ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus*

FERMENTATION OF APPLE JUICE WITH LACTIC ACID BACTERIA : *Lactobacillus pentosus*

โดย

นางสาวฉัตรกมล เดชดวงจันทร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....32658
วัน, เดือน, ปี.....7 ก.พ. 2555

b.....
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

หลักสูตร ค.อ.บ (อุตสาหกรรมเกษตร)

สาขาวิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2553

ชื่อเรื่อง การหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus*

Fermentation of Apple Juice with Lactic acid Bacteria : *Lactobacillus pentosus*

ชื่อ-สกุล นางสาวฉัตรกมล เดชดวงจันทร์

หลักสูตร ค.อ.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร) **สาขาวิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง

บทคัดย่อ

การหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus* มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนเซลล์ โดยใช้กล้าเชื้อที่เตรียมจากเชื้อสด ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง เพื่อทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน จากการศึกษาพบว่าเมื่ออายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง สูตรน้ำแอปเปิลที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนเซลล์ เท่ากับ 9.5 0.96 และ $2.08x10^{11}$ โคโลนี / มล. ตามลำดับ สูตรที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์บริกซ์ ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนเซลล์ เท่ากับ 14.5 0.83 และ $2.26x10^{11}$ โคโลนี / มล. ตามลำดับ และสูตรที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์ บริกซ์ ปริมาณกรดแลคติก และจำนวนเซลล์ เท่ากับ 19.5 0.75 และ $7.60x10^{11}$ โคโลนี/มล. ตามลำดับ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผู้บริโภคยอมรับน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม เท่ากับ 7.36 6.73 8.20 7.46 และ 8.00 ตามลำดับ ส่วนการศึกษาอายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของน้ำหมักแอปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ความเข้มของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าพีเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าพีเอชจะมีค่าคงที่คือ มีค่าเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาที่ 0 วัน มีค่าเท่ากับ 14.5 แต่เมื่ออายุการเก็บรักษาที่ 6-15 วัน จะมีค่าคงที่เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกจะมีค่าคงที่เมื่ออายุการเก็บรักษา 6-15 วัน และจำนวนเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ที่ใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาดังกล่าวมีข้อเสนอแนะคือ หากมีการนำน้ำแอปเปิลหมักไปศึกษาและพัฒนาควรทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา เพื่อที่จะได้ทราบว่าอายุการเก็บรักษาที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดนอกจากนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโดยใช้น้ำผลไม้ชนิดอื่นมาเป็นวัตถุดิบในส่วนผสม เพื่อให้เกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และควรคิดค้นวิธีการเก็บรักษาหลายๆ วิธีเพื่อจะได้ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำแอปเปิลหมักได้นานกว่านี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง การหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus* สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนจาก รศ.ดร. ปิ่นมณี ขวัญเมือง ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำในการวางแผนทดลอง การเก็บและบันทึกข้อมูล การเรียบเรียงเนื้อหา การจัดทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ ตลอดจนช่วยแก้ไขความบกพร่องของเนื้อหาเพื่อให้เนื้อหามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะและสิ่งเตือนใจต่างๆ ตลอดการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาครุศาสตร์เกษตรทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือจนทำปัญหาพิเศษลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ความดีและประโยชน์จากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ขอมอบให้บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคนที่เป็นกำลังใจมาโดยตลอด และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวฉัตรกมล เดชดวงจันทร์

พฤษภาคม 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตปัญหา.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 แอปเปิล.....4
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแอปเปิล.....4
2.1.2 พันธุ์ของแอปเปิล.....4
2.1.3 ประโยชน์ของแอปเปิล.....5
2.1.4 น้ำแอปเปิลและการแปรรูปน้ำแอปเปิล.....6
2.2 การแปรรูปผลไม้โดยการหมัก.....7
2.2.1 น้ำหมักชีวภาพ.....7
2.2.2 แบคทีเรียกรดแลคติกและบทบาทในการหมัก.....8
2.2.3 กระบวนการชีวเคมีในการสังเคราะห์กรดแลคติก.....11
2.2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำผลไม้โดยการหมัก.....14
2.2.5 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก.....16
2.2.6 น้ำหมักแอปเปิล.....17
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....21
3.2 วิธีการดำเนินงาน.....22
3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ.....22
3.2.2 การเตรียมน้ำแอปเปิลสำหรับการหมัก.....23
3.2.3 การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับการหมักน้ำแอปเปิล.....23
3.2.4 การหมักน้ำแอปเปิล.....23
3.2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง.....23
3.2.6 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิล.....23
3.2.7 การทดสอบอายุการเก็บรักษา.....24
3.3 สถานที่วิจัย.....24
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....25
4.1 การหมักน้ำแอปเปิลโดยใช้กล้าเชื้อสดที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์.....25
4.2 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus*.....27
4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์.....28
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....30
5.1 สรุปผลการวิจัย.....30
5.2 ข้อเสนอแนะ.....31
บรรณานุกรม.....32
ภาคผนวก.....34
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข วิธีการเลี้ยงและแยกเชื้อจุลินทรีย์.....36
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ในการหมักน้ำแอปเปิลที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง.....25
2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมัก.....27
3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลจากแอปเปิล (http://applesall.blogspot.com, 15 พ.ย. 53) ได้กล่าวถึงแอปเปิลไว้ดังนี้ แอปเปิล เป็นผลไม้ยอดนิยมชนิดหนึ่งของโลก ต้นแอปเปิลสูงประมาณ 5-12 เมตร ผลมีสีแดง เนื้อในเป็นทรายละเอียดสีขาวนวล คุณค่าโภชนาการเมื่อกินโดยไม่ปอกเปลือกจะมีพลังงาน 80 แคลอรี วิตามินบี 6 เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม วิตามินซี 7.9 มิลลิกรัม เหล็ก 0.2 มิลลิกรัม ทองแดง 0.1 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 158.7 มิลลิกรัม หากปอกเปลือกปริมาณสารสำคัญต่างๆ ก็จะลดลงไปจากที่กล่าวไว้ แอปเปิลมีสาระสำคัญ คือ เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และเส้นใยไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำได้ คือ เพคติน มีกรด 2 ชนิด คือ กรดมาลิคและกรดทาร์ทาริก ช่วยในการย่อยอาหารจำพวกโปรตีนและไขมัน นอกจากนั้นยังมีการกล่าวถึงสรรพคุณ บำรุงหัวใจ ลดคลอเลสเตอรอล ลดความดัน ควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระและฆ่าเชื้อไวรัส การบริโภคแอปเปิลนิยมบริโภคสดเป็นผลไม้หลังอาหาร ของว่างและผู้ที่ต้องการลดความอ้วนยังนิยมรับประทานแทนข้าว เพราะแอปเปิลนั้นมีรสชาติดี หาซื้อง่าย ราคาไม่แพงและมีคุณประโยชน์มากมายและสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น แยมแอปเปิล อาหารเสริมสำหรับเด็ก ไวน์แอปเปิลและน้ำแอปเปิล ฯลฯ

