0.272	5.16×10^{8}
	24	14	3.49	0.347	2.83×10^{9}
	36	14	3.41	0.394	4.50×10^{10}
	48	14	3.30	0.460	4.80×10^{11}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
20	0	20	4.42	0.113	5.50×10^{9}
องศาบริกซ์	12	18	3.67	0.244	5.70×10^{9}
	24	18	3.49	0.329	4.20×10^{10}
	36	18	3.40	0.404	9.10×10^{10}
	48	18	3.31	0.442	2.50×10^{11}

จากตารางที่ 4.1 น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศาบริกซ์ ที่อายุการหมัก 0 – 48 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 10 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 9 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.47 ลดลงเป็น 3.31 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.122 เพิ่มขึ้นเป็น 0.488 และจำนวนเซลล์ *L pentosus* เริ่มต้น เท่ากับ 0.90×10^{7} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 8.10×10^{11} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 48 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 14 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.45 ลดลงเป็น 3.30 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.150 เพิ่มขึ้นเป็น 0.460 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 2.40×10^{7} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 4.80×10^{11} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 48 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 18 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.42 ลดลงเป็น 3.31 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.113 เพิ่มขึ้นเป็น 0.442 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 5.50×10^{9} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 2.50×10^{11} โคโลนี/มล.

การหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 3 สูตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เท่ากับ 0.488 0.460 และ 0.442 ซึ่งยังมีรสชาติเปรี้ยวเล็กน้อย โดยค่าพีเอชที่ลดลงระหว่างการหมักสอดคล้องกับการศึกษาของ Vanajakshi et al. (2015 : 1268) ในการหมักน้ำสกัดจากใบมะรุมและน้ำบีทรูทโดย *L. plantarum* ค่าพีเอช ลดลงจาก 6 เป็น 3.4 ในส่วนของเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ต้องมีการเพิ่มอายุการหมักจนได้เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกระหว่าง 0.50 – 0.60 ซึ่งมีงานวิจัยของ Shukla et al. (2013 : 3) พบว่า น้ำหมักจากเวย์และสับปะรดที่มี ค่า pH เท่ากับ 4.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.546% ให้รสชาติที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องดื่มโพรไบโอติก ดังนั้นจึงต้องศึกษาอายุการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 72 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเป็นที่ยอมรับ

4.1.1.2 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อฟักข้าว ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง

การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ โดยใช้ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เพื่อศึกษากระบวนการหมัก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.2

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศา บริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 10 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 9 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.41 ลดลงเป็น 3.33 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้น 0.122 เพิ่มขึ้นเป็น 0.508 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 1.90×10^{6} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 8.10×10^{13} โคโลนี/มล.

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	การวิเคราะห์				
	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
10 องศาบริกซ์	0	10	4.41	0.122	1.69×10^{6}
	12	9	3.76	0.263	2.00×10^{9}
	24	9	3.61	0.320	5.10×10^{9}
	36	9	3.48	0.357	7.66×10^{9}
	48	9	3.44	0.442	5.26×10^{10}
	60	9	3.37	0.508	6.40×10^{11}
	72	9	3.33	0.508	8.10×10^{13}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
15 องศาบริกซ์	0	15	4.36	0.150	2.05×10^{6}
	12	15	3.76	0.254	7.05×10^{9}
	24	14	3.61	0.338	8.29×10^{9}
	36	14	3.48	0.367	5.49×10^{10}
	48	14	3.44	0.461	1.80×10^{11}
	60	14	3.36	0.517	3.20×10^{11}
	72	14	3.32	0.517	2.00×10^{12}
20 องศาบริกซ์	0	20	3.76	0.141	1.78×10^{6}
	12	19	3.77	0.226	3.39×10^{9}
	24	19	3.63	0.320	5.77×10^{9}
	36	19	3.47	0.367	4.02×10^{10}
	48	19	3.44	0.395	7.70×10^{11}
	60	19	3.35	0.470	1.06×10^{12}
	72	19	3.34	0.517	3.30×10^{12}

จากตารางที่ 4.2 น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 14 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.36 ลดลงเป็น 3.32 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.150 เพิ่มขึ้นเป็น 0.517 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 2.05×10^{6} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 2.00×10^{12} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 18 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.76 ลดลงเป็น 3.34 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.141 เพิ่มขึ้นเป็น 0.517 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 1.78×10^{6} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 3.30×10^{12} โคโลนี/มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อทั้ง 3 สูตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมัก 60 ชั่วโมง สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 กับ 15 องศาบริกซ์ เท่ากับ 0.508 0.517 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เบื้องต้น แต่ได้ทำการหมักต่อจนถึง 72 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบให้เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกคงที่ ส่วนสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ อายุการหมัก 60 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.470 ซึ่งยังไม่ถึง 0.50 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ทำการหมักต่อจนครบ 72 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.517 ดังนั้นผู้วิจัยเลือกหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการศึกษาในลำดับต่อไป จากข้อมูลการหมักจะเห็นได้ว่า การหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อทั้ง 3 สูตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ค่าพีเอช เท่ากับ 3.33 3.32 3.34 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกอยู่ในช่วง 0.50 – 0.60 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอบรับ (Shukla et al..2013 : 3) ส่วนจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 8.10×10^{13} 2.00×10^{12} 3.30×10^{12} โคโลนี/มล. ซึ่งงานวิจัยของ Yoon, K. Y. et al. (2006) ที่หมัก น้ำกระหล่ำปลีโดย *L. plantarum* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ค่าพีเอชเท่ากับ 3.6 เปอร์เซ็นต์กรด แลคติกเท่ากับ 0.97 และจำนวนเซลล์ *L. plantarum* เท่ากับ 10.00×10^{8} โคโลนี/มล. และงานวิจัยของ Kumar et al. (2015 : 97) ได้หมักน้ำมะม่วงกับน้ำละมุดโดย *L. plantarum* เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า น้ำมะม่วงพีเอชเท่ากับ 3.2 จำนวนเซลล์ *L. plantarum* เท่ากับ 8.10×10^{8} โคโลนี/มล. และน้ำละมุดพีเอชเท่ากับ 4.3 จำนวนเซลล์ *L. plantarum* เท่ากับ 8.00×10^{8} โคโลนี/มล. จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชในน้ำหมักฟักข้าวอยู่ระหว่าง 2.5 – 3.7 ซึ่งค่าพีเอชดังกล่าวสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคได้ (Anand et al.. 2007 : 399)

4.1.2 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

4.1.2.1 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง

การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เพื่อศึกษากระบวนการหมัก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมักที่ 0 - 48 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 องศาบริกซ์ คงที่ไปจนอายุการหมักที่ 48 ชั่วโมง ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.05 ลดลงเป็น 3.10 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.094 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 3.11×10^{8} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 1.91×10^{12} โคโลนี/มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. Pentosus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ในน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
10 องศาบริกซ์	0	10	4.05	0.094	3.11×10^{8}
	12	10	3.34	0.188	1.40×10^{9}
	24	10	3.24	0.376	1.48×10^{11}
	36	10	3.19	0.470	2.72×10^{11}
	48	10	3.10	0.564	1.91×10^{12}
15 องศาบริกซ์	0	15	4.04	0.094	6.70×10^{7}
	12	14	3.38	0.188	5.05×10^{10}
	24	14	3.23	0.376	2.29×10^{11}
	36	14	3.17	0.470	4.31×10^{11}
	48	14	3.09	0.564	1.50×10^{12}
20 องศาบริกซ์	0	20	3.97	0.094	9.80×10^{7}
	12	18	3.36	0.188	1.30×10^{10}
	24	18	3.21	0.376	2.81×10^{11}
	36	18	3.16	0.470	4.42×10^{11}
	48	18	3.08	0.564	2.63×10^{12}

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมักที่ 0 - 48 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ลดลงเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.04 ลดลงเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เริ่มต้นเท่ากับ 0.094 เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง เท่ากับ 6.70×10^{7} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 1.50×10^{12} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมักที่ 0 - 48 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 18 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.97 ลดลงเป็น 3.08 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดแลคติก เริ่มต้นเท่ากับ 0.094 เพิ่มขึ้นเป็น 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 9.80×10^{7} โคโลนี/มล. จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 2.63×10^{12} โคโลนี/มล.

การหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดทั้ง 3 สูตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า พีเอชเท่ากับ 3.10 3.09 3.08 จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 1.91×10^{12} 1.50×10^{12} 2.63×10^{12} โคโลนี/มล. ซึ่งงานวิจัยของ Nazarro et al. (2008 : 2271) พบว่า การหมักน้ำแครอทด้วย *L. rhamnosus* และ *L. bulgaricus* ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง จำนวนเซลล์แบคทีเรียเท่ากับ 10^{9} โคโลนี/มล. พีเอชเท่ากับ 3.5 – 3.7 และ Vuyst et al. (2010 : 301) กล่าวว่า ช่วงอายุการหมัก 36 – 48 ชั่วโมง จะมีจำนวนเซลล์แบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 10^{7} – 10^{8} โคโลนี/มล. ซึ่งองค์กรด้านสินค้าอาหารของสหรัฐ (US. FDA) ได้ระบุไว้ว่าโพรไบโอติกควรมีจำนวนเซลล์อย่างน้อย 10^{6} โคโลนี/มล. และการบริโภคเป็นประจำวันควรมีจำนวนเซลล์ เท่ากับ 10^{8} - 10^{9} โคโลนี/มล. เพื่อให้เป็นประโยชน์ด้าน โพรไบโอติกต่อร่างกาย (Knorr, 1998 : 295) และได้ทำการทดลองหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบข้อมูลในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจำนวนเซลล์ *L. pentosus*

4.1.2.2 การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง

การศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด โดยใช้ *L. pentosus* ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เพื่อศึกษากระบวนการหมัก ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.4

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เริ่มต้นเท่ากับ 10 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 9 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.85 ลดลงเป็น 3.02 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.188 เพิ่มขึ้นเป็น 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 6.44×10^{8} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 5.40×10^{11} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เริ่มต้นเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 14 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.81 ลดลงเป็น 3.01 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เริ่มต้นเท่ากับ 0.188 เพิ่มขึ้นเป็น 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 5.14×10^{8} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 8.70×10^{12} โคโลนี/มล.

น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ พบว่า ที่อายุการหมัก 0 – 72 ชั่วโมง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เริ่มต้นเท่ากับ 20 องศาบริกซ์ ลดลงเป็น 19 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.78 ลดลงเป็น 3.00 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเริ่มต้นเท่ากับ 0.094 เพิ่มขึ้นเป็น 0.658 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 6.50×10^{8} โคโลนี/มล. เพิ่มขึ้นเป็น 3.74×10^{13} โคโลนี/มล. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ *L. pentosus*) ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ในน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
10 องศาบริกซ์	0	10	3.85	0.188	6.44×10^{8}
	12	10	3.40	0.282	8.78×10^{9}
	24	10	3.18	0.376	3.05×10^{11}
	36	10	3.04	0.470	1.00×10^{12}
	48	10	3.03	0.564	5.25×10^{12}
	60	10	3.02	0.564	1.49×10^{13}
	72	10	3.02	0.564	5.40×10^{11}
15 องศาบริกซ์	0	15	3.81	0.188	5.14×10^{8}
	12	15	3.38	0.282	8.18×10^{9}
	24	15	3.15	0.376	1.94×10^{10}
	36	14	3.08	0.470	1.37×10^{11}
	48	14	3.01	0.564	1.88×10^{12}
	60	14	3.01	0.564	5.28×10^{12}
	72	14	3.01	0.564	8.70×10^{12}
20 องศาบริกซ์	0	20	3.78	0.094	6.50×10^{8}
	12	19	3.37	0.188	7.72×10^{9}
	24	19.5	3.14	0.376	9.05×10^{9}
	36	19	3.09	0.470	1.04×10^{11}
	48	19	3.02	0.564	7.50×10^{11}
	60	19	3.01	0.658	9.40×10^{12}
	72	19	3.00	0.658	3.74×10^{13}

การหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดทั้ง 3 สูตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าพีเอชเท่ากับ 3.02 3.01 3.00 จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 5.40×10^{11} 8.70×10^{12} 3.74×10^{13} โคโลนี/มล. ซึ่งกับงานวิจัยของ Sharma and Mishra (2013 : 17) พบว่าน้ำผักที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมักด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติก ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จำนวนเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติกเท่ากับ 10^6 โคโลนี/มล. และค่าพีเอชเท่ากับ 3.5 และ วิลาวัณย์ และคณะ (2550 : 981) กล่าวว่า *L. plantarum* และ *Pediococcus pentosaceus* เติบโตได้ดี โดยสามารถทำให้ พีเอชของน้ำแครอทจาก 6.4 ลดลงเป็น 4.0 เมื่อหมักเพียง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดจึงใช้อายุการหมัก 48 ชั่วโมง

จากการศึกษาการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อต้องใช้ระยะเวลาในการหมักมากกว่าน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด เนื่องจากในเนื้อของฟักข้าวมีสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในเยื่อหุ้มเมล็ด (Tinrat et al. 2014 : 3165) สารประกอบฟีนอลิกมีความสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (Esekhiagbe. 2009 : 160) ซึ่งอาจส่งผลต่อชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก จึงทำให้น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อต้องใช้เวลาในการหมักมากกว่าน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด ดังนั้นจึงหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง และหมักน้ำฟักที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ต่อไป

4.2 การศึกษาการยอมรับของน้ำหมักฟักข้าวจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด

การศึกษาการยอมรับของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดโดยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความขุ่นใส และความชอบโดยรวม โดยใช้เทคนิคให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale Test) โดยในการทดสอบชิมแต่ละครั้งมีการจัดกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 ชุด แบ่งเป็นชุดที่ 1 เป็นน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ และชุดที่ 2 เป็นน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด โดยการสุ่มตัวอย่าง ชุดละ 3 ตัวอย่าง ผู้ทำการชิมตัวอย่างที่ 1 บันทึกผลการชิมลงในแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสชุดที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการชิมชุดที่ 2 บันทึกผลการชิมลงในแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสชุดที่ 2 ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ทำการชิมทั้งหมด 3 ครั้ง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะถูกนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการหาความแปรปรวน (Analysis of variane : ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสูตรน้ำหมักฟักข้าวที่ระดับความที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด

จากตารางที่ 4.5 เมื่อนำน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อมาทดสอบชิมพบว่า สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความขุ่น – ใส และความชอบรวม เท่ากับ 7.18 5.96 6.98 6.80 6.98 และ 7.16 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ที่มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความขุ่น – ใส และความชอบรวม เท่ากับ 7.04 5.98 6.54 6.82 6.82 และ 7.02 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความใส-ขุ่น	ความชอบรวม
10 องศาบริกซ์	7.12[a]	6.10[a]	5.76[b]	5.68[b]	6.80[a]	6.18[b]
15 องศาบริกซ์	7.04[a]	5.98[a]	6.54[a]	6.82[a]	6.82[a]	7.02[a]
20 องศาบริกซ์	7.18[a]	5.96[a]	6.98[a]	6.80[a]	6.98[a]	7.16[a]

หมายเหตุ ตัวอักษร a b ที่แตกต่างกันแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความใส-ขุ่น	ความชอบรวม
10 องศาบริกซ์	7.06[a]	5.82[b]	5.60[b]	6.06[b]	6.40[a]	6.36[b]
15 องศาบริกซ์	7.18[a]	6.08[a]	6.36[a]	6.86[a]	6.34[a]	7.12[a]
20 องศาบริกซ์	7.20[a]	6.30[a]	6.88[a]	6.44[ab]	6.74[a]	7.06[a]

หมายเหตุ ตัวอักษร a b ที่แตกต่างกันแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.6 เมื่อนำน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดมาทดสอบชิมพบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว ความขุ่น – ใส และความชอบรวม เท่ากับ 7.18 6.08 6.36 6.86 6.34 7.12 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบชิมน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ผู้ชิมยอมรับสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดผู้ชิมให้การยอมรับสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ จากการหมักน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด ในการเตรียมน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ มีการเติมน้ำตาลทราย 18 - 20 กรัม ต่อ 100 กรัม และน้ำฟักข้าวที่เตรียมเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ มีการเติมน้ำตาลทราย 12 - 14 กรัม ต่อ 100 กรัม แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณน้ำตาลที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ต้องการหมักน้ำฟักข้าวเพื่อเป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติกเพื่อสุขภาพ การมีปริมาณน้ำตาลที่มากอาจส่งผลต่อการรับประทานของผู้บริโภคที่รับประทานน้ำตาลมากเกินความต้องการของร่างกายทำให้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรค เช่น ฟันผุ โรคเบาหวาน โรคอ้วน เป็นต้น (ธิษณา จรรยาชัยเลิศ, 2551 : Online) ซึ่งผลิตภัณฑ์ นมเปรี้ยว ตรา ยาคูลท์ เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีจุลินทรีย์ ประกอบด้วยน้ำตาล 18 กรัม ต่อ 100 กรัม (ยาคูลท์ ประเทศไทย. 2559 : Online) และ Food standards agency (2010 : Online) ได้ระบุว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลระดับสูง ใช้น้ำตาลมากกว่า 15 กรัม ต่อ 100 กรัม และผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลระดับต่ำ ใช้น้ำตาล 5 กรัมต่อ 100 กรัม หรือน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มโพรไบโอติกมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Hand Refractometer ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้ นมเปรี้ยวบีทาเก้นไลท์ สูตรน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11.2 องศา บริกซ์ นมเปรี้ยวดีไลท์ สูตรน้ำตาลน้อย มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.5 องศาบริกซ์ ซึ่งทั้งสองผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกับน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดโดยในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในปริมาณที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีระดับน้ำตาลปานกลาง ในการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และอายุการเก็บรักษาต่อไป

