สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การหมักน้ำบีทรูทด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์

Fermentation of Beetroot Juice with Lactic acid bacteria and Starter Recycling

โดย

รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

RCH
ป 618 ง
2556

.b 12710374
.i

ฉบับหนังสือ
เลขทะเบียน 138256
วัน เดือน ปี - 5 ต.ค. 2558

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย **การหมักน้ำบีทรูทด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์**

ผู้ดำเนินการวิจัย **รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง**

หน่วยงาน **สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม**
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ **2556**

บทคัดย่อ

การศึกษาการหมักน้ำบีทรูทด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรน้ำบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ในระหว่างการหมัก ศึกษาการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูทเปรียบเทียบกับน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ ผลการศึกษาพบว่า น้ำบีทรูทสูตรที่ 315 ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด และน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 50 : 25 : 25 มีค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 15 มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านรสชาติและการยอมรับเท่ากับ 6.69 และ 6.67 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักที่อายุ 0-48 ค่าพีเอช ลดลงจาก 3.95 เป็น 3.17 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.214 เป็น 0.612 จำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นจาก 9.40×10^{6} เป็น 6.50×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร ส่วนองศาบริกซ์ลดลงจาก 15.0 เป็น 14.10 เนื่องจากน้ำบีทรูทเป็นวัตถุดิบในการหมักที่มีแหล่งคาร์บอนต่างๆ หลายชนิด ได้แก่ ฟรุกโทส กลูโคส ซูโครส ซึ่งเชื้อแบคทีเรียนสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญและการสร้างกรดได้ ทำให้องศาบริกซ์โดยรวมลดลงเพียงเล็กน้อย การรีไซเคิลน้ำหมักบีทรูทในการหมักพบว่า กิจกรรมการหมักในทุกรอบของการรีไซเคิลเกิดขึ้นได้ดีและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่อายุการเก็บรักษาจาก 0-30 วัน ค่าพีเอชลดลงจาก 3.18 เป็น 3.15 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.551 เป็น 0.690 จำนวนเซลล์คงที่อยู่ที่ 109 โคโลนี/มิลลิลิตร องศาบริกซ์คงที่อยู่ที่ 15 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เชื้อ *L. pentosus* ยังคงมีชีวิตรอดและใช้สารอาหารที่อยู่ในน้ำหมักบีทรูทเพื่อการเจริญและการสร้างกรด จึงทำให้ค่าพีเอชลดลงและเปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์เปรียบเทียบกับน้ำหมักบีทรูท พบว่า เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกในน้ำหมักบีทรูทหมักสูงกว่าน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ เปอร์เซ็นต์ซูโคสและน้ำตาลทั้งหมดในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ เท่ากับ 13.30 และ 14.10 สูงกว่าน้ำหมักบีทรูทซึ่งเท่ากับ 11.90 และ 13.10 เปอร์เซ็นต์ฟรุกโทสและกลูโคสในน้ำหมักบีทรูทสูงกว่าน้ำบีทรูท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาสเจอไรซ์ เท่ากับ 0.46 และ 0.66 ซึ่งน้ำตาลสองชนิดนี้ เชื้อ *L. pentosus* นำไปใช้ในการเจริญและการสร้างกรด องค์ประกอบของโปแทสเซียมในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ และน้ำหมักบีทรูท เท่ากับ 65.30 และ 64.50 ส่วนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกพบเฉพาะในน้ำหมักบีทรูท มีจำนวน 7.70×10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตร องค์ประกอบของปริมาณของเถ้า โปรตีน คาร์โบไฮเดรท (รวมไฟเบอร์) พลังงาน และความชื้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title Fermentation of Beetroot Juice with Lactic acid bacteria and Starter Recycling

Researcher Associate Prof. Pinmanee Kwanmuang

Department Department of Agricultural Education
Faculty of Industrial Education
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 2013

ABSTRACT

The objectives were to studied the optimum of beetroot juice formula for fermentation and the change of chemical, microbiology during fermentation, to studied the starter recycle, to studied the storage time of fermented beetroot juice at temperature of 4 ^{o}C and to studied the chemical composition of fermented beetroot juice compare with pasteurize beetroot juice. The result found that the beetroot juice formula of 315, that mixture of beetroot juice, pineapple juice and distilled water ratio were 50 : 25 : 25, the initial degree of brix at 15 had average score of teste and acceptance were 6.69 and 6.67. The change of pH value, percent of lactic acid, cell number and degree of brix on fermentation time from 0-48 hours were 3.95 to 3.17, 0.214 to 0.612, 9.40×10^{6} to 6.50×10^{10} colony/ml. and 15 to 14.10 respectively. Because of the beetroot juice had several carbon source such as fructose, glucose and sucrose, that lactic acid bacteria can used for grew and formation of acid, so that degree of brix was little decrease. The starter recycle of fermented beetroot juice for fermentation found that the fermentation activity in every recycles had good and occurred continuously.

The storage time of fermented beetroot juice at temperature of 4 degree celsius for 30 days found that the change of pH value, percent of lactic acid, cell number and degree of brix on storage time from 0-30 days were 3.18 to 3.15, 0.551 to 0.690, the cell number constance at 10^{9} colony/ml., drgree of brix was constance at 15. The storage at temperature of 4 degree Celsius, *Lactobacillus pentosus* could survival and used the substrate in beetroot juice for grew and lactic formation, so that pH value was decrease and percent of acid was increase. The studied on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chemical composition of pasteurized beetroot juice compare with fermented beetroot juice found that the percent of lactic acid in fermented beetroot juice higher than pasteurized beetroot juice, percent of sucrose and total sugar in pasteurized beetroot juice were 13.30 and 14.10, higher than fermented beetroot juice, that were 11.90 and 13.10, percent of fructose and glucose in fermented beetroot juice higher than pasteurized beetroot juice, were 0.46 and 0.66, which the both of sugars, the *L. pentosus* was used for grew and acid formation. Potassium composition in pasteurized beetroot juice and fermented beetroot juice were 65.30 and 64.50. The lactic acid bacteria found in fermented beetroot juice only, was 7.70×10^9 colony/ml. The composition of ash, protein, carbohydrate (include fiber) energy, and humidity had some difference.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การหมักน้ำบีทรูทด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ เป็นงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนเงินรายได้คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2556 โดยใช้ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร เป็นสถานที่ทำการวิจัย

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน คือ บุคลากรในสาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร นักศึกษาสาขาวิชาครุศาสตร์เกษตรทั้งระดับปริญญาโทและระดับปริญญาตรี ที่มีส่วนช่วยในเรื่องของการทำการทดลอง การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวนาม ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้เกี่ยวกับบีทรูท	5
2.2 การหมัก	8
2.3 เครื่องดื่มโปรไบโอติกส์	18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	34
3.2 วิธีการดำเนินงาน	35
3.3 สถานที่ทำการวิจัย	38
3.4 ระยะเวลาทำการวิจัย	38
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	39
4.1 การศึกษาสูตรน้ำหมักบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยกล้าเชื้อและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	39
4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทด้วยกล้าเชื้อ	40
4.3 ผลการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์น้ำหมักบีทรูท	42
4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูท	44
4.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 48
เอกสารอ้างอิง 50
ภาคผนวก 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ส่วนประกอบของบีทรูท ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม 6
2.2 ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกส์บางชนิด 20
2.3 สายพันธุ์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นโพรไบโอติกส์..... 22
2.4 ตัวอย่างของการหมักให้เกิดกรดแลคติกจากผักและน้ำผัก..... 25
3.1 อัตราส่วนของน้ำบีทรูทสูตรต่างๆ สำหรับใช้ในการทดลอง..... 36
4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักบีทรูท..... 40
4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง..... 41
4.3 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ระหว่างการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ จำนวนรอบการรีไซเคิลที่ 1-6 42
4.4 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ระหว่างการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน..... 45
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำบีทรูทพาสเจอร์ไรซ์ และน้ำหมักบีทรูท..... 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของหัวบีทรูท (Beetroot)	5
2.2	สูตรโครงสร้างเคมีของเบตานิน	7
2.3	สูตรโครงสร้างเคมีของบีตาไซยานิน และบีตาแซนทิน	8
2.4	กระบวนการสลายตัวของบีตานินเนื่องจากกรดและความร้อน	9
2.5	ปฏิกิริยาการหมักแอลกอฮอล์	10
2.6	ปฏิกิริยาการหมักกรดแลคติก	11
2.7	วิถีทางเคมีของการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ	15
2.8	วิถีทางเคมีของการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ	16
2.9	ลักษณะเซลล์ของแลคโตบาซิลลัสเพนโตซัส	18
2.10	การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากกล้าเชื้อผักดอง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บีทรูท หรือเรียกอีกอย่างว่าหัวผักกาดแดง (beetroot : *Beta vulgaris* L.) เป็นพืชตระกูลเดียวกับหัวผักกาดที่อยู่ใต้ดิน หัวมีลักษณะกลมป้อม เปลือกมีสีออกดำ เนื้อมีสีแดงเลือดหมู หรือเป็นสีออกม่วงแดง เมื่อปอกเปลือกออกสีจากเนื้อจะติดมือ บีทรูทเป็นพืชที่มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน มีหัวอยู่ใต้ดินโดยหัวมีลักษณะอวบน้ำ มีเส้นผ่านศูนย์กลางหลายขนาด ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับ และเป็นรูปหัวใจรี ก้านใบยาว ดอกเป็นดอกเดี่ยวและออกเป็นช่อ มีสีเขียวอ่อนขนาดเล็ก ผลมีขนาดเล็ก ลักษณะหัวบีทรูทมีสีแดงฉ่ำ นิยมใช้เป็นสีธรรมชาติในการผสมอาหาร เช่น นำมาดองกับน้ำส้มสายชู หรือแกะสลักตบแต่งอาหาร คุณค่าทางโภชนาการของบีทรูทประกอบด้วยวิตามิน ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 มีแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก เมื่อนำบีทรูทมาทำเป็นน้ำบีทรูทสำหรับดื่มจะมีสรรพคุณทางยา ช่วยขับปัสสาวะ ลดอาการบวม บำรุงตับ เป็นยาระบาย ช่วยเจริญอาหาร แก้เจ็บคอ ขับเสมะและแก้ไอ (herbal.musua.com/น้ำสมุนไพร/น้ำบีทรูท.html) การใช้ประโยชน์จากบีทรูทในปัจจุบันนอกเหนือจากการรับประทานสดแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเรียกว่าน้ำบีทรูท (beetroot juice หรือ red beet juice) ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีลักษณะสีแดงเข้ม การทำน้ำบีทรูททำได้โดยนำบีทรูทมาปอกเปลือกแล้วล้างน้ำให้สะอาด หั่นให้เป็นฝอยเล็กๆ ใส่เครื่องปั่น เติมน้ำ กรองเอากากออก ใส่หม้อเคลือบตั้งไฟ เติมน้ำตาลทรายและเกลือเล็กน้อย ชิมรสตามความชอบ ถ้าต้องการเพิ่มรสชาติให้ผสมน้ำกระทกรกฝรั่งลงไปด้วย จะทำให้มีกลิ่นหอมน่ารับประทานขึ้น สีแดงสดในน้ำบีทรูทเกิดขึ้นเนื่องมาจากมีสารเบตานิน ซึ่งเบตานินเป็นสารที่เป็นส่วนสำคัญของสารต้านออกซิเดชั่นแอนโทไซยานิน เป็นตัวช่วยป้องกันโรคหัวใจและมะเร็งโดยกำจัดอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นแล้วบีทรูทยังมีเส้นใย (dietary fiber) สูง ซึ่งเส้นใยจัดเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของหัวใจและลำไส้เป็นอย่างยิ่ง (http://beetrootbenefits.org/)

การใช้ประโยชน์จากหัวบีทรูทในรูปของเครื่องดื่มเรียกว่า น้ำบีทรูท ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีสีแดงเข้ม น้ำบีทรูทนอกจากรับประทานสดในรูปแบบของเครื่องดื่มแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกลุ่มของน้ำหมักพืช โดยความหมายของน้ำหมักพืชตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 481/2547) กล่าวว่า น้ำหมักพืช หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด เช่น ลูกยอ ลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม ผลมะเม่า ที่สดหรือแห้งและยังอยู่ในสภาพดี นำมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือตัดแต่งจากนั้นนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช ส่วนกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชนั้น หมายถึง การหมักพืชหรือการสกัดน้ำจากพืชด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น แลกโตบาซิลลัส เดลบรูคิอิ ซับสปีชีส์ บัลการิคัส (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus)* แลกโตบาซิลลัส เคซิอิ (*Lactobacillus casei*) ไบฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) และแลกโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส (*Lactobacillus acidophillus*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออาจใช้จุลินทรีย์อื่นที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืชได้ ทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่ ซึ่งน้ำหมักพืชเป็นทางเลือกหนึ่งของอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะมีส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติโพรไบโอติกส์

การแปรรูปน้ำบีทรูทเป็นน้ำหมักบีทรูท เป็นแนวทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลิตผลทางการเกษตรประเภทผักและผลไม้ให้เป็นกรดแลคติกโดยกระบวนการหมัก ซึ่งจัดเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการแปรรูปอาหารโดยกระบวนการหมัก ตลอดจนเป็นการนำวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีอยู่มาใช้ประโยชน์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อเป็นอาหารสุขภาพ และสามารถพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการนำเอาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารโดยการหมักมาใช้ในการแปรรูปน้ำหมักบีทรูท โดยใช้กล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถพัฒนาไปสู่การค้าได้ ตลอดจนศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก เทคนิคการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ที่ใช้ในการหมัก เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและขั้นตอนในการแปรรูปน้ำหมักบีทรูท ตลอดจนศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการหมักน้ำบีทรูทโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก
2. เพื่อศึกษาสูตรน้ำหมักบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยกล้าเชื้อและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทและการรีไซเคิลน้ำหมักบีทรูทสำหรับใช้เป็นสตาร์ทเตอร์ในการหมักครั้งต่อไป
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท
5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาส่วนผสมของสูตรน้ำหมักบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมัก และศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการหมักน้ำบีทรูทที่ผู้บริโภคยอมรับ
2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ ระหว่างการหมัก
3. ศึกษาจำนวนรอบการของรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์
4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท
5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษานำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย ขั้นตอนการคัดเลือกสูตรน้ำบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งดำเนินการโดยเตรียมน้ำบีทรูท 4 สูตร แต่ละสูตรมีความหวาน 10 และ 15 องศาบริกซ์ จากนั้นนำไปหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จากนั้นนำสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก การรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์และการเก็บรักษา ตลอดจนศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท

1.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนของการวิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ คือ การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยมีการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติค จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติค โดยศึกษาในสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ในระหว่างการศึกษาการเก็บรักษามีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติค จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติค และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูทสูตรที่ยอมรับ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรท วิตามิน เกลือแร่ พลังงาน เป็นต้น

14.3 วิธีการวิเคราะห์ วิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้เครื่องวัดพีเอช วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดโดยใช้การไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์โดยการตรวจนับเชื้อบนอาหารแข็ง MRS ส่วนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยลักษณะที่ทดสอบตามแบบทดสอบ และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานการวิเคราะห์เคมีทางอาหาร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการแปรรูปน้ำหมักบีทรูทด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ตลอดจนสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปทำผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

2. ข้อมูลการวิจัยสามารถนำมาใช้เพื่อบูรณาการการเรียนการสอน ตลอดจนการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนในรูปของการบริการวิชาการ และสามารถนำไปประยุกต์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเดียวกันได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การหมัก (fermentation) หมายถึง กระบวนการสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ได้เป็นผลิตภัณฑ์จากการหมัก เช่น การหมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ การใช้แบคทีเรียเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติก

2. การหมักให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation) หมายถึง การเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส (glucose) ให้เป็นกรดแลคติก โดยการทำงานของจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีปริมาณออกซิเจนน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แลคโตบาซิลลัส เพนโทซัส (*Lactobacillus pentosus*) เป็นแบคทีเรียรูปร่างแท่งเซลล์มีลักษณะแท่งตรง ปลายมล สามารถผลิตกรดแลคติกจากกระบวนการหมัก เป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากอาหารหมัก เช่น ผักเสี้ยนดอง มะกอกดอง

4. โพรไบโอติกส์ (probiotic) หมายถึง เซลล์ของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกที่มีชีวิตและมีประโยชน์อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทำให้เกิดสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดความต้านทานของจุลินทรีย์ก่อโรคในลำไส้ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้จุลินทรีย์ *Lactobacillus pentosus*

5. น้ำบีทรูท (beetroot juice) หมายถึง น้ำที่ได้จากการนำหัวบีทรูทสด ที่ไม่เน่าเสีย ล้างให้สะอาด ปอกเปลือกแล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น นำมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ตีป่นและกรองแยกกากได้น้ำบีทรูท

6. น้ำหมักบีทรูท (fermented beetroot juice) หมายถึงเครื่องดื่มที่ได้จากการนำหัวบีทรูทในสภาพดีมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชด้วยจุลินทรีย์ *Lactobacillus pentosus* ในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช ซึ่งน้ำหมักพืชเป็นทางเลือกหนึ่งของอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะมีส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติโปรไบโอติกส์ (probiotic)

7. เกณฑ์คุณภาพน้ำหมัก (Quality criteria) หมายถึงคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์น้ำหมักบีทรูท ดังนี้

1. คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีชิ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย และต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วน หรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

2. คุณลักษณะทางเคมี ได้แก่ มีความเป็นกรด-ด่าง ต้องไม่เกิน 4.3

3. คุณลักษณะทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกต้องไม่น้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับบีทรูท

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

บีทรูท (beetroot) หรือชื่อเรียกภาษาไทย ผักกาดฝรั่ง ผักกาดแดง ชื่อวิทยาศาสตร์: *Beta vulgaris* Linn. เป็นหัวผักกาดที่อยู่ใต้ดินชนิดหนึ่ง ลักษณะใบเดี่ยวเรียงตัวสลับ ใบเป็นรูปหัวใจรี ลักษณะของดอกเป็นดอกเดี่ยว ออกเป็นช่อ มีสีเขียวอ่อนขนาดเล็ก หัวใต้ดินมีขนาดเล็กทรงกลมป้อม เปลือกสีดำ เนื้อฉ่ำน้ำเป็นชั้นๆ มีสีแดงเลือดหมู หรือม่วงแดง เมื่อปอกเปลือกสีจะติดมือ เป็นผักเมืองหนาว มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน ปัจจุบันสามารถปลูกได้ในแถบภาคเหนือของไทย (ชาติ ประชาชื่น, 2552)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของหัวบีทรูท (Beetroot)
ที่มา : ชาติ ประชาชื่น (2552)

2.1.2 น้ำบีทรูท

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.278/2547) เกี่ยวกับน้ำบีทรูท มีดังต่อไปนี้

น้ำบีทรูท หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำหัวบีทรูทสดที่ไม่เน่าเสีย ล้างให้สะอาด ปอกเปลือกแล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น อาจนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 โดยน้ำหนัก ตีป่นและกรองแยกกากได้น้ำบีทรูท อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก และอาจเติมสเตบิไลเซอร์หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่น เช่น น้ำเสาวรส ต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 95 องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที ประเภทของน้ำบีทรูทได้แก่

น้ำบีทรูทแท้ หมายถึง น้ำบีทรูทที่ไม่มีการเจือน้ำ น้ำบีทรูทแท้ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของบีทรูท ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำบีทรูทปรุง หมายถึง น้ำบีทรูทที่ทำจากน้ำบีทรูทแท้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก มีการเจือน้ำ ปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก หรือน้ำผลไม้อื่น อาจแต่งสีและกลิ่นด้วย น้ำบีทรูทปรุง ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ น้ำบีทรูทสามารถนำมาแปรรูปต่อโดยการใช้วิธีการหมัก (fermentation) เพื่อให้ได้เป็นน้ำหมักบีทรูท ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของน้ำหมักพืช

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของบีทรูท

หัวบีทรูทอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีกมากมาย เช่น แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม วิตามินซี และบีตานิน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อโรคทางเดินโลหิต บีทรูทแคลอรี่ต่ำแต่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย นอกจากนี้บีทรูทประกอบไปด้วยโฟลิคเอซิด และวิตามิน บี1 บี2 บี3 และวิตามินเอ ในรูปของเบต้าแคโรทีน (อุทัศน์ พิทักษ์สายชล, 2550)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของบีทรูท ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ/100 กรัมบีทรูท
พลังงาน	45 Kcal
คาร์โบไฮเดรต	9.56 g
น้ำตาล	6.76 g
ใยอาหาร	2.8 g
ไขมัน	0.17 g
โปรตีน	1.61 g
น้ำ	87.58 g
วิตามินเอ	33 IU
บีตานิน	128.7 mg
บีต้า-แคโรทีน	20 µg
ไธอะมีน (วิตามินบี1)	0.031 mg
ไรโบฟลาวิน (วิตามินบี2)	0.057 mg
ไนอาซิน (วิตามินบี3)	0.334 mg
แพนโทเทนิค (วิตามินบี5)	0.155 mg
วิตามินบี6	0.067 mg
โฟเลต (วิตามินบี9)	109 µg
วิตามินซี	4.9 mg
แคลเซียม	16 mg
เหล็ก	0.80 mg
แมกนีเซียม	23 mg
ฟอสฟอรัส	40 mg
โปตัสเซียม	325 mg
สังกะสี	0.35 mg

Source : USDA Nutrient Database

ที่มา : Beets nutrition facts (2012)

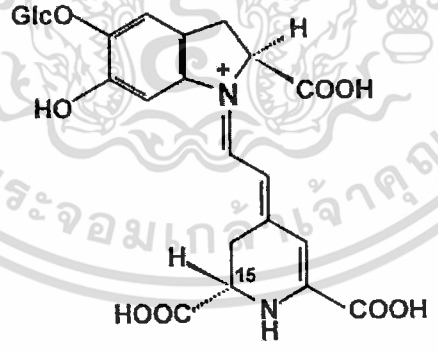
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประโยชน์ของน้ำบีทรูท