น้ำแอปเปิล หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำแอปเปิลสดและสะอาดมาหั่นเป็นชิ้นและปั่นรวมกับน้ำสะอาด น้ำแอปเปิลยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น แยมแอปเปิล แอปเปิลไซเดอร์หรือที่เรียกกันว่าน้ำส้มสายชูหมักด้วยแอปเปิลสด แอปเปิลเยลลี่ ฯลฯ ตลอดจนนำมาหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มเป็นต้น

สมใจ ศิริโภค (2537 : 4) ได้กล่าวไว้ว่า การหมัก หมายถึง กระบวนการผลิตผลผลิตใดๆ ก็ตามที่ได้จากการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จำนวนมาก (mass culture) ซึ่งครอบคลุมทั้งกระบวนการแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักมีมากมายหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ แอซิติก และกรดแลคติก ข้อมูลจากแบคทีเรียดีมีประโยชน์ (http://paemmypaemmy.blogspot.com/2010/01/blog -post_29.html, 11 พ.ย. 53) ได้กล่าวถึงกรดแลคติกไว้ดังนี้ กรดแลคติก หมายถึง กรดที่ได้จากการที่แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) ย่อยสลายสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตไม่โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนทำให้เกิดกรดแลคติก จึงนำจุลินทรีย์เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในการหมักหรือผลิตอาหารบางชนิด เช่น นมเปรี้ยว โยเกิร์ต เต้าหู้ยี้ การดองผักและผลไม้ต่างๆ แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีความสามารถในการทนกรดที่ตัวมันผลิตขึ้นมาในปริมาณสูงๆ ได้ปกติเจริญในช่วงอุณหภูมิค่อนข้างกว้างคือตั้งแต่ 5-45 องศาเซลเซียส การที่เป็นแบคทีเรียที่ไม่ชอบใช้ออกซิเจนหรือชอบแต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อย จึงทำให้เกิดการสลายน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติกในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อย น้ำตาลจึงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ สามารถผลิตกรดได้ดีในสภาวะการหมักที่มีปริมาณออกซิเจนน้อย ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกจะช่วยเพิ่มรสชาติและป้องกันการเสื่อมเสียในอาหารหมักดอง ถ้าหากใช้แบคทีเรียกรดแลคติกหมักอย่างเดียวจะทำให้มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว

การหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคที่เรียกรดแลคติก *Lactobacillus pentosus* เป็นการนำแอปเปิลมาแปรรูปเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับแอปเปิลและทำให้มีผลิตภัณฑ์จากแอปเปิลหลากหลายมากขึ้น ซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่นิยมบริโภคผลิตภัณฑ์จากแอปเปิล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาถึงวิธีและขั้นตอนการหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก รวมทั้งศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการหมัก ศึกษาการเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก ได้แก่ พีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและจำนวนเซลล์ รวมถึงทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมัก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการและขั้นตอนการหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก *Lactobacillus pentosus* และการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรด องศาบริกซ์ และจำนวนเซลล์ในระหว่างการหมัก
3. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านประสาทสัมผัสต่อน้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก
4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. หมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแบคติก Lactobacillus pentosus และศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการหมัก การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรดเปอร์เซ็นต์บริกซ์ และจำนวนเซลล์ในระหว่างการหมัก

2. ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมโดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale เพื่อเลือกสูตรของน้ำแอปเปิลที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก โดยเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบขั้นตอนและวิธีการหมักแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก

2. ได้แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำแอปเปิล ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลไม้หรือผักชนิดอื่นๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 แอปเปิล