4.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (เบต้าแคโรทีนและไลโคปีน) จากน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด ที่หมักโดยการเติมเชื้อ *L. pentosus* ที่ผ่านการยอมรับจากผู้ชิมแล้ว ในปริมาตร 100 กรัม แสดงในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

จากตารางที่ 4.7 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 100 กรัม ประกอบด้วย พลังงาน 60.3 กิโลแคลอรี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 13.5 กรัม ฟรุกโทส 0.27 กรัม กลูโคส 0.36 กรัม ซูโครส 12.8 กรัม แคลเซียม 2.69 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 5.10 มิลลิกรัม และน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดของฟักข้าว 100 กรัม ประกอบด้วย พลังงาน 61.9 กิโลแคลอรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 13.9 กรัม ฟรุกโทส 2.37 กรัม กลูโคส 2.64 กรัม ซูโครส 8.88 กรัม แคลเซียม 3.12 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 3.69 มิลลิกรัม จะให้เห็นว่าปริมาณน้ำตาลฟรุกโทส กลูโคส ซูโครส ที่แตกต่างกัน แสดงถึงในการหมักน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อเกิดขึ้นได้น้อยกว่าน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (ม.ป.ป. : Online) กล่าวว่าการหมักให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation) โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria) เปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลคู่ (น้ำตาลซูโครส) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (น้ำตาลฟรุกโทสและกลูโคส) แล้วแบคทีเรียกรดแลคติกจะดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก แต่ในน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าในเยื่อหุ้มเมล็ด และสารฟีนอลิกมีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรีย (มัลลิกา จันทรังษี. 2558 : 490) จึงทำให้น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อเกิดกระบวนการหมักที่ช้ากว่าและมีการสลายตัวของน้ำตาลได้น้อยกว่าในน้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด

องค์ประกอบทางโภชนาการ	น้ำหมักฟักข้าวจากเนื้อ	น้ำหมักฟักข้าวจากเยื่อหุ้มเมล็ด	วิธีการวิเคราะห์
พลังงาน (แคลอรี/100กรัม)	60.3	61.9	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม/100กรัม)	14.3	14.8	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993)
- ใยอาหารทั้งหมด (กรัม/100กรัม)	0.41	0.34	AOAC (2012)
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(กรัม)	13.5	13.9	AOAC (1992)
- ฟรุกโทส (กรัม)	0.27	2.37	AOAC Vol (1992)
- กลูโคส (กรัม)	0.36	2.64	AOAC (1992)
- แลคโตส (กรัม)	0	0	AOAC (1992)
- มอลโทส (กรัม/100กรัม)	0	0	AOAC (1992)
- ซูโครส (กรัม/100กรัม)	12.8	8.88	AOAC (1992)
โปรตีน (กรัม/100กรัม)	0.14	0.20	AOAC (2012)
ไขมัน (กรัม/100กรัม)	0.28	0.21	AOAC (2012)
ความชื้น (กรัม/100กรัม)	85.1	84.7	AOAC (2012)
เถ้า (กรัม/100กรัม)	0.17	0.11	AOAC (2012),
แร่ธาตุและวิตามิน			
- วิตามินซี (มิลลิกรัม)	0	0	Bull (1998)
- แคลเซียม (มิลลิกรัม)	2.69	3.12	AOAC (2012)
- โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	5.10	3.69	AOAC (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ด

องค์ประกอบทางโภชนาการ	น้ำหมักฟักข้าวจากเนื้อ	น้ำหมักฟักข้าวจากเยื่อหุ้มเมล็ด	วิธีการวิเคราะห์
- เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม)	79.8	1,200	J. AOAC (1997)
- ไลโคปีน(มิลลิกรัม)	0.07	5.29	uv spectrophotometry

จากตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ พบว่ามีเบต้าแคโรทีน 79.8 ไมโครกรัม ไลโคปีน 0.07 มิลลิกรัม ส่วนน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด เบต้าแคโรทีน 1,200 ไมโครกรัม ไลโคปีน 5.29 มิลลิกรัม สอดคล้องกับ Aoki et al. (2002) พบว่า ในเนื้อฟักข้าว 1 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 22.1 ± 15.2 ไมโครกรัม ไลโคปีน 0.9 ± 0.7 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 23.0 ± 17.3 ไมโครกรัม ในเยื่อหุ้มเมล็ด 1 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 101 ± 38 ไมโคกรัม ไลโคปีน 380 ± 71 ไมโครกรัม และปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 481 ± 89 ไมโครกรัม และ Vuong and King (2003) พบว่า น้ำมันที่สกัดจาก ฟักข้าวให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ 5,700 ไมโครกรัม ปริมาณเบต้าแคโรทีนเป็น 2,710 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และปริมาณไลโคปีนเป็น 3,020 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จะเห็นได้ว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดมีเบต้าแคโรทีนและไลโคปีนสูงกว่าน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าว

4.4.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ศึกษาโดยนำน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ปรับความหวานให้ได้ 15 องศาบริกซ์ นำไปพลาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เติมกล้าเชื้อ *L. pentosus* ในปริมาตร 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน และมีการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าพีเอช ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์กรด) และ จำนวนเซลล์ *L. Pentosus* ทุกๆ 5 วันจนครบอายุการเก็บรักษา 30 วัน ผลการศึกษามีการแสดงในตารางที่ 4.8

จากตารางที่ 4.8 การศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่า ช่วงระยะการหมักที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากส่วนเนื้อฟักข้าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ พีเอชเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 2.25×10^{12} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแล้วเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วัน เริ่มต้นที่ 0 วันจนครบอายุการเก็บรักษา 30 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีปริมาณคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชพบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน พีเอชเท่ากับ 3.15 จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน ค่าพีเอชเท่ากับ 3.10 ซึ่งลดลงในช่วง 15 วัน หลังจากนั้นคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.9 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
0	15	4.16	0.169	4.36×10^{8}
12	15	3.58	0.291	4.02×10^{9}
24	15	3.42	0.301	9.41×10^{9}
36	15	3.33	0.376	2.78×10^{10}
48	15	3.28	0.451	5.24×10^{10}
60	14	3.21	0.545	3.86×10^{11}
72	14	3.15	0.583	2.25×10^{12}

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์			
	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
0	14	3.15	0.583	2.25×10^{12}
5	14	3.12	0.583	2.80×10^{13}
10	14	3.11	0.583	1.20×10^{13}
15	14	3.11	0.583	2.00×10^{12}
20	14	3.10	0.658	1.00×10^{12}
25	14	3.10	0.658	1.00×10^{12}
30	14	3.10	0.658	2.00×10^{11}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.583 จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.658 ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วัน หลังจากนั้นคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่มีชีวิตทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 2.25×10^{12} โคโลนี/มล. จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 2×10^{11} โคโลนี/มล. ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรก หลังจากนั้นลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสรุปได้ว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ค่าพีเอชเท่ากับ 3.10 ซึ่งความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่า 4.6 จะมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Espinoza and Navarro, 2010) เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เท่ากับ 0.658 อาจจะมีรสชาติที่เปรี้ยวเกินไป ซึ่งเครื่องดื่มโพรไบโอติกที่ให้รสชาติที่ดีจะมีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.546 (Shukla et al., 2013) สำหรับจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เริ่มต้นเท่ากับ 2.25×10^{12} โคโลนี/มล. จากนั้นลดลงเท่ากับ 2×10^{11} โคโลนี/มล. ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรก หลังจากนั้นลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาแสดงถึงช่วง 10 วันแรกยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pereira et al. (2011) ทำการศึกษาอายุเก็บรักษาเครื่องดื่มโพรไบโอติกจากน้ำมะม่วงหิมพานต์หมักด้วย *Lactobacillus casei* จำนวนเซลล์มีปริมาณเพิ่มขึ้นภายการเก็บรักษา 21 วัน จากนั้นลดลงจนเก็บรักษาครบ 42 วัน เป็นจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^8 โคโลนี/มล. และเป็นไปตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 403 (2551) ซึ่งได้กำหนดให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี/กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหารนั้น