น้ำบีทรูทคั้นสดๆ เหมาะเป็นเครื่องดื่มบำรุงกำลังสำหรับคนที่ฟื้นไข้ใหม่ เพราะอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ ช่วยบำรุงเลือด บำรุงไต และถุงน้ำดี นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นอาหารล้างพิษในร่างกาย เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ติดสุราเรื้อรังและผู้สูงอายุ น้ำบีทรูทที่คั้นบริสุทธิ์มีความเข้มข้นมาก อาจเกิดผลข้างเคียงและมีรสชาติดื่มได้ยาก จึงควรผสมกับน้ำกับผลไม้อื่น เช่น น้ำเสาวรส น้ำแอปเปิล น้ำแครอท เป็นต้น จะทำให้รสอร่อยดื่มได้ง่ายและนอกเหลือจากนี้การวิจัยยังพบว่าในหัวบีทรูทจะมีกรดอะมิโนที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกและมะเร็งได้ บีทรูทมีองค์ประกอบของบีตานิน ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดสีแดงเข้ม บีตานินเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น และป้องกันมะเร็ง (JuicerThailand, 2012)

2.1.5 บีตานิน

บีตานิน (betanin) เป็นรงควัตถุหลักของหัวบีทรูท ซึ่งเป็นรงค์วัตถุที่จัดอยู่ในกลุ่มของบีตาเลน (betalain) เป็นกลุ่มของสารประกอบให้สี มีการพบเป็นครั้งแรกในหัวบีทรูท โดยส่วนมากจะพบมากในส่วนของแวคคิโอ (vacuole) ในเซลล์พืช บีตาเลน เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่ให้สีแดง และสีเหลืองคล้ายแอนโทไซยานินและฟลาโวนอยด์ สมัยก่อนเรียกว่า nitrogenous anthocyanins บีตาเลนพบเฉพาะในพืชตระกูล Centrospermea และชนิดที่เป็นอาหารบริโภคได้ คือ หัวบีทรูท นอกจากนั้นยังพบบีตาเลนได้ในผลแคคตัส (cactus fruit) และดอกไม้บางชนิด เช่น bougainville และผักโขมแดง (amaranthus) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549; Harivaindaran *et al.*, 2008)



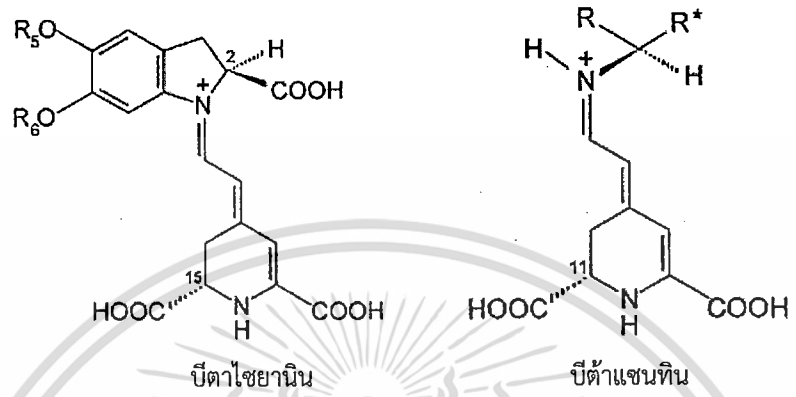
Betanin

ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างเคมีของเบตานิน
ที่มา : Stintzing and Carle (2004)

สารในกลุ่มบีตาเลน ประกอบด้วยสารให้สี 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ บีตาไซยานินและบีตาแซนทิน ดังภาพที่ 2.3 บีตาไซยานินเป็นสารให้สีแดง-ม่วง สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วง 535-550 นาโนเมตร ส่วนบีตาแซนทินเป็นสารให้สีเหลือง สามารถดูดกลืนคลื่นแสงได้ในช่วง 475-480 นาโนเมตร บีตาไซยานินเป็นสารที่พบมากที่สุดถึงประมาณร้อยละ 90 ของสารในกลุ่มนี้ทั้งหมด สารในกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีตาไซยานินที่สำคัญ ได้แก่ บีตานิน ซึ่งพบได้มากถึงร้อยละ 75-95 (ถาวร วอนว่า และนิพนธ์ ฐานทองอรุณ, 2547; Harivaindaran *et al*., 2008; Zryd and Christinet, 2003)



บีตาไซยานิน บีต้าแซนทิน

ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างเคมีของบีตาไซยานิน และบีตาแซนทิน
ที่มา : Zryd and Christinet (2003)

บีตาเลนสลายตัวได้ง่ายในกระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้ความร้อน เช่น การบรรจุกระป๋องของหัวบีทรูทสีแดงจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม บีตานินที่เป็นรงควัตถุหลักของหัวบีทรูท คือ betanidin-5-O-β-glusoside รูปแบบของบีทรูทที่มีลักษณะเป็นผงจะสามารถเก็บรักษาบีตาเลนได้ดีที่สุด คือ สภาวะที่มีปริมาณน้ำอิสระ 0.12 หรือมีความชื้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักแห้ง สีที่สกัดได้จากหัวบีทรูทจะมีความคงตัวที่ค่าพีเอช 4-6 จึงน่าสนใจที่จะนำสีจากหัวบีทรูทมาใช้ในอาหารที่ได้จากธรรมชาติชนิดหนึ่ง สารละลายบีตานินในน้ำเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน ดังภาพที่ 2.4 อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ถาวร วอนว่า และนิพนธ์ ฐานทองอรุณ., 2547; Stintzing and Carle, 2004)

2.2 การหมัก

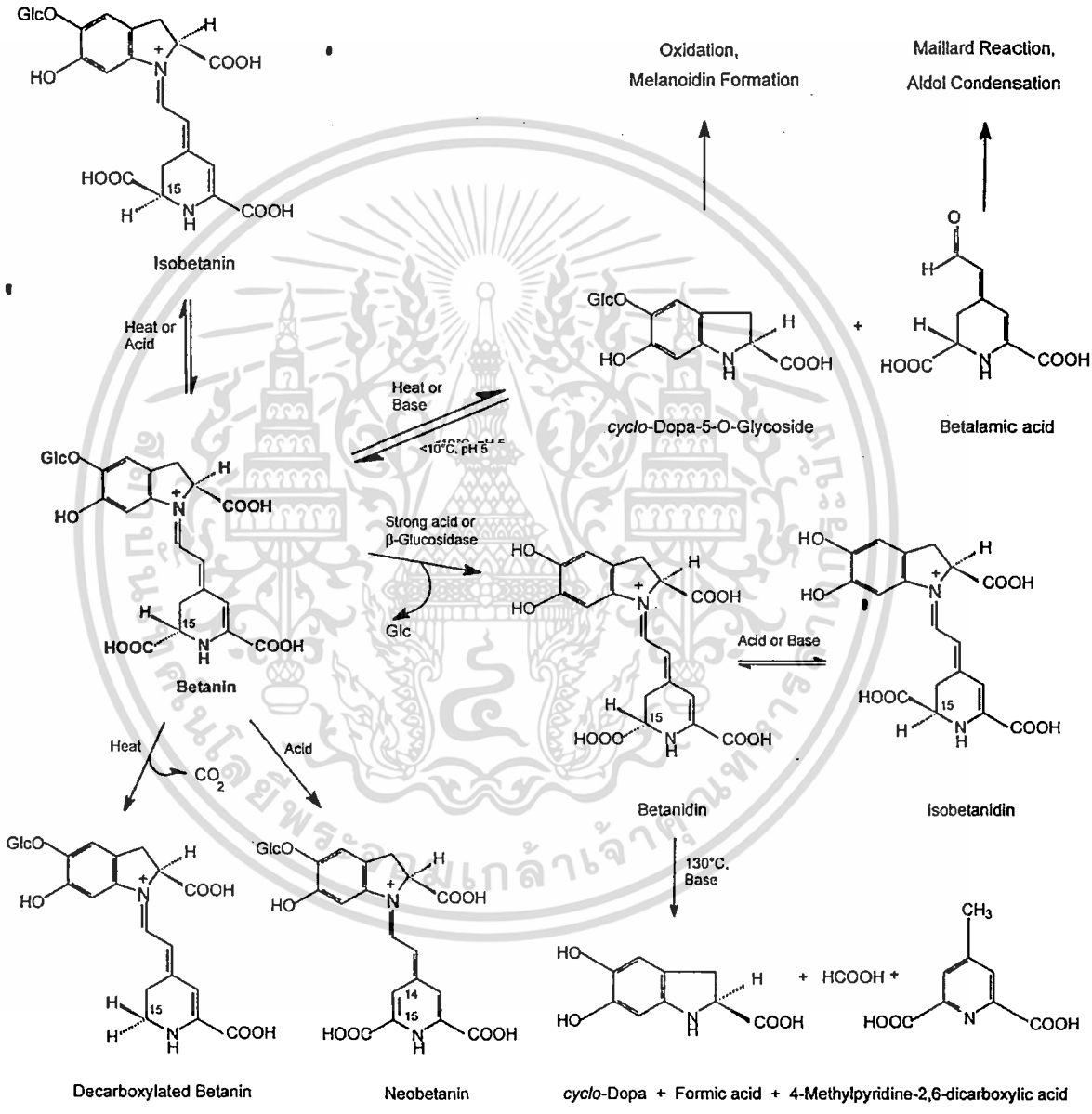
2.2.1 ความหมายและประเภทของการหมัก

ตะวัน ฉัตรสูงเนิน (2546) กล่าวว่า การหมัก (Fermentation) ในความหมายดั้งเดิมหมายถึง กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์หรือกรดแลคติกจากน้ำตาลกลูโคส แต่ในความหมายสมัยใหม่หมายถึง กระบวนการแปรสภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกควบคุมด้วยการทำงานของเอนไซม์

มาลินี อัศวดิษฐเลิศ (2551) กล่าวว่า การหมัก เป็นรากศัพท์มาจากภาษาลาติน “fervere” แปลว่า “เดือด” ซึ่งครั้งแรกใช้เพื่ออธิบายลักษณะที่เกิดจากการกระทำของยีสต์ในน้ำสกัดผลไม้ หรือเมล็ดข้าวมอลท์เนื่องจากยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผุดขึ้นมาเหมือนน้ำเดือด ในทางชีวเคมีการหมักหมายถึงการสร้างพลังงานจากกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์เนื่องจากเอนไซม์ โดยมีสารอินทรีย์เป็นทั้งตัวให้และตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนการหมักในทางจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม หมายถึงกระบวนการผลิตผลผลิตใดๆ ก็ตามที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมาก (mass culture) ซึ่งจะครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะที่การหมักทางชีวเคมีจะหมายถึงเฉพาะกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจนเท่านั้น การหมักแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ



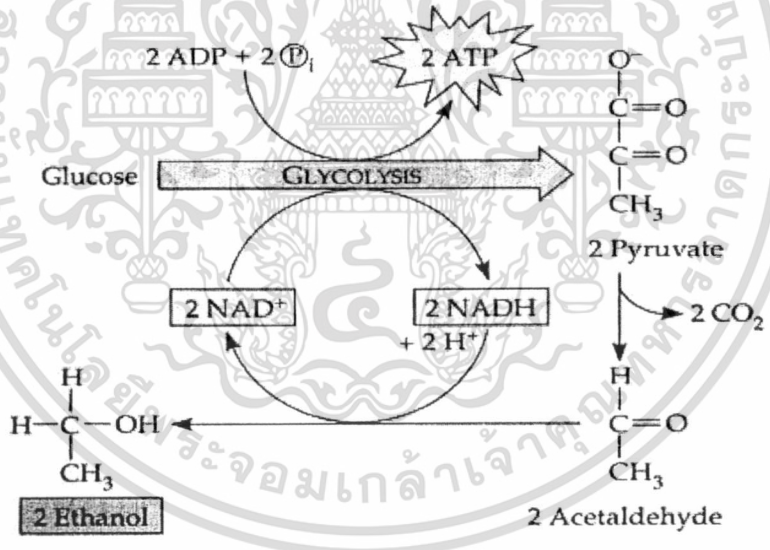
ภาพที่ 2.4 กระบวนการสลายตัวของบีตานินเนื่องจากกรดและความร้อน
ที่มา: Stintzing, F.C. and Carle, R. (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหมักที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) การหมักที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์นี้อาศัยยีสต์เป็นส่วนใหญ่ ในการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ และมักจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นพร้อมๆ กับแอลกอฮอล์ด้วย ดังปฏิกิริยาการหมักตามภาพที่ 2.5

กระบวนการสลายกลูโคสเป็นกรดไพรูวิกตามขั้นตอนไกลโคลิซิส มีการสร้าง ATP เกิดขึ้น 2 โมเลกุล จากนั้นกรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นแอซิทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) โดยมีเอนไซม์ไพรูเวท ดีคาร์บอกซิเลส (pyruvate decarboxylase) ช่วยเร่งปฏิกิริยา มี CO_2 เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ 2 โมเลกุล จากนั้นแอซิทัลดีไฮด์ก็จะเปลี่ยนเป็นเอทานอล (ethanol) โดยมีเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase) เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา จะเห็นว่ากระบวนการหมักแอลกอฮอล์จะมีเฉพาะไกลโคลิซิส ไม่มีวัฏจักรเครบส์ ไม่มีกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ไม่มี O_2 เข้าร่วมปฏิกิริยา จึงเกิด ATP เพียง 2 โมเลกุล น้อยกว่าการสลายกลูโคสแบบใช้ออกซิเจนถึง 18-19 เท่า

แม้ว่ากระบวนการหมักแอลกอฮอล์จะให้พลังงานน้อย แต่มนุษย์ก็นำวิธีการสลายอาหารแบบนี้มาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การใช้ยีสต์สำหรับหมัก เบียร์ ไวน์ และเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ เป็นต้น (ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา, 2555)



ภาพที่ 2.5 ปฏิกิริยาการหมักแอลกอฮอล์
ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา (2555)

2. การหมักที่ทำให้เกิดกรดอะซิติค (acetic acid fermentation) กระบวนการหมักนี้มักเกิดต่อเนื่องจากกระบวนหมักให้เกิดแออลกอฮอล์ คือ เมื่อเกิดแอลกอฮอล์แล้ว ถ้ามีออกซิเจนอยู่มากแอลกอฮอล์จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดโดยแบคทีเรีย ซึ่งมักเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่การเกิดกรดนี้จะเป็นไปด้วยดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ทำปฏิกิริยา ฉะนั้นเพื่อที่จะให้ได้ผลิตผลที่ดี จึงมักใส่แบคทีเรียตัวนำ (Starter) ลงไปในการหมัก แบคทีเรียที่เป็นตัวนำที่ดีที่สุดคือ

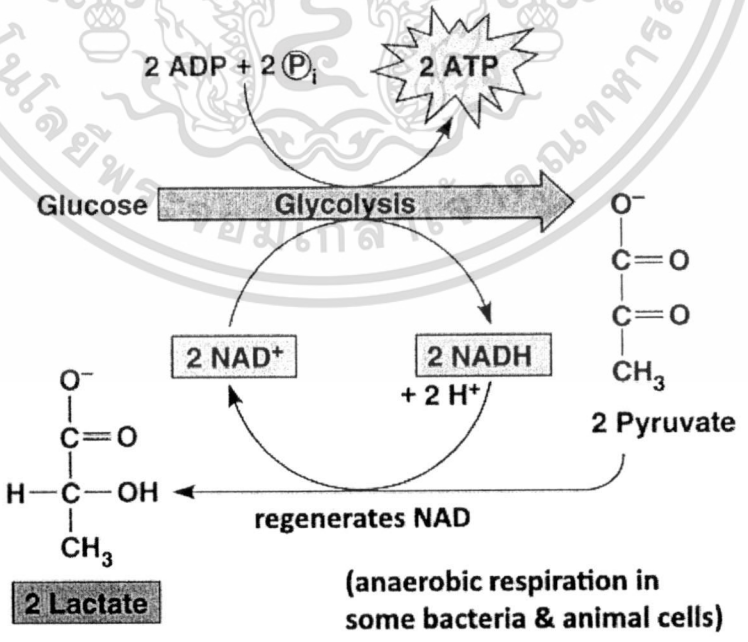
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acetobacter aceti ซึ่งจะทำให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังสมการ การหมักประเภทนี้ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำส้มสายชู (ตรี วาทกิจ, 2555)

$$\underset{\text{กลูโครส}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ยีสต์}} \underset{\text{เอทานอล}}{C_2H_5OH} + \underset{\text{คาร์บอนไดออกไซด์}}{CO_2}$$

$$\underset{\text{เอทานอล}}{C_2H_5OH} + O_2 \xrightarrow{\text{แบคทีเรีย}} \underset{\text{กรดอะซิติก}}{CH_3COOH} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O}$$

3. **การหมักที่ทำให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation)** เป็นกระบวนการสลายกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อลายของสัตว์ พยาธิตัวตืดและแบคทีเรียบางชนิด โดยกลูโคสจะเข้าสู่กระบวนการไกลโคลิซิส เปลี่ยนแปลงเป็นกรดไพรูวิกเช่นเดียวกับการหมักแอลกอฮอล์ แต่ในขั้นต่อมากรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (lactic acid) โดยมีเอนไซม์แลกเตทดีไฮโดรจีเนส (lactate dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การสลายกลูโคสโดยกระบวนการหมักกรดแลกติกทำให้เกิด ATP 2 โมเลกุล และกรดแลกติก 2 โมเลกุล โดยไม่มี CO_2 เกิดขึ้น มนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากกระบวนการหมักกรดแลกติกของแบคทีเรียบางชนิดมาใช้ในการผลิตอาหารบางอย่าง เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ ผักและผลไม้ดองเป็นต้น ดังปฏิกิริยาการหมักในภาพที่ 2.6



(b) Lactic acid fermentation

ภาพที่ 2.6 ปฏิกิริยาการหมักกรดแลคติก
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria - LAB)

อังคณา รัตนพันธ์ (2549) กล่าวถึงแบคทีเรียกรดแลคติกไว้ดังนี้ แบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมตาบอไลท์ พบในอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ ส่วนมากแบคทีเรียนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย แบคทีเรียกรดแลคติกขาดสารไซโตโครม (cytochromes) และพอร์ไฟรินส์ (porphyrins) จึงไม่ให้เอนไซม์แคตาเลส และออกซิเดส แบคทีเรียกลุ่มนี้บางชนิดได้ออกซิเจนโดยผ่านเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเด้ส (flavoprotein oxidases) และใช้ออกซิเจนนี้สร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือใช้เพื่อรีออกซิไดซ์ NADH ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการดีไฮโดรจิเนชั่นของน้ำตาล

2.2.2.1 ลักษณะของแบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติกเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างเอนไซม์แคตาเลส ไม่ต้องการอากาศ ลักษณะสัณฐานวิทยา มีทั้งรูปร่างแท่งและรูปร่างกลม การจัดเรียงกลุ่มของแบคทีเรียแลคติกในสกุลต่างๆ ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะรูปแบบของการหมักน้ำตาลกลูโคส การใช้น้ำตาลชนิดต่างๆ และการเจริญที่อุณหภูมิต่างๆ การผลิตกรดแลคติกเจริญในที่มีเกลือความเข้มข้นสูง และการทนต่อกรดหรือด่าง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียกลุ่มนี้ได้จากการใช้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลแลคโตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นกรดแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus, Pediococcus, Streptococcus* และ *Leuconostos*

แบคทีเรียกรดแลคติก ถูกใช้ในการเตรียมและถนอมอาหารประเภทเนื้อ นม และผัก มาเป็นเวลานาน และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความปลอดภัย (generally recognized as safe, GPRS) ซึ่งแบคทีเรียแลคติกจะผลิตสารต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ โปรตีเอส (Protease) สารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นรส (Flavor compound) และสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะที่รู้จักดี คือ แบคเทอริโอซิน (bacteriocin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโปรตีนที่เรียกว่า Bactericidal protein จากการทดลองของ Yang, *et al*. (1997) พบว่า *Lactobacillus* 12 สายพันธุ์ และ *Pediococcus* 5 สายพันธุ์ สามารถสร้างสารยับยั้งได้ คือ 2-pyrrodone-5-carboxylic acid (PCA) ซึ่ง PCA จะสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้หลายชนิดเช่น *Enterobactor cloaoae* 1575, *Pseudomonas fluorescens* KJLG. และ *P. putida* 1560-2 ผลการยับยั้งของ PCA ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับอุณหภูมิขึ้น แต่จะถูกทำลายเมื่อเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และ PCA จะมีผลการยับยั้งน้อยกว่ากรดแลคติกเล็กน้อย แบคทีเรียกรดแลคติกมีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหาร และผลิตอาหารที่ดีต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นแบคทีเรียชนิดที่สามารถเติบโตได้ในแหล่งอาหารทั่วๆ ไป และจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารต่ำลงอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่ทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นไม่สามารถเติบโตได้ พบว่า *Leuconostoc* และ *Streptococcus* ที่สร้างกรดแลคติก จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดที่ 4-4.5 ส่วน *Lactobaacillus* และ *Pediococcus* บางสายพันธุ์จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำประมาณ 3.5 ก่อนจะมีการยับยั้งการเติบโตของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 การจัดจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติก

แบคทีเรียกรดแลคติกได้มีการจำแนกเป็นสกุลได้ 12 สกุล ดังนี้

1. *Streptococcus* สกุลนี้เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8-1.2 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นสายโซ่หรือคู่ ผลิตกรดแลคติกชนิด L(+) จากการหมักกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์หลักเท่านั้น ต้องการสารอาหารในการเจริญสูงมีหลายชนิด เป็นปรสิตในคนหรือสัตว์และบางชนิดสามารถทำให้เกิดโรคได้เจริญที่อุณหภูมิ 20-41 องศาเซลเซียส ปัจจุบันประกอบด้วย 39 สปีชีส์ มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ guanine (G)+ cytosine (C) ระหว่าง 34-46เปอร์เซ็นต์