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแอปเปิล

ข้อมูลจากการปลูกแอปเปิล (http://pennisakowaim-a.blogspot.com/2008/07/blog?>post_24.html, 6 ม.ค. 54) ได้กล่าวถึงลักษณะของแอปเปิลไว้ว่า แอปเปิลเป็นไม้ผลเมืองหนาว ประเภทผลัดใบ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดทางยุโรป แหล่งปลูกที่สำคัญๆ ของโลกคือทวีปอเมริกา ยุโรป ทางแถบเอเชีย เช่น โซเวียต จีน ญี่ปุ่น รวมทั้งออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ด้วย สำหรับประเทศไทยนั้นเพิ่งจะถูกนำเข้ามาปลูกเมื่อไม่กี่ปี ลักษณะต้นและใบเป็นไม้เนื้อแข็ง รูปร่างของยอดที่เจริญเต็มวัยจะแตกต่างไปตามชนิดและตามพันธุ์ โดยทั่วไปต้นแอปเปิลมีรูปร่างเกือบเป็นทรงกลม แต่บางพันธุ์ก็มีลักษณะสูงชะลูด บางพันธุ์ก็มีลักษณะเป็นพุ่มแจ้ ใบเป็นใบเดี่ยวเขียวสลับกันและขอบเป็นหยัก ผลคล้ายชมพู่มีรอยเป็นปุ่มทางด้านขั้วและก้นผลแต่ไม่ลึกนัก มีสีผิวต่างกันตั้งแต่สีเหลืองคล้ำจนถึงน้ำตาลแดงเข้ม เนื้อมักจะมีสีขาวหรือขาวนวลซึ่งมีลักษณะหยาบ แอปเปิลเป็นพืชในสกุล Rosaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Malus domestica*

2.1.2 พันธุ์ของแอปเปิล

ข้อมูลจากหอมกลิ่นแอปเปิล (http://www.thaipaipan.net/application3/nuke/modules.php?Name=twdotnet&file=columns&op=detail&cid=&row=392, 6 ม.ค. 54) ได้กล่าวถึงพันธุ์ของแอปเปิลไว้ดังนี้ แอปเปิล เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก นิยมปลูกกันในทวีปยุโรปและทวีปเอเชียมาตั้งแต่ยุคต้นๆ ของประวัติศาสตร์และได้กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของโลกจนได้รับการขนานนามว่า "King of the fruit" เนื่องจากรสชาติดี กลิ่นหอม สีสวย ปัจจุบันแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ที่ทวีอเมริกา ยุโรป และทวีปเอเชีย ซึ่งปลูกกันมากในเกาหลี จีน ญี่ปุ่น ส่วนประเทศไทยมีปลูกตามพื้นที่สูงในภาคเหนือ และจะออกผลในช่วงเดือนมีนาคม

แอปเปิล เป็นไม้ผลขนาดใหญ่ที่เจริญเติบโตได้ดีในภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็น เป็นพืชในตระกูลเดียวกับกุหลาบ มีสายพันธุ์ประมาณ 25 สายพันธุ์ ทั้งสีเขียว เหลือง แดง ส้ม และชมพู พันธุ์แอปเปิ้ลที่ได้รับความนิยมอย่างยิ่ง ได้แก่ โกลเด้น ดิลิเชียส รอยัล กาล่า แกรนนี่ สมิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอปเปิ้ลแดง ฟูจิ โจนาโกลด์ และ แบร์เบิร์น ซึ่งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันที่รสชาติ สี และความกรอบของเนื้อ เช่น

รอยัล กาล่า	ลักษณะผลค่อนข้างกลม ผิวเป็นมัน มีสีเหลืองมะนาวและมีริ้วแดงส้มแอปเปิลชนิดนี้จะมีกลิ่นผลไม้และเครื่องเทศ เจือด้วยกลิ่นลูกนัตและกลิ่นกุหลาบ รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อในมีสีขาวนวลปนเหลืองเขียว ชุ่มฉ่ำ เนื้อแน่นและหวานกรอบ
โกลเด้น ดิลิเชียส	ผลเป็นรูปทรงยาว ผิวสีเขียวออกเหลือง เป็นแอปเปิลที่กรอบและฉ่ำ ผลห่ามจะมีรสเปรี้ยวอมหวาน ผลสุกจะมีรสหวานและผลเป็นสีเหลือง
แอปเปิลแดง	รูปร่างกลมยาว สีแดงเข้ม เนื้อกรอบ รสหวาน ฉ่ำมากเป็นพิเศษ หาบริโภคได้ทั่วไป
แกรนนี่ สมิท	รูปร่างกลม ผลสีเขียวสด ผิวมันวาว เนื้อกรอบ รสเปรี้ยว เนื้อฉ่ำมาก
แบร์เบิร์น	ผลมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ มีสีแดงอิฐอมเขียว รสอมเปรี้ยวแต่ฉ่ำและแก้กระหายได้ดี เนื้อกรอบและแข็ง
ฟูจิ	ผลกลมสีแดงไปจนถึงสีเขียว เนื้อนิ่ม รสหวานและฉ่ำมาก เป็นแอปเปิลที่มีรสชาติอร่อยและนิยมบริโภค

2.1.3 ประโยชน์ของแอปเปิล

ข้อมูลจากประโยชน์ของแอปเปิล (http://guru.google.co.th/guru/thread?tid=172c485f0f9 , 2 ก.พ. 54) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแอปเปิลไว้ดังนี้

1. แอปเปิลช่วยในการขับถ่าย เพราะสารเพคตินเป็นไฟเบอร์สำคัญในระบบย่อยอาหาร ซึ่งเพคตินเป็นสารที่พบในผลไม้อย่าง มะนาว ส้ม พลัม เป็นต้น แต่เพคตินจะพบมากที่สุดในแอปเปิล สามารถช่วยในการขับถ่ายมีประโยชน์ต่อลำไส้ รวมทั้งช่วยสำหรับอาการท้องผูกและท้องเสีย นอกจากนี้ในการศึกษายังพบด้วยว่าสารเพคติน ในแอปเปิลยังช่วยลดการเกิดเนื้องอกที่ลำไส้ และยังได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งลำไส้ได้อีกด้วย