4.4.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ศึกษาโดยนำน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ นำไปพลาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เติมกล้าเชื้อ *L. pentosus* ในปริมาตร 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน มีการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (ค่าพีเอช องศาบริกซ์ และเปอร์เซ็นต์กรด) และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ทุกๆ 5 วันจนครบอายุการเก็บรักษา 30 วัน ผลการศึกษามีการแสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	การวิเคราะห์			
	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
0	15	4.06	0.094	2.84×10^{8}
12	15	3.39	0.282	5.66×10^{9}
24	14	3.33	0.376	2.05×10^{11}
36	14	3.20	0.470	3.00×10^{12}
48	14	3.15	0.564	4.54×10^{12}

อายุการหมัก (วัน)	การวิเคราะห์			
	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
0	15	3.10	0.564	4.54×10^{12}
5	14.5	3.10	0.564	4.60×10^{12}
10	14.5	3.10	0.564	7.00×10^{12}
15	14	3.08	0.564	9.70×10^{12}
20	14	3.07	0.564	3.40×10^{12}
25	14	3.05	0.658	2.43×10^{13}
30	14	3.05	0.658	7.30×10^{13}

จากตารางที่ 4.9 การศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่า ช่วงระยะการหมักที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ พีเอชเท่ากับ 3.15 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.564 และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 4.54×10^{12} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสแล้วเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วัน เริ่มต้นที่ 0 วันจนครบอายุการเก็บรักษา 30 วัน

การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 15 องศาบริกซ์ และลดลงเป็น 14.5 องศาบริกซ์ ในช่วง 5 วัน จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ หลังจากนั้นคงที่ตลอดการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชพบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน พีเอชเท่ากับ 3.10 จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน ค่าพีเอชเท่ากับ 3.05 ซึ่งลดลงในช่วง 25 วัน หลังจากนั้นคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.564 จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.658 ซึ่งเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วัน หลังจากนั้นคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่มีชีวิตทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 4.54×10^{12} โคโลนี/มล. จนถึงอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน จำนวนเซลล์ *L. pentosus* มีค่าเท่ากับ 7.3×10^{13} โคโลนี/มล. ซึ่งเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อสรุปได้ว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 15 องศาบริกซ์ จากนั้นลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เท่ากับ 0.658 อาจจะมีรสชาติที่เปรี้ยวเกินไป ซึ่งเครื่องดื่มโพรไบโอติกที่ให้รสชาติที่ดีจะมีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.546 (Shukla et al., 2013) ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.10 และลดลงเป็น 3.05 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดสูง สำหรับจำนวนเซลล์ *L. pentosus* มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 4.54×10^{12} โคโลนี/มล. จากนั้นลดลงเท่ากับ 7.3×10^{13} โคโลนี/มล. ซึ่งเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Yoon et al. (2006) ได้ศึกษาการเก็บรักษาน้ำหมักกระหล่ำปลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว พบว่า *L. plantarum* สามารถอยู่ได้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายสัปดาห์ ซึ่งเป็นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โพรไบโอติกที่จะต้องมีจำนวนเซลล์มีชีวิตไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี/กรัม (Mahmoudi. 2013 : 405) และตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 403 (2551) ได้กำหนดให้จุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี/กรัม ตลอดอายุการเก็บรักษาของอาหารนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการหมักน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ด้วย *Lactobacillus pentosus* เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติก พบว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อที่ผู้ชิมยอมรับคือ สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ หลังการหมัก 72 ชั่วโมง โดยมีค่าพีเอช เท่ากับ 3.32 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก มีค่าเท่ากับ 0.517 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* มีค่าเท่ากับ 2.0×10^{12} โคโลนี/มล. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ พบว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 60.3 กิโลแคลอรี ใยอาหารทั้งหมด 0.41 กรัม ฟรุกโทส 0.27 กรัม กลูโคส 0.36 กรัม ซูโครส 12.8 กรัม แคลเซียม 2.69 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 5.10 มิลลิกรัม การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน 79.8 ไมโครกรัม และไลโคปีน 0.07 มิลลิกรัม และในการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 30 วัน มีจำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 2×10^{11} โคโลนี/มล. ซึ่งเป็นจำนวนตามมาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 2547 กำหนดไว้

จากการศึกษาการหมักน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด ด้วย *L. pentosus* เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติก พบว่า น้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดที่ผู้ชิมยอมรับ คือ สูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 15 องศาบริกซ์ หลังการหมัก 48 ชั่วโมง โดยมีค่าพีเอช เท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก มีค่าเท่ากับ 0.564 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 14 องศาบริกซ์ และจำนวนเซลล์ *L. pentosus* มีค่าเท่ากับ 1.5×10^{12} โคโลนี/มล. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย พลังงาน 61.9 กิโลแคลอรี ใยอาหารทั้งหมด 0.34 กรัม ฟรุกโทส 2.37 กรัม กลูโคส 2.64 กรัม ซูโครส 8.88 กรัม แคลเซียม 3.12 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 3.69 มิลลิกรัม การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด 100 มิลลิลิตร ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน 1,200 ไมโครกรัม และไลโคปีน 5.29 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดมีมากกว่าน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อ และในการเก็บรักษาน้ำหมักฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ดในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อายุการเก็บรักษา 30 วัน มี จำนวนเซลล์ *L. pentosus* เท่ากับ 7.3×10^{13} โคโลนี/มล. ซึ่งเป็นจำนวนที่มีค่ามากกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ที่มีค่าไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี/มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 น้ำหมักฟักข้าวถือว่าเครื่องดื่มโพรไบโอติกที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง หากนำมาแปรรูปหรือพัฒนาในเชิงธุรกิจสามารถเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคได้

5.2.2 น้ำหมักฟักข้าวซึ่งมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ไม่เป็นที่พึงพอใจ ควรมีการงานวิจัยเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงด้านกลิ่นของน้ำหมักฟักข้าว เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ง่ายมากขึ้น

5.2.3 การน้ำหมักฟักข้าวในงานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ที่ก่อในเกิดโรค เช่น *Salmonella, Escherichia coli* เป็นต้น และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ เพื่อสามารถเทียบเคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กานดา แสนมณี. 2554. **ผลของฟักข้าว ลักษณะกลม.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.gotoknow.org/posts/487149

จารึก จันทร์เกตุ. 2554. **ใบของฟักข้าว.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.bansuanporpeang.com/node/11131

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553.**ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.manager.co.th/Campus/ViewNews.aspx?NewsID=9530000016372

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553. **สุขภาพดีด้วยโปรไบโอติก.** ปทุมธานี. ศูนย์หนังสือ สวทช. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2556. **โพรไบโอติกจุลินทรีย์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ.** นนทบุรี : สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

ณัฐสุดา นวลศรี. 2554. "Probiotics เมื่อจุลินทรีย์ก็มีประโยชน์". **Food Focus Thailand.** ปีที่ 11 (ฉบับที่ 63) : หน้า 44 – 45

ธิษณา จรรยาชัยเลิศ. 2551. น้ำตาล. [Online] เข้าถึงได้จาก : https://www.doctor.or.th /article/detail/1147

นฤมล มงคลธนวัฒน์. 2558. "ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ไม่ผลิตจากนมกับสุขภาพ". **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** ปีที่ 20 (ฉบับที่2) : 109 - 120

นลิณี รัตนสุวรรณ. 2558. "การหมักกรดแลคติกจากน้ำบีทรูทด้วยแลคโตบาซิลลัส เพนโตซัส เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติก". วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร. บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นูรีดาน ดอแล. 2552.**เบต้าแคโรทีน.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaihealth.or.th.