2. *Lactococcus* เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่หรือต่อกันเป็นสายโซ่ ผลิตกรดแลคติกชนิด L(+) จากการหมักกลูโคส สามารถเจริญได้ที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส ปัจจุบันประกอบด้วย 5 สปีชีส์ ได้แก่ *L. lactis* subsp. *lactis, L. lactis* subsp. *cremoris, L. lactis* subsp. *hordiniae, L. garvieae, L. plantarum, L. raffinolactis* และ *L. piscium* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่าง 34 - 43 เปอร์เซ็นต์

3. *Vagococcus* เป็นแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งเคลื่อนที่ได้ ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Vagococcus flauvialis* ซึ่งเดิมอยู่ใน *Streptococci* กลุ่ม N และ *V. salmoninarum* ซึ่งแยกได้จากปลาแซลมอนที่เป็นโรค

4. *Enterococcus* เซลล์มีรูปร่างไข่ จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว หรือสายโซ่สั้นๆ ผลิตกรดแลคติก ชนิด L(+) จากการหมักกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ต้องการสารอาหารในการเจริญสูง สามารถเจริญที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียส บางสายพันธุ์ผลิตเอนไซม์แคตาเลสเทียมได้ และบางชนิดทำให้เกิดโรค ปัจจุบันประกอบด้วย 5 สปีชีส์ ได้แก่ *Enterococcus faecalis, E. faecium, E. avium, E. galinarum* และ *E. cecorum* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่าง 37- 40 เปอร์เซ็นต์

5. *Pediococcus* เซลล์มีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.36-1.43 ไมครอน แบ่งตัวลักษณะ 2 ทิศทางบนระนาบเดียวกัน โดยแบ่งตัวครั้งที่ 2 ในทิศด้านขวามือของครั้งแรก ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะเป็นเซลล์เป็นเซลล์ 4 เซลล์ติดกัน (tetra formation) ในสภาวะไร้อากาศ ผลิตกรดแลกติกชนิด DL และ L (+) จากการหมักกลูโคส บางชนิดทำให้เบียร์ และไวน์เสีย ปัจจุบันประกอบด้วย 6 สปีชีส์ ได้แก่ *Pediococcus acidilactici, P. damonosus, P. dextrinicus, P. inopinatus, P. parvulus* และ *P. pentosaceus* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่าง 34 - 44 เปอร์เซ็นต์

6. *Tetragenococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือนสกุล *Pediococcus* เนื่องจากเดิมคือ *P. halophilus* ซึ่งจัดจำแนกใหม่จากการเจริญในอาหารซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 18 เปอร์เซ็นต์ และมีลำดับเบสบน 16S rRNA ใกล้เคียงกับเชื้อสกุล *Enterococcus* และ *Carnobacterium* มากกว่าสกุลเดิม

7. *Aerococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือน *Pediococcus* ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Aerococcus viridans* และ *A. urinae* ซึ่งเปลี่ยนแปลงจาก *P. homari* และ *P. urinaeequi* ตามลำดับ โดย *A. viridans* ทำให้กุ้งลอบสเตอร์ (lobster) เกิดโรค และเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. *Leuconostoc* เซลล์มีสัณฐานวิทยาขึ้นกับอาหารเลี้ยงเชื้อ ในอาหารซึ่งมีกลูโคส เซลล์มีลักษณะยืดออกคล้ายกลุ่ม Lactobacilli แต่ในน้ำนมเซลล์จะมีรูปร่างกลม การจัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดียวอยู่เป็นคู่หรือสายโซ่สั้นถึงปานกลาง ผลิตกรดแลกติกชนิด D(-) เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารหอมระเหยจากการหมักกลูโคส จึงช่วยสร้างกลิ่น รส ในอาหารหมักดอง การเจริญต้องการสารอาหารสูง ปัจจุบันประกอบด้วย 8 สปีชีส์ ได้แก่ *Leuconostoc mesenteroides, L. lactis, L. gelidum, L. carnosum, L. pseudomesenteroides, L. citreum, L. argentinum* และ *L. fallax* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่าง 37-40 เปอร์เซ็นต์

9. *Oenococcus* สกุลนี้มีเพียงชนิดเดียวคือ *Oenococcus oeni* ซึ่งเปลี่ยนมาจาก *Leuconostoc oenos* ด้วยคุณสมบัติการทนต่อกรดและเอทานอลปริมาณสูง รวมทั้งข้อมูลทางพันธุกรรมจากดีเอ็นเอ: ดีเอ็นเอไฮบริไดเซชัน (DNA : DNA hybridisation) และลำดับเบสของ 16S rRNA ต่างจากสปีชีส์อื่นในสกุล *Leuconostoc* อย่างชัดเจน

10. *Weissella* รูปร่างเป็นแท่งและกลม ซึ่งมีลักษณะคล้าย *Leuconostoc* เป็นชนิดซึ่งเดิมอยู่ในสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* ประกอบด้วย 7 สปีชีส์ คือ *Leuconostoc* paramesenteroides (*Weissella paramesenteroides*), *Lactobacillus confuses* (*W. confuses*), *L. halotolerans* (*W. halotolerans*), *L. kandleri* (*W. kandleri*), *L.minor* (*W. minor*), *L.viridescens* (*W. viridescens*) และชนิดใหม่ ซึ่งแยกได้จากได้จากไส้กรอกหมัก คือ *W. hellenica*

11. *Lactobacillus* เป็นแบคทีเรียแลคติกกลุ่มใหญ่ที่สุดมีความหลากหลายของลักษณะทางฟีโนไทป์ สมบัติทางชีวเคมี และสรีระ เนื่องจากความแตกต่างของโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ภายในโมเลกุลสูงคือระหว่าง 32-35 เปอร์เซ็นต์ พบในแหล่งต่างๆ เช่น เยื่อเมือกของมนุษย์ พบในสัตว์ พืช และน้ำทิ้ง เป็นต้น บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคในมนุษย์ เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนกลม (coccobacilli) ต้องการสารอาหารสูงในการเจริญ ประกอบด้วย 55 สปีชีส์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ

11.1 กลุ่ม Obligately homofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลแลกโตส (มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์) เป็นกรดแลคติกโดยวิถี Embden-Meyerhof-Parnas Pathway (EMP) ผลิตเอนไซม์ 1,6 ไบฟอสเฟต-แอลโดเลส (1-6 biphosphate - aldolase) แต่ไม่ผลิตเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส (phosphoketolase) จึงหมักน้ำตาลเพนโทส และกลูโคเนตไม่ได้

11.2 กลุ่ม Facultatively heterofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลเฮกโซสเป็นกรดแลคติกผ่านวิถี EMP มีการผลิตเอนไซม์ทั้งแอลโดเลส และฟอสโฟคีโตเลส จึงหมักน้ำตาลเพนโทสได้

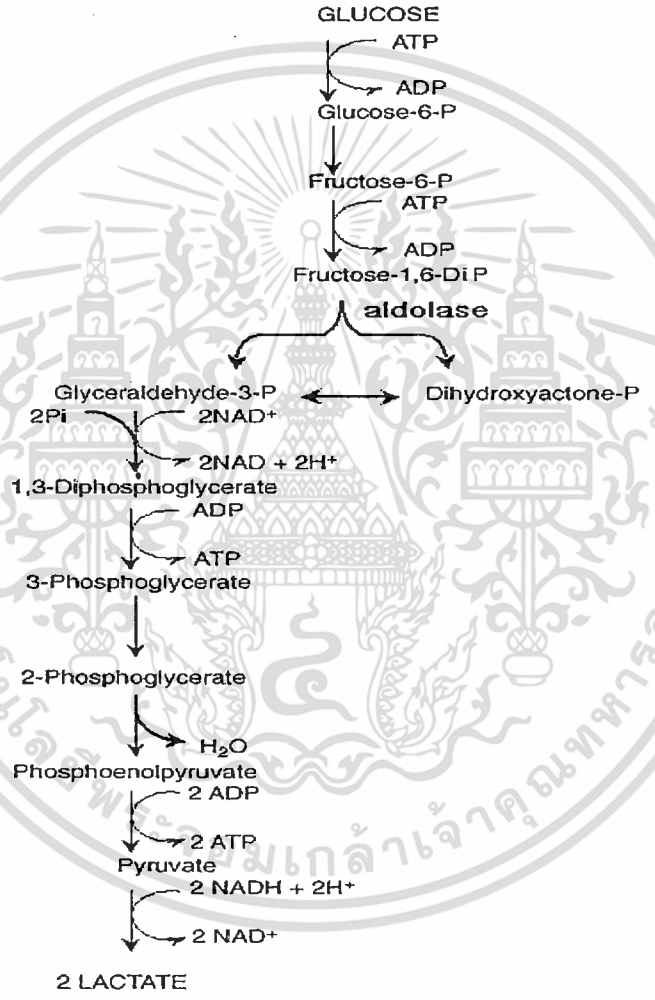
11.3 กลุ่ม Obligately heterofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลเฮกโซส และเพนโทสผ่านวิถีฟอสโฟกลูโคเนทเป็นแล็กเทตเอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์

12. *Carnobacterium* เซลล์มีรูปร่างท่อนตรง ขนาดสั้นถึงปานกลาง หรือท่อนเรียว (slender rod) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-0.7 ไมครอน และยาว 1.1-3.0 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยวหรือคู่ มักไม่พบการเรียงตัวเป็นสายโซ่ ผลิตกรดแลคติกชนิด L(+) คาร์บอนไดออกไซด์ แอซีเตต และเอทานอลจากการหมักน้ำตาลเฮกโซส มีทั้งหมด 6 สปีชีส์ คือ *Carnobacterium divergens, C. piscicola, C. gallnarum, C. mobile, C. funditum* และ *C. alterfunditum* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่าง 31.6-37.2 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การหมักกรดแลคติก

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545) กล่าวถึงการหมักกรดแลคติกว่า แบคทีเรียกรดแลคติกสร้างพลังงานจากการหมักคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นกรดแลคติก ซึ่งวิถีการหมัก มี 2 วิถี คือ วิถีทางที่ได้แลคเตทเพียงอย่างเดียวเรียกว่า โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) และวิถีทางที่ได้แลคเตทร่วมกับสารอื่นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เรียกว่า เฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative)



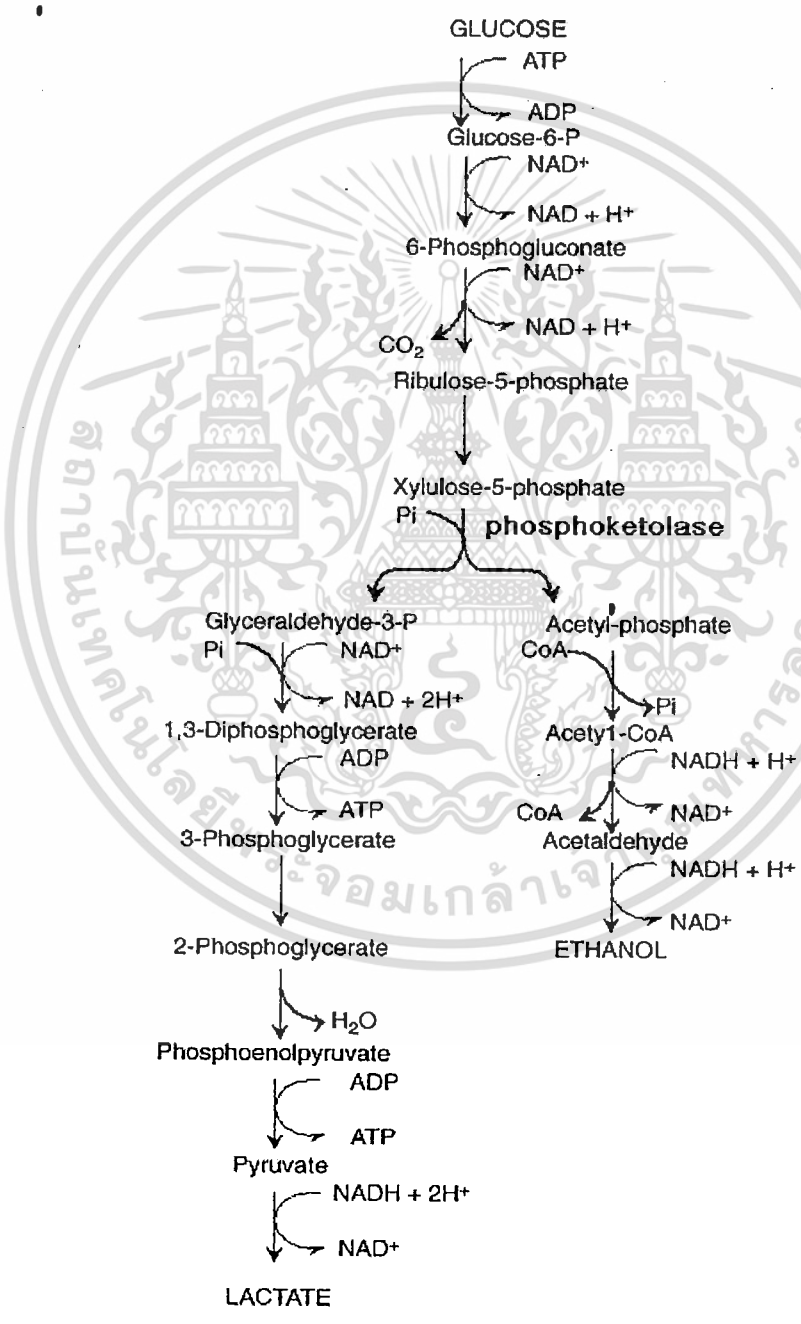
ภาพที่ 2.7 วิถีทางเคมีของการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ
ที่มา : Kenneth Todar (2012)

2.2.3.1 การหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) เป็นการหมักที่ได้แลคแตทอย่างเดียวเป็นผลผลิตสำคัญผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส (Emden-Meyerhof-Parnas glycolytic pathway) หรือ EMP pathway เริ่มจากกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (C-6) ถูกเติมฟอสฟอรัสและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเกิดขึ้นก่อนที่เอนไซม์อัลโดเลส (aldolase) จะเข้าทำปฏิกิริยา เป็นผลให้โมเลกุลกลูโคสแตกออกเป็นกลีเซอรัลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต (ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม) 2 โมเลกุล จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวท โดยเกิด ATP ขึ้น 2 โมเลกุล จากการหมักกลูโคส 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุล (เนื่องจากมีการเติมฟอสฟอรัสให้กับซับสเตรต 2 แห่ง) ในขั้นสุดท้ายเป็นการริดิวซ์ไพรูเวท เป็นแลคเตท ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ NADH ได้ NAD+ กลับคืนมาจากที่ใช้ไปในการออกซิเดชันกลีเซอรัลดีไฮด์- 3 - ฟอสเฟต ตามภาพที่ 2.7

2.2.3.2 การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททิฟ (heterofermentative) เป็นการหมักที่ได้แลคเตท เอทธานอล หรืออะซิเตท และคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส ตามภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 วิถีทางเคมีของการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ
ที่มา : Kenneth Todar (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เนื่องจากแบคทีเรียขาดเอนไซม์อัลโดเลส จึงเปลี่ยนรูปจากกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ไปเป็นเพนโตส (ไรโบส) ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอม โดยการสร้างโครงสร้างภายในโมเลกุลที่มีการออกซิเดชัน และดีคาร์บอก-ซิเลชันร่วมด้วยน้ำตาลที่มี 5 อะตอม นี้จะถูกทำให้แตกออกเป็นกลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟต (ซึ่งเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่มีคาร์บอน 3 อะตอม) และอะเซทติลฟอสเฟต โดยเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส (phosphoketolase) กลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟต จะเปลี่ยนไปเป็นแลคเตท เช่นเดียวกับการเกิดไกลโคไลซีสในการหมักโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (แต่เนื่องจากการหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททิฟ มีกลีเซอรัลดีไฮด์ฟอสเฟตเพียง 1 โมเลกุล จึงเกิด ATP เพียง 1 โมเลกุล) ส่วนอนาคตของอะเซทติลฟอสเฟตนั้น ขึ้นอยู่กับว่าจะมีสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วยหรือไม่ในสภาวะที่ขาดตัวรับอิเล็กตรอน อะเซทติลฟอสเฟตจะทำหน้าที่นี้เสียเอง ทำให้ถูกรีดิวซ์เป็นเอทานอล และได้ NAD+ ขึ้นมาใหม่ 2 โมเลกุลจากเอนไซม์ NADH แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจน NAD+ สามารถสร้างขึ้นใหม่จากเอนไซม์ NADH oxidases และ peroxidases ปล่อยให้อะเซทติลฟอสเฟตมีมากพอสำหรับการเปลี่ยนให้เป็นอะซิลเตท จึงเท่ากับเป็นการเติมฟอสเฟตให้กับซับสเตรตอีกทางหนึ่ง เป็นผลให้ได้ ATP เพิ่มขึ้นมาอีก 1 โมเลกุล เป็น 2 โมเลกุล จากกลูโคส 1 โมเลกุล เช่นเดียวกับการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททิฟ ในกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของ ATP สะท้อนให้เห็นได้จากอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว ผลเช่นเดียวกันนี้สามารถเกิดขึ้นกับตัวรับออกซิเจนอื่นๆ ด้วย เช่น ฟรุกโตส ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นแมนนิตอล

2.2.4 แบคทีเรียกรดแลคติกและประโยชน์ต่ออาหารหมัก

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก คือ กลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวกที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแลคโตสให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid fermentation) กรดอินทรีย์อื่น ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) และกรดโพรพิโอนิค (propionic acid) และสารอื่น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และไดอะซิติล (diacetyl) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่น รสของอาหารหมัก แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้างแบคทีริโอซิน (Bacteriocin) ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2555)

ตามข้อมูลของ Liu S.Q. (2003) ได้กล่าวถึงแบคทีเรียกรดแลคติกว่าเป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่หมักน้ำตาล โดยน้ำตาลที่สำคัญ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคสเป็นกรดแลคติก นอกจากนั้นแบคทีเรียกรดแลคติกยังมีผลต่อการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียชนิดอื่นๆ โดยกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกที่เป็นการต่อต้านหรือเป็นศัตรูกับแบคทีเรียกลุ่มอื่น ได้แก่ มีความสามารถในการใช้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ทำให้เกิดการลดลงของ redox potential ผลิตกรดแลคติกและกรดแอซิติก ซึ่งทำให้เกิดการลดลงของค่าพีเอช สร้างผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจากกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไดอะซิทิล สร้างสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) เช่น แบคเทอริโอซินและแอนตี้ไบโอติก โดยคุณสมบัติแต่ละด้านและคุณสมบัติที่มีความเฉพาะเหล่านี้เป็นตัวช่วยทำให้อายุของผลิตภัณฑ์อยู่ได้นานขึ้นช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัย (Kalantzopoulos, 1997) ลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักให้เกิดกรดแลคติกได้แก่ กรดแลคติก และกรดแอซิติก (Adams and Nicolaides, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

138256

2.2.5 Lactobaillus pentosus

แลคโตบาซิลลัสเพนโตซัส เป็นแบคทีเรียรูปร่างแท่ง เซลล์มีลักษณะแท่งตรง ปลายมน มีขนาดความกว้าง 1.0 - 1.2 ยาว 2.0 - 5.0 ไมครอน พบอยู่เป็นเซลล์เดียว เป็นคู่ หรือโซ่สายสั้น ๆ เจริญได้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะผลิตกลีเซอรอลในการหมัก เป็นแบคทีเรียที่ได้จากข้าวโพดหมัก มะกอกหมักและมูลสัตว์ (Wood, B.J.B. and Holzapfel, 1995) แบคทีเรียสายพันธุ์นี้เป็นสายพันธุ์ที่สามารถผลิตแบคเทอริโอซิน เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ค่าพีเอชเป็นกลาง และสภาวะที่ไม่มีโซเดียมคลอไรด์ อย่างไรก็ตามสภาวะที่กระตุ้นให้สร้างแบคเทอริโอซินได้ คือ อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และสภาวะที่ทนโซเดียมคลอไรด์ได้ปลานกลาง (http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4506011.pdf)

ภาพที่ 2.9 ลักษณะเซลล์ของแลคโตบาซิลลัสเพนโตซัส
ที่มา : http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4506011.pdf

2.3 เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์

2.3.1 ความหมายและประเภทเครื่องดื่มโพรไบโอติกส์

Yoon, et al. (2005) กล่าวถึงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์ว่า เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ปัจจุบันได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เพราะมีคุณสมบัติในด้านเสริมประสิทธิภาพการทำงานของระบบทางเดินอาหาร เสริมความแข็งแรงของกระดูก และเสริมกลไกการต่อต้านเชื้อโรคของร่างกายตามธรรมชาติ สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์ที่ได้จากนม (dairy-based) เช่น นมเปรี้ยว และโยเกิร์ต โดยกรรมวิธีการผลิตนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต สามารถทำได้จากนมชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นนมสด นมพร่องมันเนย หรือ นมถั่วเหลือง โดยการใช้แลคโตบาซิลัส แอซิโดฟิลลัส (*Lactobacillus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

acidophilus) แลคโตบาซิลัส บัลแกริคัส (*Lactobacillus bulgaricus*) และสเตรปโตคอคคัส เทอร์โมฟิลลัส (*Streptococcus thermophillu*) เป็นหลัก ใส่ลงไปหมักผลิตภัณฑ์นมต่างๆ แบคทีเรียเหล่านี้ช่วยย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติกทำให้มีภาวะกรดและมีรสเปรี้ยว