2. แอปเปิลช่วยลดคอเลสเตอรอล จากผลการวิจัยพบว่าการทานแอปเปิล วันละ 3 ผลต่อวันเป็นเวลา 3 เดือน จะทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง นั้นเพราะสารเพคตินในแอปเปิลที่เป็นไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำที่มีประโยชน์มีความสามารถคอยดักจับ คอเลสเตอรอลชนิดที่ไม่ดีออกจากระบบได้ ไม่ใช่เพียงแค่นั้นเพราะในแอปเปิลยังมีสารเควอเซตินที่มีคุณสมบัติเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนตี้อ็อกซิแดนท์ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยขัดขวางคอเลสเตอรอลชนิดที่ไม่ให้ทำการสะสมอยู่ในกระแสเลือดของร่างกายได้ด้วย

3. แอปเปิลช่วยลดความเสี่ยงของโรคมะเร็ง เพราะแอปเปิลไม่ได้เพียงแค่ป้องกันมะเร็งลำไส้เท่านั้น แต่ด้วยสารเควอตินที่มีอยู่มากรวมถึงสารฟลาโวนอยส์ และสารไฟโตเคมิคอล ที่พบว่าช่วยในการต้านอนุมูลอิสระอีกประการคือสารไฟโตเคมิคอลยังมีส่วนช่วยต้านสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นการลดอัตราการเป็นมะเร็งในอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย

4. แอปเปิลช่วยชะลอวัยได้ เนื่องจากสารไฟโตเคมิคอลเป็นสารที่ทำให้ผลแอปเปิลมีสีกระจ่างใสตามธรรมชาติและมีผลเช่นเดียวกันต่อผิวพรรณของมนุษย์ บวกกับคุณประโยชน์ช่วยลดคอเลสเตอรอลและต้านมะเร็งได้ รวมไปถึงมีส่วนช่วยต้านการเกิดโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ ซึ่งทั้งหมดนี้เองล้วนแต่เป็นส่วนสำคัญ ที่ช่วยทำให้มีสุขภาพดีดูอ่อนกว่าวัยทั้งสิ้น

5. แอปเปิลช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผม ผมที่ยังดกหนาอยู่ จะช่วยทำให้ไม่ดูแก่กว่าวัย โดยทางการแพทย์จีนถือว่าการที่ผมหลุดร่วงเป็นสัญญาณการทำงานของไตที่บกพร่อง แต่ว่าแอปเปิลเป็นหนึ่งในผักผลไม้ หลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อไต อีกทั้งยังช่วยให้การหมุนเวียนเลือดไปที่รากผมดีขึ้นอีกประการหนึ่งด้วย

2.1.4 น้ำแอปเปิลและการแปรรูปน้ำแอปเปิล

น้ำแอปเปิล หมายถึง เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำแอปเปิลสดและสะอาดมาหั่นเป็นชิ้นและปั่นรวมกับน้ำสะอาด อาจเติมน้ำตาลหรือน้ำผึ้งเพื่อปรุงแต่งรสชาติก็ได้ น้ำแอปเปิลสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย ดังนี้

1. แอปเปิลไซเดอร์

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545 : 254) ได้กล่าวไว้ว่า ไซเดอร์ (Cider) ได้จากการหมักน้ำแอปเปิลจนเกิดเป็นแอลกอฮอล์ขึ้นเพียงเล็กน้อย ขั้นตอนสำคัญของการผลิตไซเดอร์ประกอบด้วยการเก็บเกี่ยวผลแอปเปิลที่มีความแก่พอดี

1. การบีบเอาน้ำออก

2. เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (75 – 200 mg/l) ในน้ำแอปเปิลเพื่อควบคุมปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และการเจริญของจุลินทรีย์แปลกปลอม (wild microflora)

4. การเอายีสต์ออก แล้วนำไปบ่มต่อ

5. บรรจุจำหน่าย

ก่อนจำหน่าย มักจะนำผลิตภัณฑ์มาผสมใหม่โดยกวนให้เข้ากัน เติมน้ำ ทำให้ใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ น้ำตาล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน และบรรจุแบบปลอดเชื้อ

ประโยชน์ของแอปเปิลไซเดอร์

1. ช่วยย่อยอาหารและดูดซึมอาหาร

วิธีการใช้ : ผสมน้ำ 1 ช้อนโต๊ะกับน้ำแอปเปิลไซเดอร์ 1/3 ช้อนชาและทานก่อนอาหาร 5 นาที โดยอมไว้ในปาก 3-5 วินาทีก่อนกลืนช่วยรักษาอาหารเจ็บคอ คันคอ

2. ช่วยกำจัดไขมันส่วนเกิน และปวดตามข้อ

วิธีการใช้ : ผสมน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ 1 ส่วนกับ น้ำแอปเปิลไซเดอร์ 2 ส่วน แล้วนวดกดบริเวณที่ต้องการลดอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. ช่วยรักษาสภาพผิว

วิธีการใช้ : น้ำแอปเปิลไซเดอร์และน้ำผสมในอัตราส่วนเท่ากัน แช่ในตู้เย็นนำมาใช้เช็ดหน้าและแปะไว้บนหน้า เพื่อปิดรูขุมขน

4. ช่วยป้องกันอาการผมแห้ง หนังศรีษะมันผมร่วงและรังแค

วิธีการใช้ : ใช้ล้างผมหลังสระ โดยผสมน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ 1/3 ถ้วยกับน้ำ 1 ถ้วย