บุษกร อุตรภิชาติ. 2548. มารู้จัก "แบคทีเรียกรดแลคติกกันเถอะ". **วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ** ปีที่ 2 (ฉบับที่ 2) : 18 - 33

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2551. **คำสั่งคณะกรรมการอาหารและยาที่ 403 เรื่อง การพิจารณา การอนุญาต การกล่าวอ้างทางสุขภาพของโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์อาหาร.** สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุขสำนักงาน

ประภัสสร สุขสุทธิ์. 2554 "การแปรรูปฟักข้าว".**เกษตรก้าวหน้า.** ปีที่ 24 (ฉบับที่ 3:43) : หน้า 27

ปัทมาพิทย ขจรวุฒิ. 2551. **สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพคุณค่าจากทรัพยากรชีวภาพของไทย.** [Online]. เข้าถึงได้จาก :http://www.vcharkarn.com/varticle/37351.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550 **.เอกสารคำสอนเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2551. รายงานการวิจัยเรื่องการหมักน้ำแครอทด้วยกล้าเชื้อผสมเพื่อเป็นเครื่องดื่มโพรไบโอติก. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรรณทิพา จันทร์ทัง. 2553. "การแยกและการศึกษาลักษณะของเฟจของแบคทีเรียกรดแลกติคที่ได้จากผลิตภัณฑ์อาหารปลาหมักในประเทศไทย". **วารสารวิทยาศาสตร์ มศว.** ปีที่ 27 (ฉบับที่1) : 87-105

พนารัตน์ มอญใต้. 2555. "เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่เป็นมิตร : โพรไบโอติก (Probiotics)". **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.** ปีที่ 60 (ฉบับที่ 189) : 13 - 15

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (1). "ม.ป.ป". **ประเภทของการหมักอาหาร.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2). "ม.ป.ป". **จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์ (3). "ม.ป.ป". **กรดแลคติก.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **Probiotic /โพรไบโอติก.** [Online]. **เข้าถึงได้จาก** : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0780/probiotic-%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%84%E0%B8%9A%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. **การประเมินทางประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่** 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มาลินี อัศวดิษฐเลิศ. 2551. **การหมักเทคโนโลยีแห่งการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/varticle/35824

มีชัย ลัดดี. 2551. **บทปฏิบัติการ การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติก.** กรุงเทพฯ : สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิชาอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมพระนครเหนือ. เอกสารอัดสำเนา

มธุรส วงษ์ครุฑ. 2555. "ฟักข้าว ผักพื้นบ้านต้านมะเร็ง".**นสพ.กสิกร.** ปีที่ 85 (ฉบับที่ 5) : หน้า 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

มัลลิกา จันทรังษี. 2015. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดเอทานอลจากส่วนต่าง ๆ ของผลฟักข้าว. **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.** ปีที่ 43 (ฉบับที่ 3) : 490 – 502

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. **น้ำหมักพืช**. มผช.481/2547. 6 หน้า

ยาคูลท์ ประเทศไทย. (ม.ป.ป.). **ยาคูลท์คืออะไร**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : www.yakultthailand.com

รัตนพงษ์ จันทะวงษ์. 2554. “ฟักข้าว ผักพื้นบ้านอันทรงคุณค่า”. **เกษตรก้าวหน้า**. ปีที่ 24 (ฉบับที่ 3) :16.

ริญ เจริญศิริ และรัชนี คงคาฉุยฉาย. 2551. **ชุดคู่มือดูแลสุขภาพด้วยอาหาร : โภชนาการกับผลไม้**. กรุงเทพฯ. 112 หน้า

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (ม.ป.ป.). **โครงสร้างเบต้าแคโรทีน**. [Online] เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/โครงสร้างเบต้าแคโรทีน

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. **สับปะรด**. [Online] เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/สับปะรด

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล ดวงพร คันธโชติ และ วราภรณ์ วุฑฒะกุล. 2550. โพรไบโอติกแบคทีเรียแลกติกสำหรับประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมังสะวิรัติ. **วารสารสงขลานครินทร์ วทท.** ปีที่29 (ฉบับที่ 4) : 981-991

วิมล ศรีศุข. 2553. 4 ขั้นตอน การเลือกโพรไบโอติคส์. [Online] เข้าถึงได้จาก : http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/22

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ และวรวุฒิ ครูส่ง. 2545.. **เอกสารประกอบการสอน ชุดวิชา การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ศจี สุวรรณศรี และนรภัทร หวันเหล็ม. 2557. **วิถีชีวิตปัจจุบันกับอาหารทางเลือก**. [Online] เข้าถึงได้จาก : http://www.reg.nu.ac.th/publish/Course001275_FRLS1.57wk1-15lecture.pdf

สุธาทิพ ภมรประวัติ. 2550 “ฟักข้าว อาหารต้ามมะเร็ง”.**หมอชาวบ้าน**. ปีที่ 29 (ฉบับที่ 340) : 28 – 31

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). [Online] เข้าถึงได้จาก : http://www.acfs.go.th/healthfood/showFood.php?food_id=97

อังคณา ชมภูมิ่ง ตะวัน ฉัตรสูงเนิน และธวัชชัย ชัยธวัชวิถี. 2553. **การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาส้มด้วยกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ : กรณีศึกษาพื้นที่จังหวัดแพร่ และจังหวัดพะเยา**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2552. "Probiotic & Prebiotic คู่หูกู้วิกฤต โรคในระบบทางเดินอาหาร" **Technology Promotion Mag.** ฉบับที่ 203. : 67 – 72

Altaher YW et al. 2015 " *Lactobacillus Pentosus* lta23 and *L. Acidipiscis* lta44 enhance feed conversion efficiency and beneficial gut microbiota in broiler chickens" **Brazillian Journal of Poultry Science** : 159 – 164

Anand P, Kularni RS, Policegoudra, Aradhya SM (2007) Chemical composition and antioxidant activity of sapota (*Achras sapota* lin.) fruit. **J Food Biochem** 31 : 399–414

Aoki H, N.T. Kieu, N. Kuze, K. Tomisaka and N. Van Chuyen. 2002. Corotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). **Biotechnol. Biochem**. 66 (11) : 2479 – 2482

Bielecka and Maria. Probiotics in food. Edited by Sikorski, Zozislaw E. 2007. **In Chemical and functional properties of food components**. : 413-426.

Espinoza, Y. R., & Navarro, Y. G. (2010). Non-dairy probiotic products. **Food Microbiology**. 27(1) : 1 –10.

Esekhiagbe, M., M.M.U. Agatemor and C. Agatemor. 2009. Phenolic content andantimicrobial potentials of *Xylopia aethiopica* and *Myristica argentea*. **Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering.** 28(2) : 159–162.

Food standards agency. 2010. **Eat well**. [Online]. Available : http://www.food.gov.uk /sites/default/files/multimedia/pdfs/publication/eatwell0708.pdf

Food Structure of Pineapple. n.d.. **Nutrients by which pineapple is rich**. [Online]. Available : http://foodstruct.com/food/pineapple

Gac Research University of Newcastle, Australia. n.d.. **Processing of Gac fruit**. [online]. Available : http://gacfruit.weebly.com/processing-of-gac-fruit.html

Grounta, A., ,. Doulgeraki A. I, John E. G., Nychas, Panagou. Z., 2016. Biofilm formation on Conservolea natural black olives during single and combined inoculation with a functional *Lactobacillus pentosus* starter culture. **Food Microbiology** 56. : 35 – 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

Knorr, D. (1998). Technology aspects related to microorganisms in functional foods. **Trends in Food Science & Technology**. 9 : 295 – 306.

Kubola J. and Sirithon S.. 2011."Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (Momordicaco chinchinensis Spreng)".**Food Chemistry.** 127: 1138-1145

Kumar BV, Sreedharamurthy M, Reddy OVS. 2015. Probiotication of mango and sapota juices using *Lactobacillus plantarum* NCDC LP 20. *Nutrafoods* 10 : 97-106

Mahmoudi R. 2013. Improvement the hygienic quality and organoleptic properties of bioyoghurt using *Cuminum cyminum L.* essential oil. **J Agroalimentary Process Technol.**;19 (4) : 405–12.

Mangels, A. R., Holden, J. M., Beecher, G. R., Forman, M. R., and Lanza, E.. 1993 "Carotenoid content of fruits and vegetables" **An evaluation of analytic data. J. Am. Diet. Assoc**. 93 : 284-296

Nazarro, F., Fratianni, F., Sada, A., & Orlando, P. 2008. Synbiotic potential of carrot juice supplemented with *Lactobacillus* spp. and inulin or fructo oligosaccharides. **Journal of Science of Food and Agriculture** 88 : 2271 – 2276.

Neha, A., Kamaljit, S., Ajay, B. and Tarun, G. 2012. **Probiotic: as effective treatment of diseases.**3(1) : 98-101.