ดังนั้นนมเปรี้ยว และโยเกิร์ตที่ดีควรทำจากนมชนิดต่างๆ และแบคทีเรียที่ดีเท่านั้น ไม่ควรมีส่วนผสมอย่างอื่นเข้าไปเจือปน ไม่ว่าจะเป็นน้ำตาล สี สารเจลาติน รสสังเคราะห์ ซึ่งส่วนผสมเหล่านี้ล้วนทำให้คุณค่าของโยเกิร์ตด้อยลง แม้ว่าเราอาจจะไม่คุ้นเคยต่อการบริโภคโยเกิร์ตรสธรรมชาติ แต่ขอให้คำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับ ท่านก็จะสามารถรับประทานโยเกิร์ตธรรมชาติด้วยความสบายใจและอร่อย (จักรชัย สมพลพงษ์, 2555)

2. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์ที่ไม่ได้ทำจากนม (non dairy-based) เช่น น้ำหมักพืชชนิดต่างๆ โดยพืชที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำพืช ควรเป็นพืชที่รับประทานได้ ถ้าเป็นผลไม้ก็ควรเป็นผลไม้ที่ไม่ดิบและไม่สุกจนเน่าเละ พืชที่นิยมใช้ ได้แก่ ลูกยอ กระชาย ลูกสมอไทย มะขามป้อม มะเม่า แครอท เป็นต้น กระบวนการผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติกส์ที่ได้จากการหมักพืชจะใช้จุลินทรีย์ที่อาจพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ (เช่น พบบนผิวพืช น้ำ หรือวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสม) และหรือที่เติมลงไปเป็นกล้าเชื้อในการหมัก เช่น แลกโตบาซิลลัส คาเซอิ (*Lactobacillus casei*) แลกโตบาซิลลัส แอซิโดฟิลลัส (*Lactobacillus acidophilus*) หรือจุลินทรีย์อื่นที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืช ทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักที่ยังมีชีวิตคงเหลืออยู่ และเมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นอาจยังมีความขุ่นหรือตะกอนซึ่งเกิดจากส่วนประกอบที่มาจากพืช สมุนไพรปั่นละเอียดและเซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีในกระบวนการหมัก ทั้งจุลินทรีย์ที่มีในธรรมชาติและที่เติมลงไปเป็นกล้าเชื้ออยู่ในสภาพที่มีชีวิต (ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์) หรือที่เป็นเซลล์ตายจากกระบวนการกำจัดจุลินทรีย์โดยการให้ความร้อนหรือใช้สารเคมีซึ่งการบริโภคกากตะกอนของพืชและจุลินทรีย์นี้อาจส่งเสริมสุขภาพในเรื่องของโปรไบโอติกส์และยังอาจกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้ (ไชยวัฒน์ ไชยสุต, 2553)

2.3.2 จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์

ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2548) ได้กล่าวถึง โพรไบโอติกส์ (probiotic) หมายถึงกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งพบได้ในบริเวณลำไส้ที่เรียกว่า gastrointestinal (GI) tract และยังรวมถึงจุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารในรูปที่ยังมีชีวิต กลุ่มของอาหารประเภทโพรไบโอติกส์โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของจุลินทรีย์หนึ่งชนิดหรืออาจมากกว่าก็ได้ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ต้องได้รับการศึกษาและตรวจสอบอย่างแน่ชัดแล้วว่าไม่มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกส์ส่วนใหญ่ ได้แก่ แบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) เมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วจะเป็นตัวช่วยควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ร่างกายไม่ต้องการให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดโรค หรือก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ให้แก่ร่างกายได้

เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ส่วนใหญ่ได้รับจากการบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของโพรไบโอติกส์ เช่น ผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่าง ๆ แหนมสด แบคทีเรียที่เป็นโพรไบโอติกส์มีคุณสมบัติปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และยังสามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยสารอาหารบางประเภทที่ระบบการย่อยในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ให้เป็นสารที่มีประโยชน์และร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของโพรไบโอติกส์ที่ดี คือ ควรอยู่ได้เป็นเวลานานในสภาพแวดล้อมที่เก็บรักษา สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่กระเพาะอาหารที่มีค่าพีเอชต่ำ สามารถเพิ่มจำนวนได้ที่อิพิทีเลียม (epithelium) ณ บริเวณลำไส้ของเจ้าบ้าน ไม่เป็นพิษ และต้องมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมการเจริญหรือทนต่อการติดเชื้อ (Kalantzopoulos, 1997) โปรไบโอติกส์ที่ใช้เพื่อการบริโภคของมนุษย์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก และ *Bifidobacterium* และอีกกลุ่มหนึ่งที่ใช้คือยีสต์ *Saccharomyces boulardii* ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นโปรไบโอติกส์ได้ดี

ทั้งแบคทีเรียกรดแลคติกและยีสต์ เป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่นำมาใช้กับอาหารหมักเป็นเวลานาน ขณะที่การใช้ *Bifidobacterium* เพื่อเป็นอาหารของมนุษย์นั้นเริ่มมาเมื่อเมื่อไม่นานนี้ ชนิดของโปรไบโอติกส์ที่ใช้ในปัจจุบัน แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกส์บางชนิด

ชนิดของโปรไบโอติกส์	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
Lactobacillus casei Shirota	Yakult
Lb. acidophilus (several strains)	LA7, Vifit, Leisure Live, ect.
Lb. rhamnosus GG	Gefilus, Campina Vifit Vitael, Vivi Vivo, Emmifit, vaalia ect.
Lb. casei	Actimel
Lb. plantarum	Pro-viva
Lb. johnsonii	LC1
Bifidobacteriun (several strains)	Vifit, Bio Pot, Biola, Symbalance ect.

ที่มา : Chadwick et al. (2003)

Chadwick et al. (2003) ได้กล่าวถึงรายละเอียดบางส่วนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นโพรไบโอติกส์และข้อกำหนดเกี่ยวกับโปรไบโอติกส์ไว้ดังนี้

คำว่า โพรไบโอติกส์ (probiotics) คือ เซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต และมีประโยชน์อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของคนหรือสัตว์ ทำให้เกิดความต้านทานของจุลินทรีย์ก่อโรคในลำไส้ ประโยชน์ของโพรไบโอติกที่มีต่อร่างกายมนุษย์มีด้วยกันหลายประการ ได้แก่ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ทำให้ร่างกายไม่เจ็บป่วยง่าย ช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง และกำจัดสารก่อมะเร็งบางชนิด สามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยน้ำตาลแลคโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลในน้ำนมให้ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลกาแลคโตส ทำให้ดูดซึมเข้าลำไส้เล็กได้ ลดอาการท้องอืด ท้องร่วงจากการดื่มนม และยังช่วยในการดูดซึมแคลเซียม ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคโดยไปปรับความเป็นกรด-ด่าง ทำให้ไม่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ก่อโรค ลดระดับการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลและระดับน้ำตาลในเลือด ทำให้ระบบขับถ่ายปกติ เพิ่มปริมาณกากอุจจาระ ทำให้ไม่มีการสะสมของเสีย ลดการเสี่ยงที่เกิดโรคมะเร็งลำไส้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะจัดว่าจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์หรือไม่นั้นต้องพิจารณาว่าจุลินทรีย์นั้นเป็นสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดพิษ หรือสร้างสารพิษ สามารถทนอยู่ในกระเพาะอาหารของคนและสัตว์ได้ มีความสามารถที่เกาะกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าจุลินทรีย์อื่นๆ แบคทีเรียกรดแลคติกที่มักใช้เป็นกล้าเชื้อตั้งต้นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ แลคโตบาซิลัส (*Lactobacillus*) สเตรปโตคอคคัส (*Streptococcus*) บิฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium*) หรือเป็นแบคทีเรียดังกล่าวผสมรวมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป (mixed culture)

ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์ส่วนใหญ่ที่จำหน่ายในปัจจุบันเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทนมหมัก แม้ว่าส่วนใหญ่ได้นำมาผสมกันเพื่อเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เช่น อาหารที่เป็นของเหลว เช่น น้ำผลไม้ ดังนั้นอาหารประเภทนี้จึงมีข้อดีหรือมีประโยชน์มากกว่าอาหารสุขภาพอื่นๆ ที่ไม่มีความแตกต่างกันในลักษณะปรากฏ หรือรสชาติต่างไปจากผลิตภัณฑ์เดิม ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการบริโภคทั่วไป นอกจากนั้นโพรไบโอติกส์ที่จำหน่ายอาจพบในรูปของแคปซูลหรือผง แต่อาจได้รับการพิจารณาว่าเป็นทั้งเวชภัณฑ์หรืออาหารเสริม แต่ไม่ใช่อาหารเพื่อสุขภาพ สายพันธุ์ของโพรไบโอติกส์ที่พบในท้องตลาดมีต้นกำเนิดและประวัติที่หลากหลาย และมาตรฐานสำหรับใช้เป็นเหตุผลว่าเป็นโพรไบติกส์ยังไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามข้อกำหนดที่ใช้สำหรับโพรไบโอติกส์ควรประกอบด้วยเป็นสายพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดจากมนุษย์ หรือบางกรณีที่จุลินทรีย์ชนิดนั้นถูกนำมาใช้ในอาหารหมักมาเป็นเวลานานก็ไม่จำเป็นต้องขึ้นกับเหตุผลนี้ สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในระบบทางเดินอาหารและยึดเกาะกับอิพิเทเลี่ยม หรือมูโคซา (mucosa) ของลำไส้ได้ดี มีการพิสูจน์แล้วว่ามีความปลอดภัยต่อการใช้ประโยชน์ มีหลักฐานที่พบว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ และคุณสมบัติทางด้านเทคโนโลยีและประสาทสัมผัสควรเข้ากันได้ดีกับอาหารที่ใช้ โดยที่ความปลอดภัยและประโยชน์ต่อสุขภาพ และความเหมาะสมกับการใช้ในอาหารเป็นไปตามสิ่งแวดล้อม

Parvez, et al. (2006) ได้กล่าวถึงโพรไบโอติกส์ว่า โดยทั่วไปเป็นจุลินทรีย์ที่เติมลงในอาหารเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่งส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งมีการบริโภคกันในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ผลิตภัณฑ์นมหมักและอาหารหมักอื่นๆ ประโยชน์บางประการของแบคทีเรียกรดแลคติกต่อผู้บริโภค ได้แก่ ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน สังเคราะห์และส่งเสริมการใช้ประโยชน์ทางชีวภาพของสารอาหาร ลดอาการแพ้น้ำตาลแลคโทสของผู้บริโภค ลดความเสี่ยงจากการเป็นมะเร็ง ซึ่งกลไกที่ชัดเจนยังไม่ประจักษ์ แต่อาจจะมีความเกี่ยวข้องกับการลดลงของค่าพีเอช การเป็นปฏิปักษ์กับจุลินทรีย์ก่อโรคเกิดขึ้นโดยสารประกอบที่มีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ การแข่งขันกับจุลินทรีย์ก่อโรคและการใช้สารอาหารเพื่อการเจริญ การกระตุ้นภูมิคุ้มกันและการสร้างเอนไซม์แลคเทส การคัดเลือกจุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ควรพิจารณาถึงอาหารและแหล่งที่มาของเชื้อต้องมีความปลอดภัย เป็นต้น ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นโปรไบโอติกส์แสดงในตารางที่ 2.3

ประโยชน์ของโพรไบโอติกส์

โพรไบโอติกส์ เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Friendly microorganisms) ช่วยในการปรับสมดุลย์ของจุลินทรีย์ในลำไส้ การบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีโพรไบโอติกส์ทำให้ร่างกายจะได้รับประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยในเรื่องระบบการย่อยอาหารและสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย ประโยชน์ของโพรไบโอติกส์ที่สำคัญพอกล่าวได้ 3 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สายพันธุ์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นโพรไบโอติกส์

Lactobacillus sp.	*Bifidobacterium* sp.	*Enterococcus* sp.	*Streptococcus* sp.
L. acidophilus	*B. bifidum*	*Ent. faecalis*	*S. cremoris*
L. casei	*B. adolescentis*	*Ent. faecium*	*S. salivaruis*
L. delbrueckii ssp. (bulgaricus)	*B. animalis*		*S. diacetylactis*
L. cellobiosus	*B. infantis*		*S. intermedius*
L. curvatus	*B. thermophilum*		
L. fermentum	*B. longum*		
L. lactis			
L. plantarum			
L. reuteri			
L. brevis			

ที่มา : Parvez, et al. (2006)

1. มีผลต่อระบบการย่อยอาหาร แบคทีเรียกรดแลคติกที่พบในผลิตภัณฑ์นมจะช่วยให้ผู้ที่มีเอนไซม์แลคเทสไม่ปกติหรือผู้ที่แพ้นมสามารถบริโภคนมได้ง่ายขึ้น เพราะแบคทีเรียกรดแลคติกจะสร้างเอนไซม์มาช่วยย่อยน้ำตาลแลคโทสในนมให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวกลูโคสกับกาแลคโทส ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งสองชนิดไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนั้นแบคทีเรียกรดแลคติกยังสังเคราะห์วิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินบี 1 บี 2 บี 6 บี 12 ไนอะซิน กรดโฟลิก กรดแพนโททีนิก และยังสังเคราะห์เอนไซม์มาช่วยย่อยสลายโปรตีนให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้มากขึ้น

2. ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย โดยแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์ผลิตสารยับยั้งแบคทีเรียที่เรียกกันว่าแบคเทอริโอซินมาช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ นอกจากนั้นการสร้างกรดของแบคทีเรียในบริเวณลำไส้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง ส่งผลให้เกิดสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แบคทีเรียกรดแลคติกมีคุณสมบัติยับยั้งพิษที่จุลินทรีย์อื่นสร้างขึ้นและยับยั้งปฏิกิริยาของสารก่อมะเร็งได้ แบคทีเรียบางสายพันธุ์ผลิตสารที่มีลักษณะเป็นเมือกในลำไส้ซึ่งจะช่วยให้จับกับสารพิษบางอย่างและขับถ่ายออกจากร่างกายได้ ซึ่งประโยชน์ของโพรไบโอติกส์ส่วนนี้จะช่วยให้ผู้ที่บริโภคอาหารที่มีโพรไบโอติกส์มีโอกาสเกิดโรคต่างๆ ได้น้อยลง

3. ช่วยลดความอ่อนแอของร่างกายจากการติดเชื้อโรคต่างๆ โดยเมแทบอลิซึมของโพรไบโอติกส์มีผลต่อการควบคุมการติดเชื้อในลำไส้ ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ช่วยลดปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือดและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย

2.3.3 น้ำหมักพืช

น้ำหมักพืช โดยความหมายของน้ำหมักพืชตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 481/2547) คือ

น้ำหมักพืช (Fermented plant juices) หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชชนิดเดียวหรือหลายชนิด เช่น ลูกยอ ลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลมะเม่าที่สดหรือแห้ง และอยู่ในสภาพดีมาล้างให้สะอาด อาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืชในภาชนะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำหมักพืช

กรรมวิธีการผลิตน้ำหมักพืช หมายถึง การหมักพืช หรือการสกัดน้ำจากพืชด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* หรือจุลินทรีย์อื่นที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืช ทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่ น้ำหมักพืชตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมี 2 ประเภท คือ

1. น้ำหมักพืชแท้ หมายถึง น้ำหมักพืชที่ไม่มีการเจือน้ำและไม่ปรุงแต่งกลิ่นรส

2. น้ำหมักพืชปรุง หมายถึง น้ำหมักพืชที่ทำจากน้ำหมักพืชแท้ อาจมีการเจือน้ำ ปรุงแต่งกลิ่นรส ตัวอย่างของน้ำหมักที่ได้จากพืชมีหลายกลุ่ม เช่น น้ำหมักชีวภาพ (มีการนำมาใช้เพื่อการบริโภคและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ) น้ำหมักยอ และเครื่องดื่มชาหมัก เป็นต้น

2.3.4 น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ คือ ของเหลวที่เกิดจากการหมักพืช ผัก ผลไม้ รวมทั้งสมุนไพรกับสารให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำผึ้ง ในสภาวะที่มีแบคทีเรียผลิตกรดแลกติก ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวจะไปช่วยสลายธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในพืชเป็นสารที่มีคุณค่า ในแง่ของธาตุอาหารพืชเมื่อถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ สารต่างๆ จะถูกปลดปล่อยออกมา เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต เอนไซม์ วิตามิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำหมักชีวภาพเมื่อพิจารณาตามการใช้ประโยชน์โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ น้ำหมักชีวภาพที่ใช้สำหรับพืชและสัตว์ หรือน้ำหมักชีวภาพเพื่อการเกษตร และน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค

น้ำหมักชีวภาพอาจมีชื่อเรียกหลากหลาย เช่น น้ำหมักพืช น้ำสกัดชีวภาพ น้ำหมักสมุนไพร น้ำเอนไซม์ น้ำจุลินทรีย์ น้ำไอออนิกพลาสมา เซลล์ฟูดซ์ และน้ำหมักโปรไบโอติกส์ เป็นต้น

2.3.5 คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค

ไชยวัฒน์ ไชยสุต (2553) ได้กล่าวถึงน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคว่า เมื่อมีการหมักจะต้องมีจุลินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งที่จริงแล้วไม่เพียงแต่มีจุลินทรีย์ หากแต่มีหลายสิ่งที่ปนเปื้อนซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ เช่น เกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้มีเมทาทอล เอทานอล และกลุ่มฟูเซลล์ออยล์ (Butanol, Propanol) ซึ่งหากรับประทานจะทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ดังนั้นเราต้องมีการควบคุมคุณภาพให้ได้น้ำหมักที่ดี คือ ไม่พบสิ่งปลอมปน มีส่วนของเอทานอลไม่เกินร้อยละ 3 และเมทานอลต้องไม่เกิน 240 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชนิดของจุลินทรีย์ในการหมักนั้น อาจพบจุลินทรีย์ได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ทำให้เกิดโรคและกลุ่มเสริมสุขภาพ

1. จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคที่ต้องควบคุม คือ ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 50 กรัม สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 มิลลิกรัม คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม เอสเชอริเชีย โคไล ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนจุลินทรีย์ที่ดี คือ จุลินทรีย์เสริมชีวนะหรือโปรไบโอติกส์ (probiotic) ซึ่งเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลคติก (กรดน้ำนม) จุลินทรีย์ชนิดนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการผลิตโยเกิร์ต นมเปรี้ยว มีประโยชน์ คือ ช่วยไม่ให้เชื้อก่อโรคเจริญได้ ช่วยปรับสมดุลของระบบทางเดินอาหาร ช่วยในการเหนี่ยวนำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้อย่างสมดุล นอกจากนี้ยังพบคุณสมบัติของจุลินทรีย์เสริมชีวนะในการช่วยลดการเกิดสารก่อมะเร็ง และกลไกที่ชักนำให้เกิดมะเร็งจากการสามารถย่อยและจับสารก่อมะเร็งเอาไว้ได้ รวมถึงการลดการทำงานของเอนไซม์ที่มีกิจกรรมก่อให้เกิดสารพลอยได้ที่เป็นสารก่อมะเร็ง เป็นต้น ตัวอย่างจุลินทรีย์กลุ่มนี้ คือ แบคทีเรีย *Lactobacillus casei, Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus plantarum* เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรดแอซิติก หรือ acetic bacteria

การควบคุมที่สำคัญซึ่งเกิดขึ้นในการหมักอีกประการหนึ่ง คือ ปริมาณกรด ซึ่งโดยทั่วไปกรดที่เกิดในกระบวนการหมักถือเป็นการถนอมอาหารไปในตัว ความเป็นกรดของน้ำหมักเพื่อการบริโภคต้องมีค่าความเป็นกรดด่าง หรือค่าพีเอชต่ำกว่า 4.3 จึงจะควบคุมการเจริญของเชื้อก่อโรคได้

ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคนั้นได้จากจุลินทรีย์ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่ากล้าเชื้อเป็นจุลินทรีย์สายพันธุ์ใด และประโยชน์จากคุณค่าสารสำคัญตามชนิดของพืชผักผลไม้ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมัก เพราะการหมักเป็นการแปรรูปที่เป็นการสกัดสารสำคัญในพืชผักผลไม้ ซึ่งในประเทศไทยเรามีพืชวัตถุดิบมากมายที่นำมาใช้ เช่น ลูกยอ มะขามป้อม ผลไม้ชนิดต่างๆ ตามฤดูกาล ดังนั้นน้ำหมักชีวภาพที่ดีก็ต้องมีสารสำคัญของพืชผักผลไม้ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งในการหมักจะมีสารสำคัญออกมา สารสำคัญเหล่านี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการเสริมสุขภาพนอกเหนือจากโปรไบโอติก ดังนั้นในวัตถุดิบที่เราหมักอาจจะใช้เวลาแตกต่างกันในการที่จะสกัดสาระสำคัญออกมา

2.3.6 กระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค

การหมักให้เกิดกรดแลคติกในน้ำผักสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี คือ การนำผักมาหมักแล้วคั้นเอาน้ำจากผักที่ผ่านการหมักแล้ว และการหมักโดยน้ำผักมาคั้นให้ได้เป็นน้ำผักและนำมาเข้าสู่ขั้นตอนการหมักต่อไป ส่วนประเภทของกระบวนการหมักน้ำผักได้กล่าวไว้ 3 ประเภทด้วยกัน คือ การหมักแบบต่อเนื่องที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ การหมักโดยการเติมกล้าเชื้อไปในวัตถุดิบ และการหมักด้วยกล้าเชื้อภายหลังจากทำการฆ่าเชื้อวัตถุดิบด้วยความร้อน ซึ่งนำน้ำผักที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอไรซ์แล้วมาเติมด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ได้ผ่านการคัดเลือกแล้ว โดยให้มีความเข้มข้นของเชื้อเท่ากับ $5 \times 10^6 - 1 \times 10^7$ โคโลนี/มล. ซึ่งพบว่าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในกลุ่มของ *Lactobacillus* เป็นเชื้อที่เหมาะสมต่อการหมักน้ำผักผลไม้เป็นกรดแลคติก โดยมาตรฐานของกล้าเชื้อที่เหมาะสมต่อการหมักประกอบด้วยอัตราการสร้างกรด การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช การสูญเสียสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ การลดความเข้มข้นของไนเตรท และการผลิตสารที่เป็น biogenic amine ความเหมาะสมของสับสเตรทต่อกล้าเชื้อ ชนิดของกระบวนการเมแทบอลิซึม ตลอดจนความสามารถของกล้าเชื้อที่จะทำให้เกิดลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก KAROVIČOVÁ and KOHAJDOVÁ (2005) ตัวอย่างของผักและน้ำผักที่นำมาหมักให้เกิดกรดแลคติกแสดงในตารางที่ 2.4