5. ช่วยในการรักษาโรคไซนัส ปวดหัวและเป็นไข้

วิธีการใช้ : ผสมน้ำแอปเปิ้ลไซเดอร์ 2 ช้อนโต๊ะกับน้ำ 1 ถ้วยในกระทะแล้วต้มให้เดือด เมื่อเริ่มมีไอระเหยให้ปิดไฟ แล้วนำผ้ามาคลุมศรีษะและก้มหน้าใกล้ๆ กระทะเพื่อสูดหายใจเข้า

2.2 การแปรรูปผลไม้โดยการหมัก

2.2.1 น้ำหมักชีวภาพ

ข้อมูลจากน้ำหมัก (http://tourguide.thde.com/-View.php?N=76, 4 ก.พ. 54) ได้กล่าวถึงความหมายของน้ำหมักไว้ว่า น้ำหมักคือ การหมักน้ำเอนไซม์ มีกระบวนการทางเคมีทางทฤษฎีของการเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลจากผลไม้เป็นกรดน้ำส้ม สูตรทางเคมีคือ CH_3COOH สำหรับการทำน้ำหมักชีวภาพ หรือเอนไซม์เพื่อการบริโภคนั้นถือว่าไม่ใช่เรื่องใหม่เพราะมีมาตั้งแต่สมัยพุทธกาล น้ำสมอดอง ถือเป็นน้ำอมตะและยาอายุวัฒนะแห่งการรักษาชีวิต หากจะแปลความจากการวิเคราะห์ด้วยหลักวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพหรือเอนไซม์ ก็คือ น้ำขู้ดมูตรเน่า เถ้าดอง ที่มีอยู่ในพระไตรปิฎก สารอินทรีย์ที่ได้จากการหมักนั้นได้ทำให้เกิดสิ่งมหัศจรรย์แก่มวลมนุษยชาติมานานนับพันปี ซึ่งตลอดเวลาของการค้นคว้าคณะสงฆ์เครือข่ายภาคอีสานและชมรมบ้านสุขภาพ ได้ร่วมศึกษาและค้นคว้าพืชผักผลไม้ สมุนไพรต่างๆ นานาชนิดที่มีอยู่ในประเทศไทยพบว่า การนำผักผลไม้มาหมักตามทฤษฎีการแตกตัวของอนุมูลสารอาหารเพื่อให้เกิดการซึมของน้ำหมักจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอาหารซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายที่ครบทั้ง 5 หมู่ ตามความต้องการของร่างกายในสภาวะฟื้นฟูและดูแล

จากกระบวนการหมักสารอาหารที่ออกมานั้นอยู่ในรูปของกรดอะมิโนจากโปรตีน พลังงาน จากแป้ง วิตามินและแร่ธาตุจากผักผลไม้ ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการในระดับต่างๆ กันในน้ำหมักชีวภาพก็จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่หลากหลาย เช่น จุลินทรีย์ กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ น้ำตาล วิตามิน ฮอร์โมน เอนไซม์ ฯลฯ ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ล้วนได้มาจากกระบวนการหมักซึ่งเป็นขั้นตอนหลักของการได้มาซึ่งน้ำหมักชีวภาพ สารสำคัญที่เกิดขึ้นนี้บางตัวก็จัดได้ว่าเป็นสารที่มีคุณประโยชน์ต่อการบริโภคกล่าวคือ เมื่อกินเข้าไปแล้วเป็นผลดีต่อร่างกาย เช่น จุลินทรีย์แลคติก กรดอะมิโน กรดแลคติก และสารต้าน อนุมูลอิสระ เป็นต้น เอนไซม์ คือโปรตีนที่คัดหลั่งมาจากเซลล์ที่มีฤทธิ์กระตุ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในสารอื่นๆ โดยตัวมันเองไม่เปลี่ยนแปลง ชื่อเอนไซม์ ถูกเสนอโดยนักสรีรวิทยาชาวเยอรมันในปี 1867 มาจากกลุ่มคำศัพท์ "Enzyme" เป็นคำเรียกสารที่มีโปรตีนและวิตามินอยู่ร่วมกัน และทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อย กระนั้นเอนไซม์ยังจำแนกได้อีก 700 กว่าชนิด การหมักน้ำเอนไซม์มีกระบวนการทางเคมีทางทฤษฎีของการเปลี่ยนแป้งและน้ำตาลจากผลไม้เป็นกรดน้ำส้ม สูตรทางเคมีคือ CH_3COOH เมื่อละลายน้ำแล้วน้ำส้มสายชูก็จะสลายตัวเป็น โอโซนซึ่ง O_3 ก็คือโอโซนมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคและทำให้อากาศมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น ช่วยลดมลพิษของบรรยากาศ ดังนั้นเอนไซม์คือสารที่เกิดจากขบวนการแตกตัวสารอาหารด้วยขบวนการ IONIC DISCHARGE ซึ่งเป็นการได้รับสารอาหารในรูปของอิออนบวกและลบ ทำให้เกิดการสลายอนุมูลอิสระในร่างกาย ให้เกิดเป็นอนุมูลธาตุซึ่งช่วยทำให้เซลล์และระบบเคมีในร่างกายเกิดสภาวะสมดุลจนเกิดอาการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอและเสื่อมไปได้อย่างรวดเร็ว