Nhung D.T. T., Bung P. N. , Nguyen Thu Ha , Phong T. K.. 2010. "Changes in lycopene and beta carotene contents in aril and oil of gac fruit during storage". **Food Chemistry**121 : 326–331

Pereira A. L. F., Maciel T.C., Rodrigues S.. 2011. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus case.* Food Research International 44 : 1276–1283

Rodrigues D.B., Raymundo L.C., Lee T.C., Simpson K.L., Chichester C.O. 1976 Carotenoid pigment changes in ripening Momordica charantia fruits **Annals of Botany,** 40 : 615–624

Shukla M., Jha Y. K. and Admassu S..2013. Development of Probiotic Beverage from Whey and Pineapple Juice. **Food Processing & Technology** 4 : 4 page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

Sharma V., Mishra HN. 2013. Fermentation of vegetable juice mixture by probiotic lactic acid bacteria. **Nutrafoods.** 12(1) : 17-22

Suskovic J, Kos B, Goreta J and Matosic S. 2001 "Recent advances in betalain research." **Phytochemistry**. 62 : 247-269

Tinrat S.. 2014. Evaluation of of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Momordica cochinchinensis Spreng (Gac fruit). **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**. 5(8) : 3163 - 3169

Vanajakshi V., S.V.N. Vijayendra, M.C. Varadaraj, G. Venkateswaran, Renu Agrawal. 2015 "Optimization of a probiotic beverage based on Moringa leaves and beetroot" **Food Science and Technology.** 63 : 1268 – 1273

Vasiljevic T and Shah NP. 2008. "Probiotics from Metchnikoff to bioactives." **Int Dairy J.** 18 : 714 – 728

Verna, E.C. and Lucak, S. 2010. Use of probiotics ingastrointestinal disorders: what to recommend. **Ther Adv Gastroenterol.** 3 (5) : 307-319.

Vuong, L. T., Franke, A. A., Custer, L.J., Murphy, S.P.. 2006."Momordica cochinchinensis Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated". **Journal of Food Composition and Analysis**. 19 : 664–668

Vuong LT, King JC. 2003. A method of preserving and testing the acceptability of gac fruit oil, a good source of beta-carotene and essential fatty acids. **Food Nutr Bull**. 24 (2) : 224 - 30.

Vuyst De., L., Lefeber, T., Papalexandratou, Z., Camu, N., 2010. The functional role of lactic acid bacteria in cocoa bean fermentation. Biotechnology of Lactic Acid Bacteria. **Novel Applications.** : 301–325.

Wood, B.J.B. and W.H. Holzapfel, 1995. In: The Genera of Lactic acid bacteria. **Blackie Academic and professional.**

Yoon K.Y., Edward E. W. and Yong D Hang. 2004."Probiotication of Tomato Juice by Lactic Acid Bacteria".**The Journal of Microbiology**. 42 (4). : 315-318

Yoon K.Y., Edward E. W. and Yong D Hang. 2006 "Production of probiotic cabbage juice by lactic acid bacteria" **Bioresource Technology**. 97 : 1427-1430

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การเตรียมวัตถุดิบ
ภาคผนวก ข การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี
ภาคผนวก ค การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์
ภาคผนวก จ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหมักพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

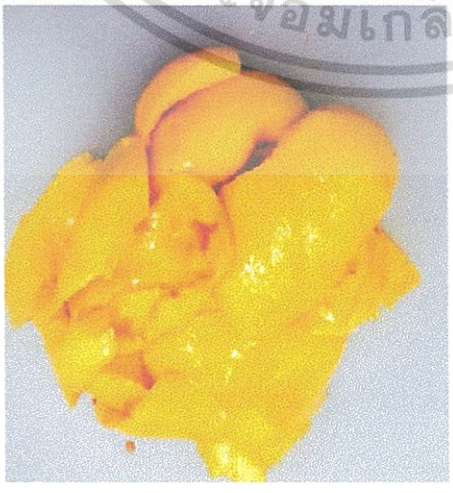
ภาคผนวก ก
การเตรียมวัตถุดิบ

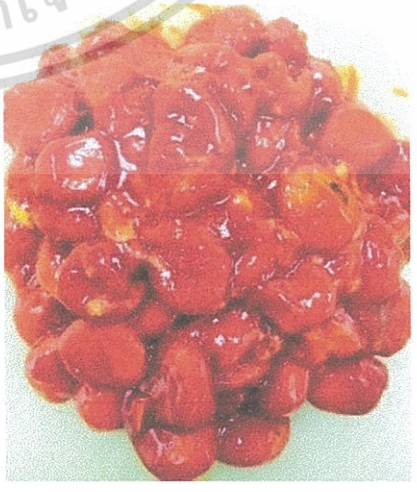
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีเตรียมน้ำฟักข้าวที่ใช้ในการหมัก

1.1 ล้างทำความสะอาด ผ่าครึ่งลูก

1.2 แยกส่วนของเมล็ดออกจากเนื้อ และเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากกัน



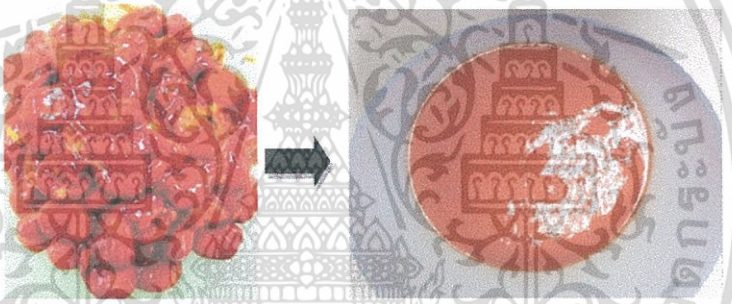


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 นำเนื้อฟักข้าวไปปั่นผสมน้ำโดยใช้อัตราส่วน เนื้อ : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 (น้ำหนัก : ปริมาตร)

ภาคผนวก ก. 1 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อฟักข้าว

1.4 นำเมล็ดใส่ในภาชนะ ใช้ตระกร้อมือคนจนเยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกจากเมล็ด



1.5 นำส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดปั่นผสมกับน้ำ โดยใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว : น้ำกลั่น เท่ากับ 1 : 5 (น้ำหนัก/ปริมาตร)

ภาคผนวก ก. 2 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเยื่อหุ้มเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนผสมของน้ำฟักข้าว

ตารางภาคผนวก ก. 1 อัตราส่วนของน้ำฟักข้าวสูตรต่างๆ สำหรับใช้ในการทดลอง

ส่วนผสม	สูตรที่ใช้ฟักข้าว ส่วนเนื้อ	สูตรที่ใช้ฟักข้าว ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด
น้ำฟักข้าว (มล.)	50	50
น้ำสับปะรด (มล.)	25	25
น้ำกลั่น (มล.)	25	25

หมายเหตุ เมื่อเตรียมน้ำหมักฟักข้าวแต่ละสูตรแล้วทำการปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 15 และ 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทรายขาวแล้วนำใส่ขวดดูแรนโดยใช้ขนาดของขวดตามปริมาตรที่เตรียม นำไปพลาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่น้ำเย็นก่อนเติมกล้าเชื้อ

ภาคผนวก ก. 3 น้ำฟักข้าวที่เตรียมจากเนื้อและเยื่อหุ้มเมล็ดผสมกับน้ำกลั่นและน้ำสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สูตรอาหาร Lactobacillus MRS Agar (MRS) ต่อส่วนผสม 1,000 มิลลิลิตร

1.1 Proteose peptone	10	กรัม
1.2 Beef Extract	10	กรัม
1.3 Yeast Extract	5	กรัม
1.4 Dextrose	20	กรัม
1.5 Polysorbate 80	1	กรัม
1.6 Ammouium citrate	2	กรัม
1.7 Sodium acetate	5	กรัม
1.8 Magnesium sulphate	0.1	กรัม
1.9 Manganese sulphate	0.05	กรัม
1.10 Dipotassium phosphate	2	กรัม
1.11 Agar	15	กรัม

ละลายส่วนผสมและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม กับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดทิ้งไว้ประมาณ 3 – 4 วัน เพื่อให้ส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอน

1.2 ใช้ปิเปต 10 มิลลิลิตรดูดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 8 มิลลิลิตรต่อน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เทใส่ขวดพลาสติก

1.3 ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.4 ใช้ปิเปตดูดสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ เติมฟีนอฟทาลีน 2 – 3 หยด จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกว่าจะถึงจุดยุติ (สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลตเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีชมพู) แล้วนำไปคำนวณตามสูตร ได้ Normality NaOH = 0.104 N

สูตรการคำนวณ Normality NaOH

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{ปริมาตร KHP ที่ใช้ไตเตรท} \times 1000}{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไตเตรท} \times \text{น้ำหนักโมเลกุลของ KHP}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารละลายฟีนอฟทาลีน

ละลายฟีนอฟทาลีน 1 กรัม ในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล ทีละหยดจนหยดแรกให้สีชมพูเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 200 มิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 0.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

1. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

ภาคผนวก ค.1 หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

1. ใส่น้ำสะอาดลงในเครื่อง Autoclave พอประมาณ อย่าให้ท่วมจานวางตะกร้า
2. เสียบปลั๊กไฟตัวเครื่องให้เรียบร้อย นำของที่ต้องการฆ่าเชื้อใส่ลงไปในตะกร้าและใส่ของลงไปใน Autoclave
3. กดปุ่ม Power ไปที่ On
4. เช็คปุ่ม Exhaust ให้อยู่ที่ Close
5. กดปุ่ม Mode แล้วกดปุ่ม Temp หน้าแป้นโชว์เลข “121” ถ้าต้องการเปลี่ยนอุณหภูมิตัวเลขให้กดลูกศร “ ▼ ” เมื่อต้องการปรับอุณหภูมิขึ้นและลูกศร “ ▲ ” เมื่อต้งการปรับอุณหภูมิลง
6. กดปุ่ม “ Start Time” เป็นเวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อโดยปกติตั้งค่าไว้ที่ 15 นาที แต่ถ้าต้องการแก้ไขสามารถเปลี่ยนค่า ตั้งขึ้นหรือลงได้เช่นเดียวกับข้อ 5
7. กดปุ่ม “Start” เพื่อเริ่มการใช้งาน
8. ให้ยืนรอดูว่าไม่มีเสียงอะไรผิดปกติและตัวเลขของอุณหภูมิขึ้น จึงเดินออกไปได้

<u>ข้อควรระวังในการใช้งาน</u>

1. ตรวจสอบอุณหภูมิให้ได้ 12 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว
2. เวลาฆ่าเชื้อเสร็จแล้วไม่ควรเปิดฝาออกทันที ควรรอให้สเกลความดันลดลงถึง “0” ก่อน เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน จึงจะเปิดฝาออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

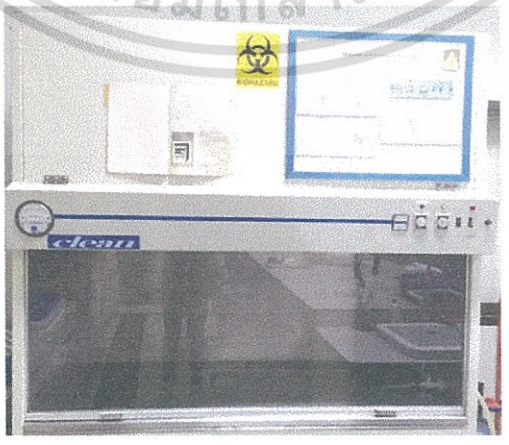
2. ตู้บ่มเพาะเชื้อ

ภาคผนวก ค. 2 ตู้บ่มเพาะเชื้อ

<u>วิธีการใช้</u>

1. เสียบปลั๊กเพื่อจ่ายเข้าเครื่อง
2. เปิดสวิตซ์โดยหมุนปุ่ม “Power” จาก “0” มาที่ “I”
3. กดปุ่ม “Set” ค้างไว้แล้วหมุนปรับอุณหภูมิ “↧” ได้ตามต้องการใช้งาน (ไม่ควรเกิน limit ของเครื่อง คือ 70 องศาเซลเซียส
4. เมื่อใช้งานเสร็จแล้วหมุนปุ่ม “Power” มาที่ “0” เพื่อปิดสวิตซ์ให้เรียบร้อย
5. ถอดปลั๊กออกทุกครั้งเมื่อใช้งานเสร็จ

3. ตู้ปลอดเชื้อ (Bionazard Laminar Flow)



ภาคผนวก ค. 3 ตู้ปลอดเชื้อ (Bionazard Laminar Flow)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เสียบปลั๊กสายไฟให้เรียบร้อย หลังจากนั้นกดปุ่ม Reset ระบบ U.V.C. เพื่อฆ่าเชื้อบริเวณพื้นที่ทำงานประมาณ 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ ระบบจะตัดอัตโนมัติ (Automatic Time) ถ้าต้องการเพิ่มหรือลดเวลาในการฆ่าเชื้อก็สามารถทำได้โดยปรับ 0 - 3 ชั่วโมงในกรณีระบบ U.V.C. ยังไม่ถึงเวลาที่ตั้งเอาไว้ แต่มีความจำเป็นจะต้องเปิดเครื่อง ให้หมุนตัวปรับเวลามาทาง “0” จนสุด จน U.V.C ตัดไป และให้หมุนกับไปที่ตัวเลขเดิมเพื่อการใช้งานครั้งต่อไป ไปที่โชว์ที่ Timer ติดสองดวง แสดงว่าหลอด U.V. ถูกสั่งปิด ไฟโชว์ที่ Timer ตัว 1 ดวง แสดงว่าหลอด U.V. กำลังฆ่าเชื้ออยู่

2. เปิดสวิตซ์แสงสว่าง (Light)

3. เปิดสวิตซ์ Blower ทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ทำงานด้วยแอลกอฮอล์ 70 %

4. เครื่องพร้อมใช้

5. การปิดเครื่องโดยปิดสวิทซ์ Blower แล้วปิดแสงสว่างจากนั้นจุงกดปุ่ม Reset เพื่อตั้งเวลาฆ่าเชื้อ สำหรับทำการฆ่าเชื้อที่ตกค้างอยู่บริเวณใช้งาน ประมาณ 15 – 20 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการฆ่าเชื้อถอดปลั๊กออกให้เรียบร้อย

<u>การเปิดตะเกียงแก๊ส</u>

1. เปิดวาวล์ที่ตัวถังแก๊วให้เรียบร้อย ถ้ามีปุ่ม Safly valve ให้กดปุ่มนี้ลงไป จากนั้นยกปุ่มแล้วหมุนปุ่มเปิดแก๊วที่อยู่ในตู้ Laminar Flow

2. จุดไฟด้วยไฟแช็ค แล้วปรับระดับไฟ โดยหมุนช่องปรับอากาศเข้าที่บริเวณตะเกียงปรับจนได้ไฟสีน้ำเงินเขียว

3. เมื่อใช้ตะเกียงเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการปิดวาวล์ที่ถังแก๊วเป็นอับดับแรก หลังจากเมื่อสังเตว่าไม่มีเปลวไฟออกจากตะเกียงแล้ว ทำการหมุนปุ่มปิดสายท่อแก๊วที่อยู่ในเครื่อง Laminar Flow ให้อยู่ในลักษณะที่สังเกตเห็นในครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
วิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก (AOAC, 1990)

1.1 นำตัวอย่างน้ำหมักฟักข้าวปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

1.2 เติม phenolphthalein indicator 2 – 3 หยด

1.3 ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.104 มอร์นัล

1.4 หยดสารละลายในบิวเรตต์ลงในฟลาสอย่างช้าๆ พร้อมทั้งแกว่งฟลาสด้วยมือขวาให้วนไปทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีชมพู)

สูตรคำนวณปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก} = \frac{N \times V_{(NaOH)} \times n \times 100}{V_{(sample)} \times 1000} \times D$$

เมื่อ N = [normol] NaOH เท่ากับ 0.104

$V_{(NaOH)}$ = จำนวนมิลลิลิตรของ NaOH ที่ใช้

n = น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของกรดแลคติก เท่ากับ 90.08

$V_{(sample)}$ = ปริมาตรของตัวอย่าง

D = การเจือจาง (Dilution) ของสารละลายตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ค่าพีเอช (AOAC, 2000)

ภาคผนวก ง.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

เปิดเครื่องวัดพีเอช (pH meter) ทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้สัญญาณเสถียร จากนั้นปรับเทียบค่าพีเอชโดยใช้บัฟเฟอร์ 7 เป็นจุดที่ 1 และใช้บัฟเฟอร์ 4.01 เป็นจุดที่ 2 3 และทำการวัดค่าพีเอชโดยเครื่องวัดพีเอชโดยนำตัวอย่างน้ำหมักฟักข้าวเทใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จุ่มอิเลคโทรดลงในบีกเกอร์ตัวอย่างแล้วคนเบาๆ รอจนกว่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงจึงอ่านค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC, 2000)

ก่อนทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่อง (calibration) โดยใช้น้ำกลั่นซึ่งค่าที่อ่านได้ปรับให้เท่ากับ 0 จากนั้นนำตัวอย่างน้ำหมักฟักข้าวมาวัดด้วยเครื่อง Hand refractometer ที่มีสเกลวัดค่าได้อยู่ระหว่าง 0 – 32 °Brix บันทึกค่าที่อ่านได้ในหน่วยของ °Brix

4. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์

4.1 Spread plate technique

นำน้ำหมักฟักข้าวที่ผ่านการบ่มด้วยอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 12 24 36 48 และ 72 ชั่วโมง นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้ปิเปตดูดตัวอย่างมา 1 ml. เติมลงในน้ำกลั่น 9 ml. เขย่าให้เข้ากัน ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างของค่าเจือจางที่เหมาะสม (dilution) เช่น 10^{-1} 10^{-3} 10^{-5} อย่างละ 0.1 ml. ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่เทอาหารแข็งไว้ก่อนหน้า แล้วใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟเพื่อฆ่าเชื้อทิ้งไว้สักครู่ให้เย็น ทำการสเปรดโดยเกลี่ยตัวอย่างให้แผ่กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อพร้อมทั้งผลักจานหมุนไปรอบๆ ระวังอย่าให้วุ้นแตก หลังจากนั้นวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20 นาที เพื่อให้สารละลายตัวอย่างแห้งและซึมเข้าไปในวุ้นให้หมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง นำไปบ่มเพาะเชื้อโดยไม่ต้องคว่ำจาน นับจำนวนโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหารแข็งทั้งหมดโดยจำนวนจุลินทรีย์ต่อจานที่เหมาะสมในช่วง 25 – 250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนี 1 จาน และคำนวณหา โคโลนีต่อมิลลิลิตรของตัวอย่าง โดยคำนวณได้จาก ความสัมพันธ์ต่อไปนี้

โคโลนีต่อกรัม หรือโคโลนีต่อมิลลิลิตร = n/d

โดยที่ n = จำนวนโคโลนีเฉลี่ยใน 1 จาน ของจานที่มีโคโลนีอยู่ระหว่าง 25 – 250 โคโลนี

d = ความเจือจางของตัวอย่างที่นำมาเพาะในจานที่หาค่า n ได้

4.2 ตรวจนับจำนวนเซลล์ *L. pentosus* ที่มีชีวิต (AOAC, 1990)

1. เตรียมอุปกรณ์

2. นำน้ำหมักฟักข้าว 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันใช้ปิเปตดูดตัวอย่างของค่าเจือจางที่เหมาะสม (dilution) เช่น 10^{-1} 10^{-3} 10^{-5}

3. ปิเปตสารละลายที่ระดับความเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหาร MRS Agar

4. ทำการ Spread plate โดยเกลี่ยตัวอย่างให้แผ่กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS Agar

5. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้น (หน่วยเป็นโคโลนี/มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ น้ำหมักฟักข้าว วันที่.....

ชื่อผู้ทดสอบ.....

คำชี้แจง โปรดทดสอบการยอมรับของตัวอย่างในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความใส-ขุ่น และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยทดสอบผลิตภัณฑ์ทีละตัวอย่าง และให้คะแนนตามระดับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากทุกครั้งในระหว่างการทดสอบผลิตภัณฑ์แต่ละอย่าง

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

เมื่อทดสอบชิมตัวอย่างแต่ละตัวอย่างแล้วให้ใส่ค่าคะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่างและลักษณะที่ประเมิน

ชุดที่ 1 น้ำหมักฟักข้าวจากส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด

รหัสตัวอย่าง / ลักษณะที่ทดสอบ	212	345	581
สี			
กลิ่น			
ความหวาน			
ควมเปรี้ยว			
ความขุ่น-ใส			
ความชอบโดยรวม			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่ 2 น้ำหมักฟักข้าวจากส่วนเนื้อฟักข้าว

รหัส / ตัวอย่าง / ลักษณะที่ทดสอบ	718	911	698
สี			
กลิ่น			
ความหวาน			
ความเปรี้ยว			
ความขุ่น-ใส			
ความชอบโดยรวม			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำหมักพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช.๔๘๑/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
น้ำหมักพืช

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุนชน ครอบคลุมเฉพาะน้ำหมักพืชแท้และน้ำหมักพืชปรุงพร้อมดื่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ น้ำหมักพืช หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด เช่น ลูกยอ ลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม ผลมะเม่า ที่สดหรือแห้งและอยู่ในสภาพดีมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช

๒.๒ กรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืช หมายถึง การหมักพืชหรือการสกัดน้ำจากพืช ด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แลกโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ ซับส์ บัลการิคัส (Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus) แลกโตบาซิลลัส เคซิอิ (Lactobacillus casei) ไบฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) แลกโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส (Lactobacillus acidophillus) หรือจุลินทรีย์อื่นที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืช ทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่

๒.๓ น้ำหมักพืชแท้ หมายถึง น้ำหมักพืชที่ไม่มีการเจือน้ำ และไม่ปรุงแต่งกลิ่นรส

๒.๔ น้ำหมักพืชปรุง หมายถึง น้ำหมักพืชที่ทำจากน้ำหมักพืชแท้ อาจมีการเจือน้ำ ปรุงแต่งกลิ่นรส

๓. ชนิด

๓.๑ น้ำหมักพืช แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ น้ำหมักพืชแท้

๓.๑.๒ น้ำหมักพืชปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีชิ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย

๔.๒ สี กลิ่น และกลิ่นรส

ต้องมีสี กลิ่น และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ปราศจากกลิ่นรส อื่นที่ไม่พึงประสงค์เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๙.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๔.๓ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

๔.๔ วัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๔.๕ เอทิลแอลกอฮอล์

ต้องไม่เกินร้อยละ ๓ โดยปริมาตร

๔.๖ เมทิลแอลกอฮอล์

ต้องไม่เกิน ๒๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๗ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ต้องไม่เกิน ๔.๓

๔.๘ จุลินทรีย์

๔.๘.๑ ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๕๐ กรัม

๔.๘.๒ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๑ มิลลิลิตร

๔.๘.๓ คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๐.๑ กรัม

๔.๘.๔ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๒.๒ ต่อตัวอย่าง ๑๐๐ มิลลิลิตร

๔.๘.๕ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ มิลลิลิตร

๕. สุขลักษณะ

๕.๑ สุขลักษณะในการทำน้ำหมักพืช ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๖. การบรรจุ

๖.๑ ให้บรรจุน้ำหมักพืชในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๖.๒ ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของน้ำหมักพืชในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๗. เครื่องหมายและฉลาก

๗.๑ ที่ภาชนะบรรจุน้ำหมักพืชทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำหมักกระชายดำเข้มข้น น้ำหมักกระชายดำพร้อมดื่ม

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(๔) ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

(๕) วัน เดือน ปีที่บรรจุ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการเก็บรักษาตามชนิดของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต

(๗) คำเตือนได้แก่ “หยุดบริโภคเมื่อมีอาการผิดปกติ” และคำเตือนพิเศษอื่นๆ ของแต่ละผลิตภัณฑ์

(๘) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๘. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๘.๑ รุ่นในที่นี้ หมายถึง น้ำหมักพืชชนิดเดียวกันที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๘.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๘.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุมอตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ ข้อ ๖. และข้อ ๗. จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๘.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ และข้อ ๔.๒ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร เอทิลแอลกอฮอล์และความเป็นกรด-ด่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุนำมาทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ มิลลิลิตรหรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหมักรวมตาที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ๔.๔ ถึงข้อ ๔.๗ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า ๕๐๐ มิลลิลิตร หรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างโดยสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๘ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำหมักพืชต้องเป็นไปตามข้อ ๘.๒.๑ ข้อ ๘.๒.๒ ข้อ ๘.๒.๓ และข้อ ๘.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๙. การทดสอบ

๙.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรส

๙.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบน้ำหมักพืชอย่างน้อย ๕ คนแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๙.๑.๒ เทตัวอย่าน้ำหมักพืชลงในแก้วใสโดยมีกระดาษสีขาวเป็นฉากหลัง ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๙.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๙.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีชิ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย	๔	๓	๒	๑
สี กลิ่น และกลิ่นรส	ต้องมีสี กลิ่น และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และกรรมการวิธีการผลิตปราศจากกลิ่นรสอื่นที่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑

๙.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๙.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร เอทิลแอลกอฮอล์ เมทิลแอลกอฮอล์ และความเป็นกรด-ด่าง
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๙.๔ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๙.๕ การทดสอบปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรหรือเครื่องชั่ง ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช.๔๘๑/๒๕๔๗

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ ๕.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายโดย

ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาดและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพ มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง และใช้ในปริมาณที่เหมาะสมและเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศันสนีย์ เกียรติสถิตย์
วัน เดือน ปีเกิด	20 ตุลาคม 2532 ที่จังหวัดลพบุรี
ที่อยู่	37/1 หมู่ 12 ตำบลศิลาทิพย์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี 15130
ประวัติการศึกษา	2555 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์เกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2556 – ปัจจุบัน ครู โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้