นอกจากนั้น ไชยวัฒน์ ไชยสุต และคณะ (2554) ได้กล่าวถึงวิธีการหมักและกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.1 วิธีการหมักน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคสามารถจำแนกได้ 2 วิธี ได้แก่

1. การหมักโดยวิธีธรรมชาติ วัตถุดิบ ต้องคัดเลือกวัตถุดิบ เช่น พืช ผัก ผลไม้ โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีกระบวนการคัดเลือกตามคุณสมบัติเพื่อการบริโภคทั้งด้านโภชนาการ และสรรพคุณของพืชนั้นๆ

กระบวนการผลิต ทำอย่างง่ายตามสูตรท้องถิ่นโดยที่นิยม คือ ตัวอย่างการทำน้ำหมักสำหรับถังขนาด 5 ลิตร คือ 1) พืชที่เป็นผล 1 กิโลกรัม ถ้าเป็นพืชใบใช้ครึ่งกิโลกรัม 2) น้ำสะอาด 3.2 กิโลกรัม และ 3) น้ำตาล 300 กรัม

จุลินทรีย์ ไม่เติมเชื้อใดๆ อาศัยเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนมากับธรรมชาติ เช่น พืช ผัก ผลไม้ น้ำ น้ำตาล อากาศ ภาชนะ หรือระหว่างการหมัก

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างของการหมักให้เกิดกรดแลคติกจากผักและน้ำผัก

Vegetable or vegetable juice	Microorganism
Garlic	*Lactobacillus plantarum*
Carrot slices	*Lactobacillus casei*
Lye-treated carrot	*Lactobacillus plantarum* or mixed culture *Lactobacillus plantarum and Saccharomyces cerevisiae*
Olive	*Lactobacillus pentosus*
Gourd, cabbage, celery	*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Lactobacillus pentosus*
Cucumber	*Lactobacillus plantarum,*
Mixed of cabbage, carrot, onion, and red beet	Mixed starter cultures
Various vegetables	*Lactic acid bacteria and bifidobacteria*
Sauerkraut and sauerkraut juice	*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei Pediococcus pentosaceus* and *Enterococcus faecium*
Cabbage juice or Cabbage-carrot juice	16 strains of *Lactobacillus genera or Lactobacillus plantarum,* mixed culture of *Lactobacillus plantarum and Saccharomyces cerevisiae*

ที่มา : KAROVIČOVÁ and KOHAJDOVÁ (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหมักโดยใช้กล้าเชื้อเริ่มต้น วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักนั้น ต้องคัดเลือกวัตถุดิบ เช่น พืช ผัก ผลไม้ โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีกระบวนการคัดเลือกตามคุณสมบัติเพื่อการบริโภคทั้งด้านโภชนาการ และสรรพคุณของพืชนั้นๆ

กระบวนการผลิต อาศัยความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์เข้ามาผสมผสานกับภูมิปัญญาดั้งเดิม ตัวอย่างการทำน้ำหมักสำหรับถังขนาด 5 ลิตร คือ 1) พืชที่เป็นผล 1 กิโลกรัม ถ้าเป็นพืชใบใช้ครึ่งกิโลกรัม 2) น้ำสะอาด 3.2 กิโลกรัม 3) น้ำตาล 300 กรัม และ 4) กล้าเชื้อ 0.5 กิโลกรัม

จุลินทรีย์ที่ใช้เติมลงไปในการหมักต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ทราบชนิดและจำนวนมากๆ พอที่จะเป็นกล้าเชื้อ สามารถใช้ได้ทั้งกล้าเชื้อผักดอง และกล้าเชื้อบริสุทธิ์

2.3.6.2 กระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค

1. การตรวจสอบลักษณะเบื้องต้นของผู้ผลิต

ผู้ผลิตต้องไม่เป็นโรคติดต่อที่น่ารังเกียจ หรือมีบาดแผล แต่งกายสะอาด มีเสื้อคลุม หรือผ้ากันเปื้อนที่สะอาด ไม่สวมเครื่องประดับ มือและเล็บสะอาด สวมหมวก หรือผ้าคลุมผม มีผ้าปิดปาก ไม่บริโภคอาหาร สูบบุหรี่

2. การเตรียมวัตถุดิบ

2.1 การคัดเลือกพืชสมุนไพรที่มีคุณภาพ

- ชนิดของพืชที่นำมาใช้ต้องเป็นพืชที่ปลอดภัยไม่มีสารก่อให้เกิดพิษอยู่เป็นชิ้นส่วนของพืชที่รับประทานได้ ถ้าเป็นผลไม้ควรเป็นผลไม้ที่ไม่ดิบหรือสุกจนเน่าเละ อยู่ในสภาพดี
- ควรเป็นพืชที่ไม่มีปริมาณเพกตินอยู่ในปริมาณสูง เนื่องจากเพกตินในพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งให้เกิดเมธิลแอลกอฮอล์ขึ้น
- พืชที่นำมาใช้ควรคัดเลือกพืชที่มีคุณภาพตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และมีการทำความสะอาดก่อนนำมาหมักเพื่อลดปริมาณเชื้ออื่นๆ ที่อาจพบในพืชโดยมาจากแหล่งผลิต

2.2 การเตรียมพืช

- คัดเลือกพืช หรือผลไม้ (ไม่อ่อนหรือสุกจนเกินไป และไม่มีส่วนเน่าเสียปะปนอยู่มากเกินไป รวมทั้งการปลอดจากโรคพืช) นำมาล้าง อาจหั่นหรือเฉือนส่วนที่เสียทิ้ง และนำมาผึ่งให้แห้ง
- ลดขนาดพืชโดยการหั่น สับให้มีขนาดเล็กลง ขนาดชิ้นควรไม่แตกต่างกันมากนัก หรือมีเครื่องปั่นก็สามารถใช้เครื่องปั่นเพื่อลดขนาดได้ และหลีกเลี่ยงการเกิดเมทานอลซึ่งเป็นสารที่ก่อเกิดพิษในร่างกายขึ้นในช่วงระยะเวลาการหมัก เก็บไว้ในภาชนะรองรับที่สะอาด (หลีกเลี่ยงการไต่ตอมจากแมลงต่างๆ)
- เพื่อความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น อาจใช้ชุดตรวจหายาฆ่าแมลงตกค้างจากพืชที่จะนำมาใช้ผลิตก็ได้

2.3 การทำความสะอาดวัตถุดิบพืชและสมุนไพร

- คัดแยกส่วนที่เน่าเสียทิ้งไป
- ล้างทำความสะอาดคราบดิน ฝุ่น โดยให้น้ำก๊อกไหลผ่านแรงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แช่ในน้ำด่างทับทิมประมาณ 10 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด และผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

2.4 การเตรียมน้ำตาล

- น้ำตาลที่ใช้ในการหมักน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค สามารถใช้น้ำตาลได้ทุกชนิด เช่น น้ำตาลปึก น้ำอ้อย น้ำตาลกรวด น้ำตาลโตนด น้ำตาลทรายขาว แต่คุณภาพของน้ำหมักที่ได้จะแตกต่างกัน จึงแนะนำให้ใช้น้ำตาลแดง หรือน้ำตาลอ้อยปน

- ข้อควรระวังสำหรับการใช้น้ำตาลทรายขาว คือให้ระวังสารเคมีที่ใช้ฟอกขาว เพราะจะเป็นอันตรายหากนำไปหมักเพื่อการบริโภค

- ข้อควรระวังสำหรับการใช้น้ำตาลแดง หรือน้ำตาลอ้อยปน อาจมีการปนเปื้อนจากกากตะกอนต่างๆ เศษไม้ กรวด เป็นต้น ดังนั้นการนำมาใช้ต้องคัดแยกเศษปนเปื้อนออก หรือนำมาละลายน้ำในปริมาณตามสูตรแล้วจึงกรองแยกกาก โดยใช้ผ้าขาวบางหรือกระชอนแล้วนำมาต้มให้เดือด เพื่อลดหรือกำจัดจุลินทรีย์ปนเปื้อน

2.5 หลักในการคัดเลือกภาชนะในการทำน้ำหมักชีวภาพ

- ไม่ควรใช้โอ่งดิน หรือไหดิน หรือภาชนะที่เป็นไม้ เพราะการหมักทำให้เกิดกรด ซึ่งอาจกัดกร่อนภาชนะได้ นอกจากนี้การหมักระยะเวลานาน จะเกิดความชื้น ซึ่งอาจจะเกิดเชื้อราเกาะภาชนะที่เป็นไม้ได้

- แนะนำให้ใช้ภาชนะพลาสติก หรือภาชนะที่ทำมาจากแก้ว ที่ทนร้อน ทนกรด และต้องเป็นภาชนะปากแคบ มีฝาปิดมิดชิดกันอากาศเข้า เพราะแบคทีเรียกรดแลคติกไม่ชอบอากาศ

- เป็นภาชนะไม่มีสี จะได้ไม่ถูกกัดกร่อนเอาสีมาผสมกับน้ำหมัก ควรเป็นภาชนะที่มีลักษณะใสซึ่งจะช่วยให้สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของน้ำหมักได้ดี เวลาเก็บควรนำผ้าดำมาคลุมไว้ในที่ร่มกันแสง เพราะแสงอาจทำให้สารที่เป็นประโยชน์เสียสภาพ หรือเสียคุณค่าได้

2.6 การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น 0.5 ลิตร จากผักกาดเขียวปลีดอง

- ล้างทำความสะอาดผักกาดเขียว โดยเฉพาะคราบดินและฝุ่น แล้วนำผักกาดเขียวแช่น้ำด่างทับทิมสักครู่ แล้วล้างด้วยน้ำอีกครั้ง

- นำผักออกผึ่งสะเด็ดน้ำแล้วนำไปผึ่งแดด 1 วัน

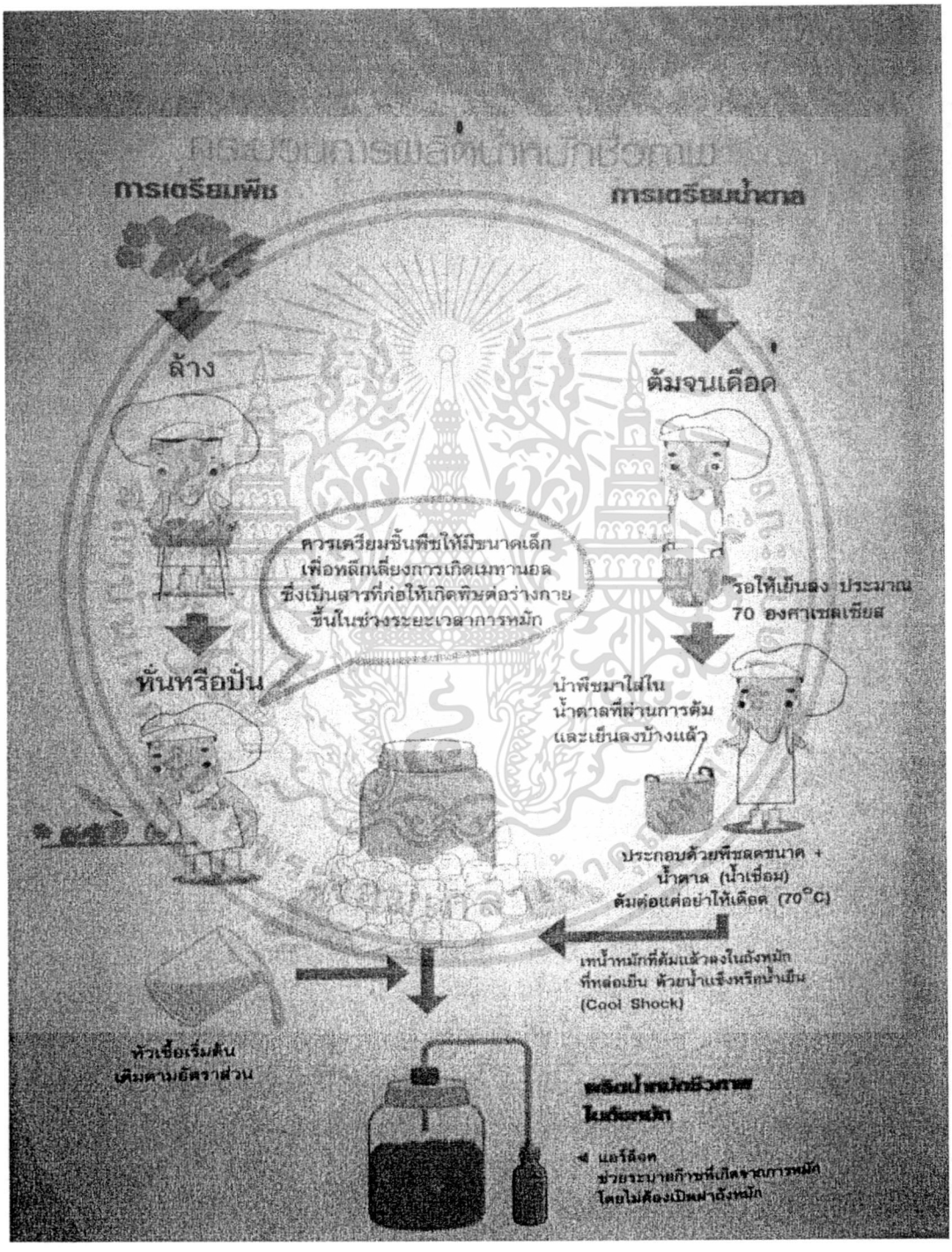
- นำผักที่ผึ่งแดดแล้วมาแบ่งสัดส่วนเพื่อเตรียมดองในกระปุก โดยแต่ละภาชนะต่อการใช้ผัก 250 กรัม

- นำผักที่แบ่งไว้คลุกเคล้ากับเกลือปริมาณ ร้อยละ 6 ของน้ำหนักผัก (ผัก 100 กรัมใส่เกลือ 6 กรัม) คือคิดเป็นเกลือปริมาณ 15 กรัมต่อการใช้ผัก 250 กรัม

- นำผักดองที่คลุกเคล้ากับเกลือแล้วแบ่งบรรจุลงในภาชนะดองที่เตรียมไว้ และนำน้ำซาวข้าวเหนียวปริมาณ 500 มิลลิลิตร เทลงไป สังเกตน้ำซาวข้าวจะท่วมพอดี ปิดฝา เก็บขวดผักดองในที่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำผักดองที่แนะนำให้นำมาเป็นกล้าเชื้อ คือ น้ำผักดองในวันที่ 3 ถึง 5 ของการดองผัก และต้องเป็นผักดองระยะที่ไม่พบการผุดของฟองอากาศในโหลผักดอง (จากการ) โดยใช้ปริมาณ 0.5 ลิตร ต่อปริมาณถังหมัก 5 ลิตร



ภาพที่ 2.11 การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากกล้าเชื้อผักดอง
ที่มา : ชัยวัฒน์ ไชยสุต และคณะ (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลาวัลย์ คล้ายสุข และคณะ (มปป.) ได้ศึกษาถึงการผลิตและพัฒนาคุณภาพน้ำแครอทโพรไบโอติก โดยศึกษาถึงการลวกแครอทที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 1 3 5 และ 7 นาที และแปรปริมาณเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด (%TA) ของน้ำแครอทในช่วง 0.5 0.55 0.60 และ 0.70 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ได้น้ำแครอทที่มีสีส้มสด เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ตะตกกอน และน้ำแครอทที่มี %TA เท่ากับ 0.55 ได้รับคะแนนความชอบด้านและกลิ่นรสมากที่สุด เมื่อเติมจุลินทรีย์โพรไบโอติกในน้ำแครอทโดยใช้ *Lactobacillus acidophilus* ที่ความเข้มข้น 0.05 0.10 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนได้ %TA เท่ากับ 0.55 ใช้เวลา 6 5 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีจำนวน *L. acidophilus* เริ่มต้นเท่ากับ 8.82 9.0 9.02 log cfu/ml. ตามลำดับ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ยังคงมีจุลินทรีย์โพรไบโอติกอยู่ในระดับที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือ 5.17 6.13 และ 6.34 log cfu/ml. ตามลำดับ ส่วนค่า %TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 0.56-0.65 ซึ่งสัมพันธ์กับค่าพีเอช ที่มีแนวโน้มลดลงในช่วง 3.97-3.52 และไม่พบการเจริญของยีสต์ รา และ *E. coli* สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า น้ำแครอทที่มีการเติมจุลินทรีย์โปรไบติกที่ระดับความเข้มข้น 0.05 % (W/V) มีอายุการเก็บรักษา 15 วัน ขณะที่ความเข้มข้น 0.10 และ 0.15 % (W/V) ที่อายุการเก็บ 20 วัน ยังได้รับการยอมรับมีแตกต่างจากน้ำแครอทโพรไบโอติกที่ผลิตใหม่

Salwa et al. (2004) ได้หมักโยเกิร์ตแครอทในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำนมโคผสมน้ำแครอท 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ ลักษณะทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้นในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผสมน้ำแครอท 15 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของไนโตรเจนที่ละลายและไนโตรเจนทั้งหมด และแรงตึงของเคิร์ดลดลงเมื่อเพิ่มน้ำแครอท นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำแครอทความเข้มข้นสูงมีผลยับยั้งการเจริญของราและยีสต์ จุลินทรีย์ในกลุ่มโคลิฟอร์ม แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophillus* ผลการศึกษายังพบว่าแครอทมีผลต่อการยอมรับของโยเกิร์ตระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นแครอทจึงมีความสำคัญต่อการหมักและต่อสุขภาพของผู้บริโภค ผลการศึกษาโดยรวมแล้วสรุปได้ว่าการใช้แครอทผสมในโยเกิร์ตเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ เพราะมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและรา ตลอดจนมีผลต่อการสร้างอะฟลาทอกซิน นอกจากนั้นแครอทยังปลอดภัยต่อการบริโภค เพิ่มวิตามิน ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนในตัวอย่างโยเกิร์ตที่ผสมน้ำแครอท 15 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้นาน 21 วัน โดยไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ ไม่มีการสูญเสียของสีและเนื้อสัมผัส และระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาการเสื่อมสภาพของอะฟลาทอกซินเกิดขึ้น 77 เปอร์เซ็นต์

Demir et al. (2004) ได้ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำแครอทด้วยการหมักประเภท lactofermentation และการเกิดกรด ได้ผลการศึกษาคือ อิทธิพลของผลผลิต และคุณภาพของคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำแครอทหมักแลคติกและเติมกรดซิตริก โดย วิเคราะห์ enzymatic liquefaction ทั้งหมด (Pectinex Ultra SP – L) โดยการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ 0 วันและหลังจาก 2, 4 และ 6 เดือน โดยตรวจสอบการควบคุมคุณภาพ ในตัวอย่างที่เติมเอนไซม์ มีการตรวจสอบผลผลิตและคุณภาพของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น รวมทั้ง เถ้าและสารละลายน้ำปริมาตรวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้นในตัวอย่าง การเกิดกรด Galacturonic หลังจาก enzymatic ของเพคตินในวัตถุดิบลดลง การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดในตัวอย่าง การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะเห็นได้ว่าคะแนนการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยตัวอย่างเอนไซม์ที่ 0 วัน หลังการเก็บ 2 และ 4 เดือน สิ่งที่พบตัวอย่างที่ 2 ได้รับการเลือกมากที่สุด อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ปราศจากเอนไซม์ได้รับการนิยมโดยหลังการเก็บรักษาเป็นเวลานาน (6 เดือน)

Yoon et al. (2004) ได้ศึกษาถึงความเหมาะสมของน้ำมะเขือเทศเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก 4 สายพันธุ์ คือ *Lb. acidophilus, Lb. plantarum, Lb. casei* และ *Lb. delbrueckii* ซึ่งพบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถที่จะใช้น้ำมะเขือเทศเพื่อการสังเคราะห์เซลล์และกรดแลคติกได้อย่างรวดเร็วโดยไม่มีการเติมสารอาหารอื่นและการปรับค่าพีเอช แม้ว่าน้ำมะเขือเทศจะมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.1 แบคทีเรียกรดแลคติกมีกิจกรรมการหมักน้ำมะเขือเทศจนทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลงเป็น 3.5 ภายในระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง แบคทีเรียกรดแลคติกมีการเจริญอย่างรวดเร็วจนเพิ่มจำนวนเซลล์จาก 10^5 เป็น 10^8 โคโลนี/มล. หลังจากการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการหมักมีการลดลงของค่าพีเอชในน้ำมะเขือเทศแล้ว ยังมีการสะสมของกรดแลคติก ไดอะซิทิล และอะซิทัลดีไฮด์ อันเป็นผลมาจากการเจริญของเชื้อในระหว่างการหมัก

Bergqvist et al. (2005) ได้ศึกษาถึงการเพิ่มการละลายของธาตุเหล็กในการหมักน้ำแครอทด้วยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ทั้งชนิดโฮโมเฟอร์เมนเททีฟและเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ ผลการศึกษาพบว่า การหมักกรดแลคติกเป็นวิธีการที่จะเพิ่มความสามารถในการละลายของธาตุเหล็กในน้ำแครอทได้ถึง 3 เท่า โดยองค์ประกอบของเกลือแร่ทั้งหมดและธาตุเหล็กที่ละลายต่างกันในการหมักด้วย *Lactpbacillus pentosus* FSC1 และ *Leuconostoc* ของธาตุเหล็กในน้ำแครอทหมักได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การหมักด้วย *Lactpbacillus pentosus* FSC1 ช่วยเพิ่มการละลายได้ดีที่สุด ระหว่างการหมักกรดแลคติกมีกลไกที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์และอาจจะเป็นการเพิ่มการละลายของเกลือแร่ต่างๆ ซึ่งได้แก่ การลดลงของค่าพีเอช การสลายตัวของโมเลกุลใหญ่ที่จับกับโลหะที่ไม่ละลาย โดยเฉพาะโปรตีน การผลิตสารคีเลทที่จับกับโลหะและละลายน้ำ เช่น กรดอินทรีย์ นอกจากนั้นการลดลงของเกลือแร่อาจเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายของเกลือแร่จากสารละลายไปสู่เซลล์ของแบคทีเรีย