2.2.2 แบคทีเรียกรดแลคติกและบทบาทในการหมัก

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545 : 264) ได้กล่าวไว้ว่าแบคทีเรียกรดแลคติก (เขียนย่อว่า LAB) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นสารเมตาบอไลท์ทุติยภูมิ พบในอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะในนม ผัก และผลไม้ ส่วนมากแบคทีเรียนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่ไม่มีอากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย แบคทีเรียแลคติกขาดสารไซโตโครม (cytochromes) และฟอร์ไฟลิน (porphyrins) จึงไม่ให้เอนไซม์คะทะเลสและออกซิเดส แบคทีเรียในกลุ่มนี้บางชนิดได้ออกซิเจนโดยผ่านเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเดส (flavoprotein oxidases) และใช้ออกซิเจนนี้สร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และ/หรือใช้เพื่อรีออกไซด์ NADH ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการดีไฮโดรจิเนชันของน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของแบคทีเรียแลคติกในอาหารที่น่าสนใจ

1. สมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติก (LAB) : ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่ได้จากการหมักกรดแลคติก เช่น นมเปรี้ยว ผัก – ผลไม้ดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อ และอาหารทะเลหมัก สามารถเก็บไว้ได้นานและปลอดภัยเมื่อนำไปบริโภค ทั้งนี้เพราะ LAB มีสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ดังนี้ ทำให้พีเอชของอาหารลดลง เกิดกรดอินทรีย์ เกิดแบคทีริโอซินส์ (bacteriocins) เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดเอธานอล ทำให้สารอาหารลดลง และมี Eh ต่ำ

1.1 การลดลงของพีเอชและการเกิดกรดอินทรีย์ : การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกจะให้กรดอินทรีย์ คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก เป็นสารเมตาบอไลท์ทุติยภูมิ ทำให้พีเอชของซับเสตรทต่ำลง ความเป็นกรดสูงและพีเอชต่ำ จึงมีผลยับยั้งจุลินทรีย์

1.2 การเกิดแบคทีริโอซินส์ : แบคทีริโอซินส์เป็นสารประเภทเปปไทด์หรือโปรตีนที่สามารถฆ่าแบคทีเรียซึ่งมีลักษณะนิสัยคล้ายกับแบคทีเรียที่ให้กรดแลคติกได้ เนื่องจาก แบคทีริโอซินส์เป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จึงมีความปลอดภัยมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่นำมาใช้เป็นยาปฏิชีวนะเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามแบคทีริโอซินส์ที่ยอมรับและอนุญาตให้นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้ในขณะนี้มีเพียง ไนซิน (nisin) อย่างเดียว ไนซินผลิตมาจากแบคทีเรีย *Lactococcus lactis* บางสายพันธุ์ในประเทศอังกฤษและประเทศอื่นบางประเทศได้ใช้ไนซินเป็นวัตถุกันเสียในอาหารมาตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 1950 ในขณะที่ US.FDA เพิ่งผ่านกฎหมายยอมรับไนซินเป็นวัตถุเจือปน (กันเสีย) เมื่อปี ค.ศ. 1988 ลักษณะการทำลายแบคทีเรียของไนซินเป็นแบบทำลายแบคทีเรียแกรมบวกทั่วไป และสามารถทำลายเยื่อหุ้มภายนอกเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบบางชนิด มีลักษณะคล้ายกับฤทธิ์ความร้อนหรือฤทธิ์บำบัดด้วยสารคีเลทติ้ง (chelating agent) เช่น EDTA สปอร์ของแบคทีเรียไวต่อไนซิน แรกทีเดียวการนำไนซินมาใช้ในอาหารก็เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะหยุดการเจริญของสปอร์แบซิลลัสในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดเท่านั้น เช่น เนยแข็งและอาหารกระป๋อง แต่เมื่อใช้ไนซินกับเซลของแบคทีเรียจะมีผลทำให้เกิดรูพรุนขึ้นกับเยื่อหุ้มพลาสมา ทำให้เกิดการรั่วซึมและการรั่วไหลของสารจากองค์ประกอบภายในเซลล์เป็นผลให้เซลล์สูญเสียความสามารถในการทำหน้าที่ไป

ไนซินเป็นโพลิเปปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 34 ชนิด ณ ระดับพีเอชที่เป็นกรดไนซินจะทนความร้อนพอสมควร ไนซินได้รับการจัดเป็นสารปฏิชีวนะประเภทหนึ่ง การคัดเลือกแบคทีเรียที่ให้ไนซินเพื่อนำมาใช้เป็นตัวการหมักกรดแลคติกจะช่วยเสริมผลในแง่ของการควบคุมแบคทีเรียแกรมบวกด้วยโดยเฉพาะพวกที่สร้างสปอร์ที่ปนเปื้อนในอาหาร แต่ต้องระวังมิให้ไนซินกลายเป็นปัญหายับยั้งแบคทีเรียแลคติกที่เป็นตัวการหมักอาหารนั้นๆ เสียเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การเกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) : เป็นที่ทราบกันทั่วไปแล้วว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ใช้สัญลักษณ์ว่า H_2O_2) เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2 สารนี้ทำหน้าที่เป็นตัวรับออกซิเจน เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกมีเอนไซม์ฟลาโวโปรตีนออกซิเดส แต่ขาดเอนไซม์คะตะเลส แบคทีเรียแลคติกจะสร้าง H_2O_2 ในสภาวะที่มี ออซิเจนเท่านั้น เหตุที่แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้าง H_2O_2 ได้แบคทีเรียแลคติกจึงทนสารนี้ได้มากกว่าแบคทีเรียอื่นๆ จากการสังเกตพบว่าในอาหารหมักบางชนิดเกิด H_2O_2 สะสม แม้ว่าปริมาณที่เกิดขึ้นจะไม่มากนักก็ตาม เนื่องจากการหมักกรดแลคติกเกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเกิด H_2O_2 ปริมาณ H_2O_2 ที่เกิดขึ้นจากการหมักกรดแลคติกจึงขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในซับสเตรตในขณะเริ่มต้นของกระบวนการหมักเท่านั้นแต่ข้อจำกัดนี้กลับเป็นผลดี เพราะหลังจากการหมักได้ดำเนินไปแล้ว จะไม่เกิด H_2O_2 ขึ้นอีก การเกิด H_2O_2 มากเกินไปอาจจะไปยับยั้งแบคทีเรียแลคติกที่เป็นตัวการหมักได้

ในกรณีของการเกิด H_2O_2 ในนม ช่วยให้เกิดระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสขึ้นระบบนี้มีผลยังยั้งจุลินทรีย์ช่วยลดปัญหาการเน่าเสียของน้ำนมในเขตร้อนในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นปัญหาของประเทศในเขตร้อนที่สภาวะอากาศไม่เอื้ออำนวยให้เกิดความสะอาดและความประหยัดในการเก็บรักษาน้ำนมไว้ที่อุณหภูมิต่ำดังต้องการ

1.4 การเกิดเอทธานอล : การหมักแบบเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟในสภาวะที่ไม่มีอากาศทำให้เกิดเอทธานอลขึ้น เอทธานอลเป็นสารยังยั้งจุลินทรีย์ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ทำให้แบคทีเรียแลคติกได้เปรียบด้านการแข่งขันกับแบคทีเรียอื่นๆ ในการเจริญเติบโต แม้ว่าเอทธานอลที่เกิดขึ้นจะไม่มากนักก็ตาม นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติกยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก ปริมาณกรดแลคติกที่แบคทีเรียผลิตได้อาจมาก (เช่น 100 มิลลิโมลาร์) จนมีผลทำให้พีเอชของซับสเตรตลดลงมาอยู่ระหว่าง 3.5 – 4.5 ก็เป็นได้ แลคติกเป็นกรดที่มีราคาแพง และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกล้างขวางในอุตสาหกรรมผลิตอาหารและยา

2. ประโยชน์ของแบคทีเรียแลคติกในด้านการส่งเสริมคุณภาพ : อาหารหมักได้ชื่อมานานแล้วว่ามีบางสิ่งบางอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ในขณะที่อาหารปกติไม่มี เมท์ชนิคอฟ (Metchnikoff) ชาวรุสเซีย เจ้าของทฤษฎีว่าด้วยภูมิคุ้มกันจากทำลายเซลล์จุลินทรีย์โดยการกินเซลล์แบบเรียกว่า phagocytic immunity เช่น การกินแบคทีเรียของเซลล์เม็ดเลือดขาว ได้แนะนำให้บริโภคอาหารหมัก ถือได้ว่าเขาเป็นผู้ใช้วิธีธรรมชาติในการบำบัดความไม่สมดุลของร่างกาย เขาเชื่อว่าในลำไส้มนุษย์อาจเกิดความไม่สมดุลขึ้นได้ สืบเนื่องจากแบคทีเรียเจริญและสร้างสารพิษออกมาทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นในลำไส้เป็นผลให้มนุษย์มีอายุสั้น ทางแก้มีอยู่ในหนังสือซึ่งเขาเขียนขึ้นในชื่อว่า "The Prolongation of life" ในหนังสือเล่มนี้ได้บรรยายถึงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริโภคอาหารที่เป็นกรด โดยเฉพาะโยเกิร์ตในปริมาณที่เพียงพอจะช่วยให้มนุษย์มีชีวิตที่ยืนยาวได้ ทั้งนี้เพราะเขาเชื่อว่ากิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตจะยังยั้งการเจริญของแบคทีเรียในลำไส้ในขณะเดียวกันกับที่ยังยั้งการเน่าเสียของอาหารและเป็นเหตุผลที่นำมาอธิบายถึงการมีอายุยืนของชาวนาบัลแกเรียที่บริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำ

นับแต่นั้นมา มีการกล่าวอ้างถึงสรรพคุณของแบคทีเรียแลคติกเรื่อยมา โดยเฉพาะในอาหารนมหมัก จนถึงปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่านมหมักให้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยและคุณค่าทางโภชนาการของนม
2. ลดปริมาณของน้ำตาลแลคโตส
3. เพิ่มการดูดซึมเกลือแคลเซียมและธาตุเหล็ก
4. ควบคุมชนิดจุลินทรีย์ในลำไส้
5. ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในทางเดินอาหาร
6. แสดงให้เห็นว่ามีการยังยั้งการเกิดเซลมะเร็งบางชนิด
7. ลดระดับของคอเลสเตอรอลในเลือด
8. กระตุ้นให้เกิดระบบภูมิคุ้มกันขึ้น

จากความเชื่อดังกล่าว จึงได้มีการบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียแลคติกมีชีวิตและแบคทีเรียชนิดอื่นที่ใกล้เคียง คือ ไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium* spp.) ซึ่งจัดอยู่ในแบคทีเรียจำพวกโปรไบโอติก (probiotics)

นภา โล่ทอง (2535 : 122) จึงได้กล่าวสรุปไว้ว่าบทบาทที่สำคัญในการหมักอาหารของแบคทีเรียแลคติกจึงได้แก่ การผลิตกรด ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมของสารต่างๆ และยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