Kyung Young Yoon et al. (2005) ได้ศึกษาการหมักน้ำบีทรูทโดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประโยชน์ ผลการศึกษาพบว่า ในการผลิตน้ำบีทรูทโปรไบโอติกส์โดยแบคทีเรียกรดแลคติก 4 สปีชี่ (*Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus plantarum*) เชื้อแบคทีเรียนกรดแลคติกบริสุทธิ์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น มีความสามารถในการหมักน้ำบีทรูทอย่างรวดเร็ว โดยการสังเคราะห์เซลล์และการผลิตกรดแลคติก อย่างไรก็ตาม *L. acidophilus* และ *L. plantarum* ผลิตกรดแลคติกจำนวนมากกว่าเชื้อสปีชีส์อื่น และค่าพีเอชของการหมักน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีทรูทลดลงจากเริ่มต้น 6.3 ลดเหลือ 4.5 หลังการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แม้ว่ากรดแลคติกที่ได้จากการหมักน้ำบีทรูทค่อยๆ ลดลง ในระหว่างการเก็บโดยใช้ความเย็นและตรวจโดยการนับเซลล์ของแบคทีเรียกรดแลคติก ยกเว้น *L. acidophilus* เมื่อการหมักน้ำบีทรูทส่วนที่เหลือคงที่จะนับเชื้อได้ประมาณ 10^6- 10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร หลังการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

Agata et al. (2006) ได้ศึกษาถึงผลของกระบวนการหมักให้เกิดกรดแลคติกในน้ำบีทรูทต่อความเสถียรของสารสีที่มีกิจกรรมทางชีวภาพ ซึ่งการหมักให้เกิดกรดแลคติกมีผลต่อการถนอมน้ำหัวผักกาดแดง โดยได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนของสีในน้ำหมักหัวผักกาดแดงเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ผ่านการหมัก ใช้บีทรูทสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ Czerwona Kula และ Chrobry โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกสามสายพันธุ์ และจุลินทรีย์ Lactobacillus ที่แยกได้จากทางเดินอาหารเด็กอ่อนสามสายพันธุ์ เป็นกล้าเชื้อในการหมัก ผลการศึกษาพบว่า การหมักให้เกิดกรดแลคติกมีผลต่อทั้งสารสีแดงและสารสีเหลืองในบีทรูที่ศึกษาทั้งสองสายพันธุ์ โดยสีม่วงแดงเป็นสารประกอบเบตานิน ไอโซเบตานิน ส่วนวูลกาแซนทีนไอ เป็นองค์ประกอบในสารสีเหลือง เบตานินเป็นองค์ประกอบของสีสีม่วงแดงในน้ำบีทรูทก่อนการหมัก หลังจากการหมักจะพบเบตานีดีน และไอโซเบตานีดิน ซึ่งเบตาดีนพบเป็นจำนวนมากในน้ำหมักบีทรูทสายพันธุ์ Chrobry ซึ่งมีสูงกว่าเบตานิน

Demir et al. (2006) ได้การศึกษาถึงผลของการรวมตัวของ *Lactobacillus plantalum* เริ่มต้น บนคุณสมบัติของน้ำแครอทหมัก ได้ผลการศึกษาดังนี้ น้ำแครอทคือน้ำผักที่ได้รับความนิยมมากชนิดหนึ่ง และเป็นน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของเบต้าแคโรทีนตามธรรมชาติ น้ำผักสามารถใช้ประโยชน์ทั้งด้านการหมักและไม่ผ่านการหมัก มีทั้งผลิตภัณฑ์ของการหมักให้เกิดกรดแลคติก น้ำแครอทมีความเสถียรทางจุลชีววิทยา มีรสอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กล้าเชื้อ Refik Saydam Kulfur Kolleksiyanu (RSKK) 1602 *Lactobacillus plantalum* คือเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ในคั้นแครอท จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นที่ 3×10^5 โคโลนีต่อกรัม ได้น้ำแครอทหมักที่ดีที่สุด ความเป็นกรดจากการหมักน้ำแครอทสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนแปลงของกล้าเชื้อเชื้อ RSKK 1602 *Lactobacillus plantalum* และใช้เวลาการหมัก 15 - 16 ชั่วโมง

Kun et al. (2008) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์และปัจจัยในการหมักน้ำแครอทโดยโปรไบโอติกส์มีประโยชน์มากสำหรับการช่วยเหลือมนุษย์ ตั้งแต่โปรไบโอติกส์ในผลิตภัณฑ์นมซึ่งไม่สามารถสลายได้ สำหรับคนที่แพ้โปรตีนในนมหรือไม่สามารถทนย่อยแลคโตสได้ จึงได้มีการมองหาอาหารเพื่อเป็นทางเลือก และสิ่งที่เหมาะสมคือการใช้น้ำแครอทมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการทำผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกส์ โดยใช้ *Bifidobacterium* แล้วพาสเจอไรซ์น้ำแครอทที่อุณหภูมิ 80 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้ปริมาณเชื้อลดลงและจำกัดอยู่ที่ 10 โคโลนีต่อหน่วย ทดสอบการเจริญเติบโตของ bifidobacteria และสารอาหารเพิ่มเติมในน้ำแครอทเปล่า นอกจากนั้นกล้าเชื้อเริ่มต้นอยู่ที่ 10^7 cfu/ml เมื่อหมักประมาณ 6 ชั่วโมง ปริมาณเชื้ออยู่ที่ 10^8 cfu/ml เมื่อการหมักสิ้นสุดลง จำนวนเชื้อ *B. lactis* Bb– 12, *B. bifidum* B7.1 และ *B. bifidum* B3.2 มีค่า 2.16×10^{10}, 4.65×10^{10}, และ 3.85×10^{10} cfu/ml. ตามลำดับ เมื่อครบกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสลายของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดของน้ำแครอทเพิ่มขึ้น มีค่าพีเอช เท่ากับ 4 ในระหว่างการหมัก จำนวนกลูโคสและซูโครสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ฟรุกโตสไม่มีการเปลี่ยนแปลง การลดลงของคาโรทีนอยอยู่ระหว่าง 15–45 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการนำไปใช้ของเชื้อ การผลิตของกรดแลคติกและกรดอะซิติกอยู่ที่ 14.8–16.7 mg/ml และ 3.3–3.5 mg/ml ตามลำดับ

Tantipaibulvut et al. (2008) ได้ศึกษาถึงการหมักน้ำกระเจี๊ยบโดยแบคทีเรียกรดแลคติก การวิจัยได้ศึกษาถึงความเหมาะสมของน้ำกระเจี๊ยบต่อการหมัก โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก 2 สายพันธุ์ คือ *Lactobacillus plantarum* และ *Lb. casei* นำน้ำกระเจี๊ยบมาหมักเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ระหว่างการหมักวิเคราะห์ค่าพีเอช ความเป็นกรด น้ำตาล และการตรวจนับจำนวนเซลล์ ผลการศึกษาพบว่า แบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถที่จะใช้น้ำกระเจี๊ยบในการสังเคราะห์กรดแลคติกและการเจริญของเซลล์ได้ มีการเจริญเติบโตของเซลล์จนมีจำนวนเซลล์ที่ 1.5 log cfu./ml ที่อายุการหมัก 24 ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามจำนวนเซลล์ ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ทั้งอุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกัน เชื้อทั้งสองสายพันธุ์ผลิตกรดแลคติกได้ใกล้เคียงกัน โดยการผลิตกรดแลคติกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ถึงสองเท่า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า เชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่หมักอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เจริญได้และมีชีวิตรอดดีกว่าการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส การเติมน้ำตาลซูโครสเริ่มต้นการหมักสามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติกได้อย่างน้อย 2 เท่า (มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามเชื้อทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่สามารถอยู่รอดได้ที่ค่าพีเอชต่ำและภาวะที่มีความเป็นกรดสูงในน้ำหมักกระเจี๊ยบที่เติมน้ำตาล โดยจำนวนเซลล์ลดลงเป็น 4×10^4 cfu./ml. หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

Laviana et al. (2009) ได้ศึกษาถึงการอยู่รอดของโพรไบโอติกแบคทีเรียระหว่างการหมักให้เกิดกรดแลคติกในน้ำผัก โดยใช้แครอทและหัวผักกาดแดงเป็นสับสเตรทในการหมัก ใช้แบคทีเรียกรดแลคติกและ bifidobacteria เป็นกล้าเชื้อ ศึกษาถึงความเข้มข้นของเชื้อเริ่มต้นต่อกิจกรรมการหมักน้ำผัก วิเคราะห์การเจริญและการสังเคราะห์กรดแลคติก ผลการศึกษาพบว่า น้ำแครอทและน้ำหัวผักกาดแดงมีความเหมาะสมในการหมัก และเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์ด้วยเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* LA-5 และ *Bifidobacterium* BB-12 โดยเชื้อทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญได้ดีในน้ำผักที่ไม่ได้เติมสารอาหารอื่น สามารถที่จะใช้น้ำผักเพื่อการเจริญของเซลล์และการสังเคราะห์กรดแลคติกได้ดี ปริมาณกรดแลคติกที่ผลิตได้สูง ค่าพีเอชลดลงจากพีเอชเริ่มต้น 6.4 เป็น 4.4 หลังจากอายุการหมัก 48 ชั่วโมง เชื้อที่มีชีวิตรอดระหว่างการหมักทำให้น้ำหมักผักมีประโยชน์มากขึ้น ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เชื้อแบคทีเรียในน้ำหมักผักจะค่อยๆ ลดจำนวนลง

Mousavi et al. (2011) ได้ทำการศึกษาถึงการหมักน้ำทับทิมโดยแบคทีเรียกรดแลคติกโพรไบโอติก ซึ่งในการวิจัยน้ำได้ศึกษาการหมักน้ำทับทิมด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lb. plantarum, Lb. delbruekii. Lb. paracasei* และ *Lb. acidophilus* การหมักใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ให้อากาศเพียงเล็กน้อย ระหว่างการหมักและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีการวิเคราะห์จำนวนเชื้อ ค่าพีเอช ความเป็นกรดโดยการไตเตรท น้ำตาล กรดอินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า เชื้อแบคทีเรีย *L. plantarum, L. delbruekii* มีการเพิ่มความเป็นกรดอย่างรวดเร็วในระยะเริ่มต้นของการหมัก และมีการใช้น้ำตาลสูงเมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่น มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่า กรดซิตริก เป็นกรดอินทรีย์หลักที่พบในการหมักน้ำทับทิม และเชื้อ *L. plantarum, L. delbruekii.* ยังมีความอยู่รอดในระหว่างการเก็บรักษาได้สูง โดยจำนวนเซลล์ยังคงอยู่ที่อายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ และค่อยๆ ลดลงภายหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำทับทิมเป็นสับสเตรทที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มโปรไบโอติที่ผ่านการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 น้ำบีทรูท

3.1.1.2 น้ำสับปะรด

3.1.1.3 น้ำแครอท

3.1.1.4 เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก สายพันธุ์ *Lactobacillus pentosus*

3.1.1.5 น้ำกลั่น

3.1.1.6 น้ำตาลทรายขาว

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.2.1 เครื่องมือ

1. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
2. ตู้ปลอดเชื้อ (Bionazard Laminar Flow) ยี่ห้อ Clean รุ่น V5-V6
3. เครื่องมือวัดความหวาน (Hand Refractometer)
4. ตู้บ่มเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น W 8540
5. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
6. ชุดไตเตรท
7. ตู้เย็น (refrigerator) ยี่ห้อ SUPER CHILL รุ่น UN 617 D
8. เครื่องชั่งละเอียด จุดทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง

3.1.2.2 อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. มีด
2. ถาด
3. เขียง
4. ไฟเช็ค
5. ถ้วยชิม
6. ช้อนชิม
7. กะละมัง
8. เครื่องปั่น
9. กระชอน
10. ผ้าขาวบาง
11. ถุงพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. เตาความร้อน
13. หม้อสแตนเลส
14. ระดาษทิชชู
15. กระดาษสติกเกอร์
16. กระดาษอลูมินัมฟลอยด์
17. ตะเกียงแอลกอฮอล์
18. แล็คใส่หลอดทดลอง
19. หลอดทดลอง
20. บิวเรต (burette)
21. ปิเปต (pipette)
22. ขวดรูปชมพู่ (flask)
23. บีกเกอร์ (Beaker)
24. ขวดดูแรน (duran) ขนาด 250 มล. และ 500 มล.
25. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 50 มล. และ 25 มล.
26. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)

3.1.2.3 สารเคมี

1. ฟีนอฟทาลีน (phenolphthalein)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
3. อาหารเลี้ยงเชื้อ สูตร MRS
4. อาหารเลี้ยงเชื้อ สูตร DRBC agar

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมน้ำบีทรูท และน้ำผลไม้

3.2.1.1 การเตรียมน้ำบีทรูท

นำบีทรูทสดมาล้างให้สะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือกแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก หั่นให้เป็นแว่นๆ นำมาปั่น โดยใช้เนื้อบีทรูทผสมกับน้ำ ในอัตราส่วน เนื้อบีทรูท : น้ำ เท่ากับ 1 : 2 โดยน้ำหนัก : ปริมาตร ปั่นจนละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง ได้น้ำบีทรูทสำหรับใช้ทดลองต่อไป

3.2.1.2 การเตรียมน้ำแครอท

นำแครอทสดมาล้างให้สะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือกแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก หั่นให้เป็นแว่นๆ นำมาปั่น โดยใช้เนื้อแครอทผสมกับน้ำ ในอัตราส่วน เนื้อแครอท : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก : ปริมาตร ปั่นจนละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง ได้น้ำแครอทสำหรับใช้ทดลองต่อไป

3.2.1.3 การเตรียมน้ำสับปะรด

นำสับปะรดสดมาล้างให้สะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ ปอกเปลือกแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก หั่นให้เป็นแว่นๆ นำมาปั่น โดยใช้เนื้อสับปะรดผสมกับน้ำ ในอัตราส่วน เนื้อสับปะรด : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก : ปริมาตร ปั่นจนละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง ได้น้ำสับปะรดสำหรับใช้ทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมน้ำบีทรูท น้ำแครอท และน้ำสับปะรด สูตรต่างๆ

นำน้ำบีทรูท น้ำแครอทและน้ำสับปะรด ที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.1.1 3.2.1.2 และ 3.2.1.3 มาผสมกันได้น้ำสูตรต่างๆ รวม 4 สูตร สัดส่วนในการผสมใช้สัดส่วนโดยปริมาตร แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของการผสมน้ำบีทรูทสูตรต่างๆ สำหรับใช้ในการทดลอง

ส่วนผสม (มิลลิลิตร)	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
1. น้ำบีทรูท	75	50	50	25
2. น้ำแครอท	0	25	0	25
3. น้ำสับปะรด	0	0	25	25
4. น้ำกลั่น	25	25	25	25

หมายเหตุ เตรียมน้ำหมักบีทรูทแต่ละสูตร นำมาปรับความหวาน 10 และ 15 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทรายขาวเป็นแหล่งคาร์บอน แล้วนำใส่ขวดดูแรนโดยใช้ขนาดของขวดตามปริมาตรที่เตรียม นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็นก่อนเติมกล้าเชื้อ

3.2.3 การเตรียมกล้าเชื้อ

3.2.3.1 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

ใช้ลูปเขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากหลอดสตอคมาสตรีคบนอาหารแข็ง MRS ในจานเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ใช้ลูปเขี่ยโคโลนีของแบคทีเรียจำนวน 5 ลูป มาละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้วจะได้สารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย เตรียมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก จำนวน 2 ชุด สำหรับใช้เตรียมกล้าเชื้อต่อไป

3.2.3.2 การเตรียมกล้าเชื้อ

1. เตรียมน้ำบีทรูทสูตรที่ 1 (จากข้อ 3.2.2) จำนวน 90 มิลลิลิตร ในขวดดูแรน ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับความหวานให้ได้ 10 องศาบริกซ์ นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น เติมสารละลายเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.3.1 ชุดที่ 1 จำนวน 10 มิลลิลิตร (10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) เขย่าให้เข้ากัน และหมักไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จะเห็นว่ามีการเจริญของเชื้อเกิดขึ้น มีกลิ่นของน้ำบีทรูทที่ผ่านการหมัก นำไปเป็นกล้าเชื้อในการหมักน้ำบีทรูทในสูตรที่ต้องปรับความหวานให้ได้ 10 องศาบริกซ์ ต่อไป

2. เตรียมน้ำบีทรูทสูตรที่ 1 (จากข้อ 3.2.2) จำนวน 90 มิลลิลิตร ในขวดดูแรน ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับความหวานให้ได้ 15 องศาบริกซ์ นำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น เติมสารละลายเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดแลคติกที่เตรียมไว้จากข้อ 3.2.3.1 ชุดที่ 2 จำนวน 10 มิลลิลิตร (10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) เขย่าให้เข้ากัน และหมักไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จะเห็นว่ามีการเจริญของเชื้อเกิดขึ้น มีกลิ่นของน้ำบีทรูทที่ผ่านการหมัก นำไปเป็นกล้าเชื้อในการหมักน้ำบีทรูทในสูตรที่ต้องปรับความหวานให้ได้ 15 องศาบริกซ์ ต่อไป

3.2.4 การหมักน้ำบีทรูทสูตรต่างๆ และการเก็บข้อมูล

3.2.4.1 หาสูตรของน้ำบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมัก โดยทำการหมักน้ำหมักบีทรูททั้ง 4 สูตร ที่เตรียมโดยใช้น้ำตาลทรายขาวเป็นแหล่งคาร์บอนในการหมัก ปรับความหวานให้ได้ 10 และ 15 องศาบริกซ์ นำน้ำบีทรูททั้ง 8 สูตร มาใส่ในขวดดูแรน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้ จากนั้นนำมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ปล่อยให้เย็น จากนั้นเติมกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* ที่เตรียมจากข้อ 3.2.3.2 ลงไป 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง จะได้น้ำหมักสำหรับศึกษาการยอมรับของผู้ชิม นำมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ในเรื่องของ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนน (9 - point Hedonic Scale Test , คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) ในการประเมินนี้ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จะถูกนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาสูตรน้ำบีทรูทที่ระดับความหวานที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด เพื่อดำเนินการขั้นตอนต่อไป

3.2.4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำหมักบีทรูทสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยนำสูตรน้ำบีทรูทที่ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมาเติมกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* ใช้กล้าเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ในระหว่างการหมักศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก โดยเก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง นำมาวิเคราะห์ค่า พีเอช โดยใช้ pH meter วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดโดยใช้ชุดไตเตรท วิเคราะห์องศาบริกซ์โดยใช้เครื่องมือวัดความหวาน (Hand Refractometer) ตรวจนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเข็ง MRS และตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เพาะบนจานอาหาร (plate count) ส่วนน้ำหมักที่ได้หลังจากการหมัก 48 ชั่วโมง จะถูกนำไปศึกษาการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ต่อไป

3.2.4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์น้ำหมักบีทรูท

1. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณพลังงาน (แคลอรี) คาร์โบไฮเดรท น้ำตาล ใยอาหาร โปรตีน ไขมัน กรดฟอลิก และโปแทสเซียม เถ้า โดยเปรียบเทียบกับน้ำบีทรูทที่ไม่ได้ผ่านการหมัก โดยวิเคราะห์ในขั้นสุดท้ายของน้ำหมักบีทรูท
2. การวิเคราะห์ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำหมัก ได้แก่

วิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่

- ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก โดยวิธีการไตรเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่

- ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลกติก โดยวิธีเลี้ยงบนอาหารแข็ง MRS agar (Merck) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.2.4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา โดยนำน้ำบีทรูทหมักสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงสุด เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้ pH meter วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดโดยใช้ชุดไตเตรท วิเคราะห์องศาบริกซ์ โดยใช้เครื่องมือวัดความหวาน (Hand Refractometer) และตรวจนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเข็ง MRS โดยการวิเคราะห์ระหว่างการเก็บรักษาดำเนินการที่อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ค. 140 อาคารปฏิบัติการจอมไตร สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนตุลาคม 2555 – เดือนกันยายน 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสูตรน้ำหมักบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยกล้าเชื้อและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดยเตรียมส่วนผสมน้ำบีทรูททั้ง 4 สูตร นำมาปรับความหวานให้ได้ 10 และ 15 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทรายขาว เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการหมัก รวมน้ำบีทรูททั้งหมด 8 สูตร นำน้ำบีทรูททั้ง 8 สูตร ใส่ในขวดดูแรน ขนาด 1,000 มิลลิลิตร นำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ปล่อยให้เย็น จากนั้นเติมสารละลายกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* โดยใช้สารละลายกล้าเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง จะได้น้ำหมักบีทรูทสำหรับทดสอบการยอมรับของผู้ชิม จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ในเรื่องของสี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนน (9 - point Hedonic Scale Test , คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน นำผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาสูตรน้ำบีทรูทสูตรและระดับความหวานที่ผู้ชิมชอบมากที่สุด ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำบีทรูท เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ พบว่าลักษณะปรากฏและลักษณะของสีในสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสูตรอื่น เนื่องจากมีความสดของสีจากน้ำบีทรูทมากกว่าสูตรอื่นๆ สูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากสูตรที่ 2 ส่วนสูตรที่ 3 มีความแตกต่างจากสูตรที่ 1 เนื่องจากการนำน้ำบีทรูทมาผสมกับน้ำแครอท และน้ำสับปะรดแล้ว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีไปจากเดิม ลักษณะของน้ำบีทรูทพบว่ามีตะกอนเล็กน้อยซึ่งเกิดจากส่วนผสม ส่วนในเรื่องของกลิ่นของน้ำหมักบีทรูทไม่มีความแตกต่างกัน เพราะเป็นกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากกระบวนการหมักในลักษณะเดียวกัน

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักบีทรูททั้ง 8 สูตร ในด้านรสชาติและการยอมรับจากผู้บริโภค พบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 315 ซึ่งเป็นสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด และน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 50 : 25 : 25 และมีค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 15 มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านรสชาติ และการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.69 และ 6.67 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกน้ำหมักบีทรูทสูตร 315 เพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักบีทรูท

สูตร	องศาบริกซ์	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
110	10	7.15^{a}	7.47^{a}	5.25	5.38^{d}	6.25^{ab}
115	15	7.04^{ab}	7.29^{a}	5.45	5.09^{d}	6.11^{ab}
210	10	5.18^{d}	5.33^{c}	5.20	5.84^{bc}	5.82^{d}
215	15	5.36^{d}	5.24^{c}	5.53	6.18^{ab}	6.22^{ab}
310	10	6.24^{c}	6.25^{b}	5.55	5.80^{bc}	6.00^{ab}
315	15	6.45^{bc}	6.60^{b}	5.53	$\mathbf{6.69^{a}}$	$\mathbf{6.67^{a}}$
410	10	4.80^{d}	4.82^{c}	5.36	4.91^{d}	5.13^{c}
415	15	4.98^{d}	5.22^{c}	5.29	5.65^{bcd}	5.55^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ

สูตร 1 ส่วนผสมของน้ำบีทรูท และน้ำกลั่น เท่ากับ 75 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

สูตร 2 ส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำแครอท และน้ำกลั่น เท่ากับ 50 25 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

สูตร 3 ส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด และน้ำกลั่น เท่ากับ 50 25 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

สูตร 4 ส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด น้ำแครอท และน้ำกลั่น เท่ากับ 25 25 25 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร)

4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทด้วยกล้าเชื้อ

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำหมักบีทรูทสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ได้ทำการศึกษาโดยนำน้ำบีทรูทสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด และน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 50 : 25 : 25 ปรับให้มีค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 15 ด้วยน้ำตาลทราย นำไปพาสเจอไรซ์แล้วปล่อยให้เย็น จากนั้นนำมาเติมกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* (ใช้กล้าเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร) นำน้ำบีทรูทที่เติมกล้าเชื้อแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในระหว่างการหมักมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก โดยเก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า พีเอช โดยใช้ pH meter วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรด โดยใช้ชุดไตเตรท วิเคราะห์องศา บริกซ์ โดยใช้ เครื่องมือวัดความหวาน (Hand Refractometer) และตรวจนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกโดยการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง MRS และนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญบนจานอาหารแข็ง MRS ส่วนน้ำหมักที่ได้หลังจากการหมัก 48 ชั่วโมง จะถูกนำไปศึกษาการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ต่อไป ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	องศาบริกซ์	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์โคโลนี/มล.	หมายเหตุ
0	15.00	3.95	0.214	9.40×10^{6}	
12	15.00	3.74	0.367	1.32×10^{8}	
24	14.80	3.48	0.398	3.25×10^{8}	
36	14.20	3.28	0.490	4.30×10^{9}	
48	14.10	3.17	0.612	6.50×10^{10}	

จากตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูท ที่อายุการหมัก 0-48 ชั่วโมง พบว่า ค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง เท่ากับ 15 เมื่อระยะเวลาการหมักดำเนินไป 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ค่าองศาบริกซ์ลดลงเพียงเล็กน้อย โดยที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง เท่ากับ 14.10 ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 3.95 และเริ่มลดลงตามอายุการหมักที่เพิ่มขึ้น โดยที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ค่าพีเอชเท่ากับ 3.17 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกอายุการหมัก 0 ชั่วโมง เท่ากับ 0.214 จากนั้นเพิ่มเป็น 0.367 0.398 0.490 และ 0.612 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนผลการตรวจนับจำนวนเซลล์บนอาหารแข็ง MRS จะเห็นได้ว่าจำนวนเซลล์มีการเพิ่มขึ้นตลอดอายุการหมัก โดยจำนวนเซลล์เริ่มต้นที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง เท่ากับ 10^{6} โคโลนี/มิลลิลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 10^{8} 10^{9} และ 10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร ที่อายุการหมัก 12-24 36 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักที่อายุการหมัก 0-48 ชั่วโมงจะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่พบมีความสอดคล้องกัน คือ ค่าพีเอชลดลงตลอดระยะเวลาการหมักและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความเปรี้ยวของน้ำหมัก ส่วนจำนวนเซลล์เมื่อเพิ่มขึ้นก็จะมีการผลิตกรดมากขึ้นด้วย และมีผลต่อค่าพีเอชทำให้ค่าพีเอชลดลง ส่วนองศาบิกซ์ลดลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากว่า น้ำบีทรูทเป็นวัตถุดิบในการหมักที่มีแหล่งคาร์บอนต่างๆ หลายชนิด โดยเฉพาะ ได้แก่ ฟรุกโทส กลูโคส ซูโครส ซึ่งเชื้อสามารถนำไปใช้ในการเจริญและการสร้างกรดได้ ทำให้องศาบริกซ์โดยรวมลดลงเพียงเล็กน้อย จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ค่าพีเอชตามอายุการหมักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yoon และคณะ (2004) ที่ได้ศึกษาถึงความเหมาะสมของน้ำมะเขือเทศเพื่อใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์ โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติก 4 สายพันธุ์ ค่าพีเอชของน้ำมะเขือเทศเริ่มต้นเท่ากับ 4.1 และลดลงเป็น 3.5 ที่อายุการหมัก 72 ชั่วโมง ส่วนจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นจาก 10^{5} เป็น 10^{8} โคโลนี/มิลลิลิตร และในระหว่างการหมักมีการสะสมของกรดแลคติก ไดอะซิทิล และอะซิทัลดีไฮด์ อันเป็นผลมาจากการเจริญของเชื้อในระหว่างการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์น้ำหมักบีทรูท

การศึกษาการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์น้ำหมักบีทรูท ทำการศึกษาโดยนำน้ำหมักบีทรูทจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง มาเป็นสตาร์ทเตอร์ในการหมัก โดยทำทั้งหมด 6 รอบ ในแต่ละครั้งของการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ใช้น้ำหมักบีทรูท 5 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) และในแต่ละรอบมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง ไปพร้อมกัน โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงขององศาบริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ของแบคทีเรียกรดแลคคิก ผลการศึกษาถึงการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์แสดงในตารางที่ 4. 3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ระหว่างการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ จำนวนรอบการรีไซเคิลที่ 1-6

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	องศาบริกซ์	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์โคโลนี/มล.	หมายเหตุ
0	15.00	3.95	0.214	9.40×10^{6}	
12	15.00	3.74	0.367	1.32×10^{8}	
24	14.80	3.48	0.398	3.25×10^{8}	
36	14.20	3.28	0.490	4.30×10^{9}	
48	14.10	3.17	0.612	6.50×10^{10}	
0	15.00	3.95	0.122	1.06×10^{7}	รีไซเคิลรอบที่ 1 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.38	0.398	2.70×10^{8}	
24	14.00	3.19	0.428	4.60×10^{8}	
36	14.00	3.12	0.490	5.10×10^{9}	
48	14.00	3.08	0.518	2.90×10^{10}	
0	15.00	4.10	0.245	2.00×10^{7}	รีไซเคิลรอบที่ 2 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.32	0.398	2.50×10^{8}	
24	15.0.	3.21	0.520	5.00×10^{8}	
36	14.80	3.09	0.581	5.90×10^{9}	
48	14.80	3.09	0.581	8.50×10^{10}	
0	15.00	3.97	0.210	3.01×10^{6}	รีไซเคิลรอบที่ 3 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.38	0.390	6.10×10^{8}	
24	15.00	3.29	0.420	9.65×10^{8}	
36	15.00	3.22	0.570	6.20×10^{9}	
48	15.00	3.19	0.630	6.00×10^{10}	
0	15.00	3.96	0.240	10.10×10^{7}	รีไซเคิลรอบ 4 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.42	0.480	2.50×10^{8}	
24	15.00	3.21	0.480	5.90×10^{8}	
36	15.00	3.17	0.540	2.45×10^{9}	
48	15.00	3.07	0.570	8.10×10^{10}	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	องศาบริกซ์	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์โคโลนี/มล.	หมายเหตุ
0	15.00	3.98	0.180	7.45×10^{6}	รีไซเคิลรอบที่ 5 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.39	0.480	4.35×10^{8}	
24	15.00	3.21	0.510	1.06×10^{9}	
36	15.00	3.21	0.540	5.40×10^{9}	
48	15.00	3.04	0.630	9.30×10^{10}	
0	15.00	3.95	0.240	7.90×10^{6}	รีไซเคิลรอบที่ 6 ใช้สตาร์ทเตอร์ 5 เปอร์เซ็นต์
12	15.00	3.43	0.540	2.70×10^{8}	
24	15.00	3.20	0.540	6.60×10^{8}	
36	15.00	3.14	0.570	5.80×10^{9}	
48	15.00	3.08	0.660	6.20×10^{10}	

ผลจากการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ตามตารางที่ 4.3 พบว่า น้ำหมักบีทรูทที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง และนำมาเป็นสตาร์ทเตอร์ต่อ มีค่าองศาบริกซ์เท่ากับ 14.10 มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.17 มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.612 และมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 6.50×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร ผลกการหมักจากการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 1 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.95 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.122 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 1.06×10^{7} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่ออายุการหมักครบ 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 14.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.08 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.518 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 2.90×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำน้ำหมักบีทรูทชุดนี้ไปใช้รีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ในรอบที่ 2 ต่อไป

ผลการหมักน้ำบีทรูทด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 2 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 4.10 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.245 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 2.00×10^{7} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่อครบอายุการหมัก 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 14.80 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.09 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติตเท่ากับ 0.581 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 8.50×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำน้ำหมักบีทรูทชุดนี้ไปใช้รีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ในรอบที่ 3 ต่อไป

ผลการหมักน้ำบีทรูทด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 3 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.97 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.210 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 3.01×10^{6} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่อครบอายุการหมัก 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.19 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติตเท่ากับ 0.630 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 6.00×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำน้ำหมักบีทรูทชุดนี้ไปใช้รีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ในรอบที่ 4 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการหมักน้ำบีทรูทด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 4 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.96 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.240 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10.10×10^{7} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่อครบอายุการหมัก 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.07 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติตเท่ากับ 0.570 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 8.10×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำน้ำหมักบีทรูทชุดนี้ไปใช้รีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ในรอบที่ 5 ต่อไป

ผลการหมักน้ำบีทรูทด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 5 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.98 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.180 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 7.45×10^{6} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่อครบอายุการหมัก 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.04 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติตเท่ากับ 0.630 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 9.30×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำน้ำหมักบีทรูทชุดนี้ไปใช้รีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ในรอบที่ 6 ต่อไป

ผลการหมักน้ำบีทรูทด้วยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์รอบที่ 6 พบว่า ที่อายุการหมัก 0 ชั่วโมง องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.95 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.240 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 7.90×10^{6} โคโลนี/มิลลิลิตร เมื่อครบอายุการหมัก 48 ชั่วโมง พบว่า องศาบริกซ์เท่ากับ 15.00 ค่าพีเอชเท่ากับ 3.08 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติตเท่ากับ 0.660 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 6.20×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร

ผลจากการรีไซเคิลน้ำหมักบีทรูทเพื่อใช้เป็นสตาร์ทเตอร์ พบว่าระหว่างการหมักในแต่ละรอบที่อายุการหมัก 0 จนถึง 48 ชั่วโมง การลดลงขององศาบริกซ์เกิดขึ้นน้อย เนื่องจากกว่าในน้ำบีทรูทมีสารอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญและการสังเคราะห์กรดแลคติกได้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชจากการหมักในทุกรอบมีการลดลงจากค่าพีเอชเริ่มต้น โดยค่าพีเอชที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 3.04-3.19 เปอร์เซ็นต์แลคติกที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักเพิ่มขึ้นจากอายุการหมัก 0 ชั่วโมง ในทุกรอบ อยู่ระหว่าง 0.570-.660 ส่วนจำนวนเซลล์ เมื่อเริ่มต้นการหมักที่ 0 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 10^{6}-10^{7} โคโลนี/มิลลิลิตร และเมื่ออายุการหมัก 48 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ในทุกรอบอยู่ที่ 10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร

จากการผลการรีไซเคิลน้ำหมักบีทรูทเพื่อเป็นสตาร์ทเตอร์ จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้ดีและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะลักษณะของสตาร์ตเตอร์ยังมีกิจกรรมสูง เมื่อถ่ายสู่อาหารใหม่จึงมีการเจริญได้ดี การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักยังคงเหมือนกับการหมักที่ได้จากการเตรียมสตาร์ทเตอร์ครั้งแรก ดังนั้นใช้น้ำหมักในการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์จึงเป็นการประหยัดเวลาในการเตรียมสตาร์ทเตอร์ และสามารถดำเนินการได้เร็วกว่า เนื่องจากการเจริญของเชื้อที่นำมารีไซเคิลสตาร์ทเตอร์นั้นอยู่ในระยะเร่งทำให้มีปรับตัวในอาหารใหม่และเจริญได้ดี

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูท

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาโดยนำน้ำบีทรูทหมักสูตรที่ 315 นำมาหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทุก 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำหมักที่ได้มาเก็บรักษาในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรด วิเคราะห์องศาบริกซ์ และตรวจนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่ผลิต ที่อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ระหว่างการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษา 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	องศาบริกซ์	ค่าพีเอช	กรดแลคติก (%)	จำนวนเซลล์ โคโลนี/มล.	หมายเหตุ
0	15	3.98	0.180	7.45×10^6	ช่วงระยะเวลาการหมักก่อนการเก็บรักษา
12	15	3.39	0.480	4.30×10^8	
24	15	3.21	0.510	1.06×10^9	
36	15	3.21	0.540	5.80×10^9	
48	15	3.18	0.551	7.70×10^9	
อายุการเก็บรักษา (วัน)	**การเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ค่าพีเอช กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส**				
0	15	3.18	0.551	7.70×10^9	ช่วงการเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
5	15	3.18	0.612	9.00×10^9	
10	15	3.15	0.600	9.50×10^9	
15	15	3.16	0.630	8.50×10^9	
20	15	3.16	0.660	9.90×10^9	
25	15	3.16	0.600	8.40×10^9	
30	15	3.15	0.690	8.40×10^9	

จากตารางที่ 4.4 เมื่อทำการหมักน้ำบีทรูทเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ค่าองศาบริกซ์ เท่ากับ 15 ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเริ่มต้น ค่าพีเอชลดลงจากพีเอชเริ่มต้น 3.98 เป็น 3.18 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.180 เป็น 0.551 ส่วนจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น จาก 7.45×10^6 โคโลนี/มิลลิลิตร เป็น 7.70×10^9 โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าเริ่มต้นของอายุการเก็บรักษาที่ 0 วัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ค่าองศาบริกซ์ยังคงที่อยู่ที่ 15 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชลดลงจาก 3.18 เป็น 3.15 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.551 เป็น 0.690 ทำให้น้ำหมักบีทรูทมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนจำนวนเซลล์ยังคงที่อยู่ที่ 10^9 โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เชื้อ *L. pentosus* ยังคงมีชีวิตรอดและเจริญอยู่ได้ โดยเป็นการเจริญในอัตราคงที่ และในระหว่างการเจริญก็มีการใช้สารอาหารที่อยู่ในน้ำหมักบีทรูทเพื่อการเจริญและการสร้างกรด ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง และเปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นคุณสมบัติประการหนึ่งของแบคทีเรียกรดแลคติก คือ สามารถเจริญและมีความอยู่รอดได้ในสภาวะที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้รสชาติของน้ำหมักบีทรูทระหว่างการเก็บรักษามีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูทเป็นเวลา 30 วัน จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกยังอยู่ในเกณฑ์ของคุณลักษณะทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์ ซึ่งจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกต้องไม่น้อยกว่า 10^6 โคโลนี/มิลลิลิตร

4.5 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท ทำการศึกษาโดยทำการหมักน้ำบีทรูท โดยใช้สูตรที่มีส่วนผสมของ น้ำบีทรูท : น้ำสับปะรด : น้ำกลั่น เท่ากับ 50 : 25 : 25 เปอร์เซ็นต์ ปรับให้มีค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 15 นำมาเติมสตาร์ทเตอร์โดยการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ จากนั้นหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เปรียบเทียบกับน้ำบีทรูทที่ไม่ผ่านการหมัก ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีแสดงในตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางมีด้านอาหาร ในน้ำบีทรูทพาสเจอร์ไรซ์ และน้ำหมักบีทรูท พบว่า ปริมาณเถ้ามีค่าเท่ากับ 0.14 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดทั้งหมดโดยเปอร์เซ็นต์กรดแลคติก เท่ากับ 0.18 และ 0.551 ปริมาณคาร์โบไฮเดรท (รวมไฟเบอร์) เท่ากับ 14.40 และ 14.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน เท่ากัน คือ 0.36 เปอร์เซ็นต์ พลังงานเท่ากับ 59.00 และ 59.40 กิโลแคลอรี/100 กรัม ฟรุกโทส เท่ากับ 0.32 และ 0.46 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกลูโคส เท่ากับ 0.46 และ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณซูโครส เท่ากับ 13.30 และ 11.90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 14.10 และ 13.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นเท่ากับ 85.10 และ 85.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดฟลอลิก น้อยกว่า 0.10 ไมโครกรัมทั้งตัวอย่าง ส่วนปริมาณโปแทสเซียม เท่ากับ 65.30 และ 64.50 มิลลิกรัม/100 กรัม

จากองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูทพาสเจอไรซ์ และน้ำหมักบีทรูท จะเห็นได้ว่าการทดสอบทางอาหาร มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน คือ ปริมาณกรดแลคติก โดยในน้ำหมักบีทรูทหมักจะมีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกมากกว่าน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ เพราะมีกระบวนการหมักให้เกิดกรดและมีความเปรี้ยวมากกว่า ปริมาณซูโคสและน้ำตาลทั้งหมด พบว่าในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์มีสูงกว่าน้ำหมักบีทรูท คือ เท่ากับ 13.30 และ 14.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหมักบีทรูทมีเท่ากับ 11.90 และ 13.10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่เมื่อจุลินทรีย์จะนำไปใช้ในกระบวนการหมักจะต้องเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ดังนั้นจึงพบปริมาณฟรุกโทสและกลูโคสในน้ำหมักบีทรูทสูงกว่าน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ คือ เท่ากับ 0.46 และ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำตาลสองกลุ่มนี้เชื้อจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญและการสร้างกรด ส่วนโปแทสเซียมในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์สูงกว่าน้ำหมักบีทรูทเล็กน้อย เท่ากับ 65.30 และ 64.50 สำหรับจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกพบเฉพาะในน้ำหมักบีทรูทเท่านั้น เพราะเป็นเชื้อที่เป็นเร่งปฏิกิริยาทางเคมีในการหมักกรดแลคติก มีจำนวน 7.70×10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ส่วนปริมาณของเถ้า โปรตีน คาร์โบไฮเดรท (รวมไฟเบอร์) พลังงาน และความชื้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำบีทรูทพาสเจอร์ไรซ์และน้ำหมักบีทรูท

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำบีทรูท พาสเจอไรซ์	น้ำหมัก บีทรูท	วิธีการวิเคราะห์
การทดสอบทางอาหาร			
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	0.14	0.15	AOAC (2012), 900.02
ปริมาณกรดทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) โดย กรดแลคติก	0.18	0.551	
คาร์โบไฮเดรท (รวมไฟเบอร์) (กรัม/100 กรัม)	14.40	14.50	Method of analysis for Nutrition Labeling (1993)
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	0.36	0.36	AOCA (2010), 981.10
ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	0.00	0.00	AOCA (2000)
แคลอรี (กิโลแครอรี/100 กรัม)	59.00	59.40	Method of analysis for Nutrition Labeling (1993)
ฟรุกโทส (กรัม/100 กรัม)	0.32	0.46	JAOAC (1992)
กลูโคส (กรัม/100 กรัม)	0.46	0.66	JAOAC (1992)
ซูโครส (กรัม/100 กรัม)	13.30	11.90	JAOAC (1992)
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	14.10	13.10	JAOAC (1992)
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	85.10	85.00	AOCA (2000)
กรดฟลอลิก (ไมโครกรัม/100 กรัม)	<1.0	<1.0	USFDA (1996)
การทดสอบเกลือแร่			
โปแทสเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	65.30	64.50	AOCA (2010), 984.27
การทดสอบแบคทีเรียกรดแลคติก			
แบคทีเรียกรดแลคติก (โคโลนี/มิลลิลิตร)	ND	7.70×10^9	Plate count method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาสูตรน้ำหมักบีทรูทที่เหมาะสมต่อการหมักด้วยกล้ำเชื้อและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำหมักบีทรูททั้ง 8 สูตร ในด้านรสชาติและการยอมรับจากผู้บริโภค พบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 315 ซึ่งเป็นสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำบีทรูท น้ำสับปะรด และน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 50 : 25 : 25 และมีค่าองศาบริกซ์เริ่มต้นเท่ากับ 15 มีค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้านรสชาติ และการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.69 และ 6.67 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกน้ำหมักบีทรูทสูตร 315 เพื่อนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักและการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์ต่อไป

2. การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทด้วยกล้าเชื้อ

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักน้ำบีทรูทที่อายุการหมัก 0-48 ชั่วโมงจะเห็นได้ว่า ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่พบมีความสอดคล้องกัน คือ ค่าพีเอชลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก จาก 3.95 เป็น 3.17 และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้น จาก 0.214 เป็น 0.612 ซึ่งเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความเปรี้ยวของน้ำหมักบีทรูท ส่วนจำนวนเซลล์เมื่อเพิ่มขึ้นจาก 9.40×10^{6} เป็น 6.50×10^{10} โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งการเพิ่มของจำนวนเซลล์จะมีการผลิตกรดมากขึ้นด้วย และมีผลต่อค่าพีเอชทำให้ค่าพีเอชลดลง ส่วนองศาบิกซ์ลดลงเพียงเล็กน้อยจาก 15.00 เป็น 14.10 เนื่องจากน้ำบีทรูทเป็นวัตถุดิบในการหมักที่มีแหล่งคาร์บอนต่างๆ หลายชนิด โดยเฉพาะได้แก่ ฟรุกโทส กลูโคส ซูโครส ซึ่งเชื้อสามารถนำไปใช้ในการเจริญและการสร้างกรดได้ทำให้องศาบริกซ์โดยรวมลดลงเพียงเล็กน้อย

3. ผลการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์น้ำหมักบีทรูท

จากการผลการรีไซเคิลน้ำหมักบีทรูทเพื่อเป็นสตาร์ทเตอร์ จำนวน 6 รอบ ของการรีไซเคิลจะเห็นได้ว่า กิจกรรมการหมักในทุกรอบของการรีไซเคิลเกิดขึ้นได้ดีและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักยังคงเหมือนกับการหมักที่ได้จากการเตรียมสตาร์ทเตอร์ครั้งแรก ดังนั้นการใช้น้ำหมักในการรีไซเคิลสตาร์ทเตอร์จึงเป็นการประหยัดเวลาในการเตรียมสตาร์ทเตอร์ และสามารถดำเนินการได้เร็วกว่า

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำหมักบีทรูท

เมื่อทำการหมักน้ำบีทรูทเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า ที่อายุการหมัก 48 ชั่วโมง ค่าองศาบริกซ์ เท่ากับ 15 ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเริ่มต้น ค่าพีเอชลดลงจากพีเอชเท่ากับ 3.98 เป็น 3.18 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.180 เป็น 0.551 ส่วนจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น จาก 7.45×10^{6} โคโลนี/มิลลิลิตร เป็น 7.70×10^{9} โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นค่าเริ่มต้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุการเก็บรักษาที่ 0 วัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ค่าองศาบริกซ์ยังคงที่อยู่ที่ 15 องศาบริกซ์ ค่าพีเอชลดลงจาก 3.18 เป็น 3.15 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 0.551 เป็น 0.690 ซึ่งน้ำหมักบีทรูทมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนเซลล์ยังคงที่อยู่ที่ 10^9 โคโลนี/มิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เชื้อ *L. pentosus* ยังคงมีชีวิตรอดและเจริญอยู่ได้ โดยเป็นการเจริญในอัตราคงที่ และระหว่างการเจริญก็มีการใช้สารอาหารที่อยู่ในน้ำหมักบีทรูทเพื่อการเจริญและการสร้างกรด ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง และเปอร์เซ็นต์กรดเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นคุณสมบัติประการหนึ่งของแบคทีเรียกรดแลคติก คือ สามารถเจริญและมีความอยู่รอดในสภาวะที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้รสชาติของน้ำหมักบีทรูทมีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้น

5. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหมักบีทรูท

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ และน้ำหมักบีทรูท ผลการทดสอบทางอาหารมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน คือ ปริมาณกรดแลคติก ในน้ำหมักบีทรูทหมักจะมีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกมากกว่าน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ เปอร์เซ็นต์ซูโคสและน้ำตาลทั้งหมด ในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์มีสูงกว่าน้ำหมักบีทรูท เท่ากับ 13.30 และ 14.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหมักบีทรูทมีเท่ากับ 11.90 และ 13.10 เปอร์เซ็นต์ ฟรุกโทสและกลูโคสในน้ำหมักบีทรูทสูงกว่าน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์ คือ เท่ากับ 0.46 และ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้ำตาลสองกลุ่มนี้เชื้อจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญและการสร้างกรด โปแทสเซียมในน้ำบีทรูทพาสเจอไรซ์สูงกว่าน้ำหมักบีทรูทเล็กน้อย เท่ากับ 65.30 และ 64.50 จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกพบเฉพาะในน้ำหมักบีทรูท เพราะเติมลงไปเป็นเชื้อเริ่มต้นที่เป็นเร่งปฏิกิริยาทางเคมีในการหมักกรดแลคติก มีจำนวน 7.70×10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ส่วนปริมาณของเถ้า โปรตีน คาร์โบไฮเดรท (รวมไฟเบอร์) พลังงาน และความชื้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากกระบวนการหมักเป็นวิธีการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรที่สำคัญ ควรมีการศึกษาถึงการใช้วิธีการนี้ในการแปรรูปวัตถุดิบชนิดอื่น ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตรโดยการหมัก ตลอดจนมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำหมักควบคู่ไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จักรชัย สมพลพงษ์. 2555. **โยเกิร์ต นมเปรี้ยวมหัศจรรย์**. [online]. **Available :** http://www.goodhealth.co.th/new_page_47.htm.

ชาติ ประชาชื่น. 2552. **บีทรูท**. [online]. Available : http://www.khaosod.co.th/view_news.php?newsid=TURONWIzVXdNakkzTURVMU1nPT0=&sectionid=Y25Wd1lXbHRiMUs&day=TWpBd09TMHdOUzB5Tnc9PQ==.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553. **น้ำหมักชีวภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553. **เภสัช มช. ไขข้อข้องใจน้ำหมักชีวภาพ**. นสพ. กรุงเทพธุรกิจ : 17 ก.พ. 2553

ไชยวัฒน์ ไชยสุต ศศิธร ศิริลุน สาร์ทจีน ภีระจันทร์ และนภัสสร กุมาร์. 2554. **คู่มือน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค (ฉบับชาวบ้าน)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ตะวัน ฉัตรสูงเนิน. 2546. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการหมัก**. พิมพ์ครั้งที่ 1 เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ตรี วาทกิจ. 2555. **จุลชีววิทยาทั่วไป**. [online]. Available : http://agri.npu.ac.th/publication/Aj.TREE/2010/Under_graduate/Chepter_7.ppt.

ถาวร วอนว่า และนิพนธ์ ฐานทองอรุณ. 2547. **การศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของสารสีแดงจากเปลือกผลแก้วมังกร**. ปัญหาพิเศษทางเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 504 น.

นิรนาม. 2555. **ลักษณะเซลล์ของแลคโตบาซิลลัสเพนโตซัส**. [online]. Available : http://glycemic.jugem.jp/?cid=12.

น้ำสมุนไพร เครื่องดื่มสมุนไพร. 2555. **บีทรูท**. [online]. Available : http://herbal.muasua.com/น้ำสมุนไพร/น้ำบีทรูท.html.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. **แบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง**. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 1 (3) : 62-69.

_____. 2548. **ฟังชันนัลฟูดส์ : อาหารเพื่อสุขภาพ**. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 4 (2) : 43-50.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550. **การผลิตนมถั่วเหลืองหมักด้วยกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* และ *Saccharomyces cerevisiae***. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร (เล่มที่ 4) 30 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2550 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน น. 229-306.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **การหมักให้เกิดกรดแลคติก**. [online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/lactic%20acid%20fermentation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. มผช. 278/2547. **น้ำบีทรูท**. [online]. Available : http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps278_47.pdf.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมช. มผช. 481/2547. **น้ำหมักพืช**. [online]. Available : http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps481_47.pdf.

มาลินี อัศวดิษฐเลิศ. 2551. **การหมัก...เทคโนโลยีแห่งการนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์**. [online]. Available : http://www.vcharkarn.com/varticle/35824.

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ และ วรวุฒิ ครูส่ง. 2545. **การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการหมักดอง หน่วยที่ 10**. เอกสารประกอบการสอน ชุดวิชา การถนอมและการแปรรูปอาหาร, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. น. 61-89.

ลาวัลย์ คล้ายสุข บุญรักษา บุญฝัก ไข่มุกข์ พาพันธ์ และอรพิน ชัยประสบ (มปป.) **การผลิตและพัฒนาคุณภาพน้ำแครอทโปรไบโอติก**. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง (แบบ Project report)

ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา. 2555. **กระบวนการหมักกรดแลคติก**. [online]. Available : http://school.obec.go.th/njw/education/biology/chapter03/index_l03_p19.html.

ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา. 2555. **กระบวนการหมักแอลกอฮอล์**. [online]. Available : http://school.obec.go.th/njw/education/biology/chapter03/index_l03_p18.html.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒประสานมิตร. 315 น.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อังคณา รัตนพันธ์. 2549. **การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บรักษาปลาหมัก**: ปลาส้ม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัศน์ พิทักษ์สายชล. 2550. **บีทรูท เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ**. [online]. Available : http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=1700

Adams M.R., Nicolaides L. 1997. Review of the sensitivity of different pathogens of fermentation. **Food Control**. 8 : 227-239.

Agenta Czyżowska, Elżbieta Klewicka and Zdzisława Libudzisz. 2006. The influence of lactic acid fermentation process of red beet juice on the stability of biological active colorants. **Eur. Food Res Technol**. 223 : 110-116.

Beetroot Benefits – The amazing beetroot [Online]. Available : http://beetrootbenefits.org/ (20/5/2555)

Beets nutrition facts. 2012. [Online]. Available : http://www.nutrition-and-you.com/beets.html.

Bergqvist SW, Sandberg A-S, Carlsson N-G & Andlid T. 2005. Improved iron solubility in carrot juice fermented by homo- and hetero-fermentative lactic acid bacteria. **Food Microbiology**. 22, 53–61.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Calories Information. 2012. **Nutrition and Calories in Beets (Raw).** [Online]. Available http://www.calorie-counter.net/calories-vegetables/beets.htm.

Chadwick, R., S. Henson, B. Moseley, G. Koenen, M.Liakopoulos, C. Midden, A. palou, G. Rechkemmer, D. Schrode, and A. von Wrigh. 2003. **Functional Foods.** New York, Srpinger, pp. 161-175.

Demie, N., Acar, J. and Bahcecl, K.S. 2004. Effect of storage on quality of carrot juices Produced with lactofermentation and acidification. **Eur Food Red Technol.** 218 : 465-468.

Demir. N., Bahcecl, K.S. and Acar, J. 2006. **The effect of difference initial *Lactobacillus plantarum* concentration on some properties of fermentation carrot juice.** [Online]. Available : http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17801967

Harivaindaran, K.V., Rebecca, O.P.S. and Chandran, S. 2008. Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) peel for use as potential natural colorant. **Pakistan Journal of Biological Sciences.** 11 : 2259-2263.

Holzapfel W.H. 2002. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing Countries. **International Journal of Food Microbiology.** 75 : 197-212.

JuicerThailand. 2012. **ประโยชน์ของน้ำผักและผลไม้.** [Online]. Available : http://juicehealthbenefits.blogspot.com/2011/11/blog-post.html.

Kalantzopoulos,G. 1997. Fermented products with probiotic quality. **Anaerobe.** 3 : 185-190.

Kandler, O. 1983. **Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria**. Antonie van Leewenhoek. 49 : 209-224.

KAROVIČOVÁ, J. and KOHAJDOVÁ Z. (2005) Lactic acid-fermentation vegetable juices-Palatable and wholesome foods. **Chem.Pap.** 59 (2) : 143-148

Kenneth Todar. 2012. **Lactic Acid Bacteria (page 2).** [Online]. Available : http://textbookofbacteriology.net/lactics_2.html.

Kun, S., Rezessy-Szabó, J.M., Nguyen, Q.D., and Hoschke, A. 2008. Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains. **Process Biochem.** 43: 816-821

Kyung Young Yoon., Edward E. Woodams and Yong D. Hang 2005. Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteric Lebensm.-Wiss. **U.-Technl.** 73-75

Lactobacillus pentosus. [Online]. Available : http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4506011.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lavinia Buruleanu, Carmen Leane Nicolescu, Daniela Avram, Magda Gabriela Bratu, Iuliana Manea. 2009. Survival of probiotic bacteria during lactic acid fermentation of vegetable juices. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies Journal of Agroalimentary Processes and Technologies.** 15 (1) :132-139.

Liu S.Q. 2003. Practical implication of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and Beverage fermentations. **International Journal of Food Microbiology.** 83 : 115-131.

Mousavi, Z.E., Mousavi, S.M., Razavi, S.H., Emam-Djomeh, Z. and Kiani, H. 2011. Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic bacteria. **World J. Microbiol Biotechnol.** 27 : 123-128.

Parvez, S., K. A. Malik, S. Ah Kang, and H.-Y. Kim. 2006. Probiotics and their fermented food products are bebeficial for health. **J. App. Microbiol.** 100 : 1171-1185.

Ross, R. P., S. Morgan and C. Hill. 2002. Preservative and fermentation : past, present and future. **International Journal of Food Microbiology.** 79 : 3-16.

Salwa, A. Aly, E.A. Galal and Neimat, A. Elewa. 2004. Carrot Yoghurt : Sensory, Chemical, Microbiological Propertiesand Consumer Acceptance. **Pakistan Journal of Nutrition.** 3 (6): 322-330.

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

Tantipaibulvut, S. C. Soontornsophan and S. Luangviphusavanich. 2008. Fermentation of roselle juice by lactic acid bacteria. ***As. J. Food Ag-Ind.*** 1 (04) : 213-222.

Wood, B.J.B. and Holzapfel. 1995. **The Genera Of Lactic Acid Bacteria.** New York : St. Edmundstury Press.

Yang,Z.Suomalainen,T.Maeyrae-Maekinen,A.,Huttunen,E. 1997. **Antimicrobial Activity of 2-Pyrolidone-5-Carboxylic Acid Produce by Lactic Acid Bacteria.** J.Appl.Environ.Microbiol.,60:786-790.

Yoon, K.Y., Edward E.Woodams and Yong D. Hang 2005. Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteric Lebensm.-Wiss. U.-Technl.38. 73 – 75

Zryd, J.P. and Christinet, L. 2003. ***Betalain pigment.*** **Laboratory of Plant Cell Genetics. Department of Plant Molecular Biology.** University de Lausanne, CH 1015 Lausanne, Switzerland.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
น้ำแครอท

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำแครอทพร้อมดื่ม ที่ทำจากหัวแครอทสดเป็นส่วนประกอบหลักอาจผสมน้ำผลไม้ชนิดอื่น บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ น้ำแครอท หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำหัวแครอทสด ไม่เน่าเสีย ล้างให้สะอาด ปอกเปลือกแล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น อาจนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน ๑ ต่อ ๒ โดยน้ำหนัก ตีป่นและกรองแยกกากได้น้ำแครอท อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก และอาจเติมสเตบิไลเซอร์ หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่น เช่น น้ำเสาวรส ต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า ๙๕ องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที

๒.๒ น้ำแครอทแท้ หมายถึง น้ำแครอทที่ไม่มีการเจือน้ำ

๒.๓ น้ำแครอทปรุง หมายถึง น้ำแครอทที่ทำจากน้ำแครอทแท้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๐ โดยน้ำหนัก มีการเจือน้ำ ปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิทริก หรือน้ำผลไม้อื่น อาจแต่งสีและกลิ่นด้วย

๓. ชนิด

๓.๑ น้ำแครอท แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ น้ำแครอทแท้

๓.๑.๒ น้ำแครอทปรุง

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวขุ่น อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

๔.๒ สี กลิ่น และกลิ่นรส

๔.๒.๑ น้ำแครอทแท้

ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของแครอท ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

๔.๒.๒ น้ำแครอทปรุง

ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๙.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๔.๓ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช.๒๗๗/ ๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
น้ำแครอท

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำแครอทพร้อมดื่ม ที่ทำจากหัวแครอทสดเป็นส่วนประกอบหลักอาจผสมน้ำผลไม้ชนิดอื่น บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ น้ำแครอท หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำหัวแครอทสด ไม่เน่าเสีย ล้างให้สะอาด ปอกเปลือกแล้วตัดแต่งและหั่นเป็นชิ้น อาจนำมาผสมน้ำในอัตราส่วน ๑ ต่อ ๒ โดยน้ำหนัก ตีป่นและกรองแยกกากได้น้ำแครอท อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิตริก และอาจเติมสเตบิไลเซอร์ หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่น เช่น น้ำเสาวรส ต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า ๙๕ องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อน แล้วทำให้เย็นทันที

๒.๒ น้ำแครอทแท้ หมายถึง น้ำแครอทที่ไม่มีการเจือน้ำ

๒.๓ น้ำแครอทปรุง หมายถึง น้ำแครอทที่ทำจากน้ำแครอทแท้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๐ โดยน้ำหนัก มีการเจือน้ำ ปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล กรดซิทริก หรือน้ำผลไม้อื่น อาจแต่งสีและกลิ่นด้วย

๓. ชนิด

๓.๑ น้ำแครอท แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ น้ำแครอทแท้

๓.๑.๒ น้ำแครอทปรุง

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวขุ่น อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้

๔.๒ สี กลิ่น และกลิ่นรส

๔.๒.๑ น้ำแครอทแท้

ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของแครอท ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

๔.๒.๒ น้ำแครอทปรุง

ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๙.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

๔.๓ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๔.๔ วัตถุเจือปนอาหาร

๔.๔.๑ ห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีสังเคราะห์ทุกชนิด

๔.๔.๒ หากมีการใช้สเตบิไลเซอร์ ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๔.๕ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (เฉพาะน้ำแครอทปรุง) ต้องไม่เกิน ๔.๒

๔.๖ จุลินทรีย์

๔.๖.๑ สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๑ มิลลิลิตร

๔.๖.๒ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๒.๒ ต่อตัวอย่าง ๑๐๐ มิลลิลิตร

๔.๖.๓ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ มิลลิลิตร

๕. สุขลักษณะ

๕.๑ สุขลักษณะในการทำน้ำแครอท ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๖. การบรรจุ

๖.๑ ให้บรรจุน้ำแครอทในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนสิ่งสกปรกจากภายนอกได้

๖.๒ ปริมาตรสุทธิของน้ำแครอทในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๗. เครื่องหมายและฉลาก

๗.๑ ที่ภาชนะบรรจุน้ำแครอททุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำแครอท น้ำแครอทผสมเสาวรส

(๒) ปริมาตรสุทธิ

(๓) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(๔) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(๕) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน ๔ องศาเซลเซียส

(๖) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทย ที่กำหนดไว้ข้างต้น

๘. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๘.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำแครอทชนิดเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๘.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๘.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้อง เป็นไปตามข้อ ๔.๓ ข้อ ๖. และข้อ ๗. จึงจะถือว่าน้ำแครอทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๘.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ และข้อ ๔.๒ จึงจะถือว่าน้ำแครอทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ความ.เป็นกรด-ด่าง และจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมกันไม่น้อยกว่า ๕๐๐ มิลลิลิตร เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ ถึงข้อ ๔.๖ จึงจะถือว่าน้ำแครอทรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างน้ำแครอทต้องเป็นไปตามข้อ ๘.๒.๑ ข้อ ๘.๒.๒ และข้อ ๘.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำแครอทรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๙. การทดสอบ

๙.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรส

๙.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบน้ำแครอทอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๙.๑.๒ เขย่าตัวอย่างน้ำแครอทในภาชนะบรรจุ แล้วเทลงในแก้วใสทันทีโดยมีกระดาษขาวเป็นฉากหลังตรวจสอบโดยการพินิจและชิม

๙.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๙.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลวขุ่นอาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้	๔	๓	๒	๑
สี กลิ่น และกลิ่นรส	**น้ำแครอทแท้** ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของแครอท ไม่มีกลิ่นอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑
	น้ำแครอทปรุง ต้องมีสี กลิ่น และรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๙.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

๙.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและความเป็นกรด-ด่าง (เฉพาะน้ำแครอทปรุง)
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๙.๔ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

๙.๕ การทดสอบปริมาตรสุทธิ
ให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช.๒๗๗/ ๒๕๔๗

ภาคผนวก ก.
สุขลักษณะ
(ข้อ ๕.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

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 มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.๑.๒.๓ พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช.๔๘๑/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
น้ำหมักพืช

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำหมักพืชแท้และน้ำหมักพืชปรุงพร้อมดื่ม 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

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีชิ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย

๔.๒ สี กลิ่น และกลิ่นรส

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

๔.๓ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๔.๔ วัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๔.๕ เอทิลแอลกอฮอล์

ต้องไม่เกินร้อยละ ๓ โดยปริมาตร

๔.๖ เมทิลแอลกอฮอล์

ต้องไม่เกิน ๒๔๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๔.๗ ความเป็นกรด-ด่าง

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.

๖. การบรรจุ

๖.๑ ให้บรรจุน้ำหมักพืชในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๖.๒ ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของน้ำหมักพืชในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๗. เครื่องหมายและฉลาก

๗.๑ ที่ภาชนะบรรจุน้ำหมักพืชทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและ ชัดเจน

(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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๘.๑ รุ่นในที่นี้ หมายถึง น้ำหมักพืชชนิดเดียวกันที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน

๘.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

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

๘.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปและสี กลิ่น และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๘.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ และข้อ ๔.๒ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร เอทิลแอลกอฮอล์ เมทิลแอลกอฮอล์ และความเป็นกรด-ด่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุนำมาทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ มิลลิลิตรหรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ ถึงข้อ ๔.๗ จึงจะถือว่าน้ำหมักพืชรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๘.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ โดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า ๕๐๐ มิลลิลิตรหรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมตามที่กำหนด 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 เทตัวอย่างน้ำหมักพืชลงในแก้วใสโดยมีกระดาษสีขาวเป็นฉากหลัง ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

๙.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

(ข้อ ๕.๑)

ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.๑.๑ สถานที่ตั้งอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

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 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพ มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง และใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้