2.2.3 กระบวนการชีวเคมีในการสังเคราะห์กรดแลคติก

ประมวล ทรายทอง (2551 : 301 - 304) ได้กล่าวไว้ว่า การผลิตกรดแลคติกนั้นปัจจุบันสามารถผลิตได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีการสังเคราะห์ทางเคมีและการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการหมักนี้จะอาศัยเชื้อจุลินทรีย์ช่วยเปลี่ยนวัตถุดิบต่างๆ ผ่านกระบวนการหมักแล้วทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมผลิตกันมากกว่าวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี เนื่องจากสามารถใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติได้หลายชนิดและมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายและเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เวย์จากโรงงานนม กากน้ำตาลหรือของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งและอ้อยและวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ วัตถุดิบที่นำมาใช้สำหรับผลิตกรดแลคติกจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้เพื่อให้มีความเหมาะสมด้านการคุ้มทุน และลดค่าใช้จ่ายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปัจจุบันมีการวิจัยเพื่อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งวัตถุดิบใหม่ๆ ที่มีศักยภาพรวมทั้งเทคนิคการหมักเพื่อให้ได้ปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้นและมีคุณภาพ

Amylolytic Lactic Acid Bacteria (ALAB)

แบคทีเรียแลคติกเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารหมักหลายชนิดในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลกมานานกว่า 4,000 ปีจนถึงปัจจุบันนี้ นอกจากนี้แล้วแบคทีเรียแลคติกบางกลุ่มยังมีคุณสมบัติที่สำคัญนอกเหนือจากการใช้ทำอาหารหมักเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Amylolytic Lactic Acid Bacteria ที่มีบทบาทเป็นอย่างมากในปัจจุบันและกำลังเป็นที่สนใจในกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก อันเนื่องมาจากคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นกรดแลคติกได้โดยตรงเพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้นเอง

เชื่อจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวนี้มีรายงานพบจากการคัดแยกในตัวอย่างอาหารหมักโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้นหลายๆ ภูมิภาคทั่วโลกที่มีการใช้วัตถุดิบประเภทแป้งเป็นองค์ประกอบในอาหารหมัก เช่น มันสำปะหลัง และธัญพืชต่างๆ (maize และ sorghum) เชื้อแบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ *Lactobacillus plantarum* มีรายงานพบจากอาหารหมักของประเทศแอฟริกาที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการหมัก ส่วนเชื้อ ALAB สายพันธุ์ใหม่ที่เพิ่งจัดจำแนกได้คือ *L. manihotivorans* คัดแยกจากมันสำปะหลังดองเปรี้ยวของประเทศโคลัมเบีย นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ *L. plantarum* ยังสามารถคัดแยกได้จาก burong isda ซึ่งเป็นอาหารหมักที่ใช้ปลาและข้าวเป็นวัตถุดิบของประเทศฟิลิปปินส์ ส่วนเชื้อแบคทีเรียแลคติคสายพันธุ์ *L. plantarum* ได้รับการยอมรับเป็นสายพันธุ์แรกว่ามีคุณสมบัติในการย่อยแป้ง โดยสามารถคัดแยกได้เป็นครั้งแรกจาก Benin maize sourdough (ogi and mawe) ซึ่งเป็นอาหารหมักของสาธารณรัฐเบนิน (Republic of Benin) ในทวีปแอฟริกา โดย Agati และคณะ นอกจากนี้ยังสามารถคัดเลือกจากอาหารหมักพื้นบ้านที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบของประเทศในจีเรีย มีงานวิจัยออกมาเผยแพร่ถึงประสิทธิภาพของเชื้อ ALAB ว่ามีคุณสมบัติในการหมักวัตถุดิบประเภทแป้งอื่นๆ ได้หลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ โดย ALAB จะใช้แป้งในวัตถุดิบเหล่านั้นเป็นแหล่งคาร์บอน (C-source) ผ่านกระบวนการหมักเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกได้เพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้น ALAB ทุกสายพันธุ์ที่สามารถคัดแยกได้ในปัจจุบัน มีการนำเข้ามาใช้กับอุตสาหกรรมอาหารหมักแทบทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหมักที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น European sour rye bread, Asian salt bread sour porridges, dumplings และเครื่องดื่มที่ไม่ใช้แอลกอฮอล์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหมักโดยเชื้อ ALAB

โดยปกติแล้วกระบวนการทางชีวเคมีของการผลิตกรดแลคติกจากวัตถุดิบประเภทแป้งจะเริ่มจากการทำ pretreatment เพื่อให้เกิด gelatinization และ liquefaction ตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิที่ 90 – 130 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นจะใช้เอนไซม์ช่วยในกระบวนการ Saccharification เพื่อเปลี่ยนเป็นกลูโคส แล้วทำการเปลี่ยนกลูโคสที่ได้จากขั้นตอนแรกเป็นกรดแลคติกอีกครั้งหนึ่งตามลำดับ ทั้ง 2 ขั้นตอนนี้มีการใช้เอนไซม์ช่วยเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการต่าง hydrolysis และ fermentation ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงจึงไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นการเปลี่ยนวัตถุดิบประเภทแป้งให้ได้เป็นกรดแลคติกเพียงขั้นตอนเดียวนั้นจึงมีประสิทธิภาพมากกว่าโดยอาศัยเอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักเปลี่ยนวัตถุดิบประเภทแป้งให้เป็นกรดแลคติกเพียงขั้นตอนเดียว ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและทดลองกระบวนการหมักด้วยวิธีการดังกล่าวโดยใช้จุลินทรีย์กลุ่ม ALAB และประสบผลสำเร็จมาแล้วจากการใช้วัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบโดยการใช้แบคทีเรียในกลุ่ม *Lactobaccillus* sp. และ *Lactococcus* sp

สำหรับการผลิตกรดแลคติกในระดับอุตสาหกรรมการเติมกลูโคสลงไประหว่างการหมักเป็นวิธีที่จะช่วยให้ได้ปริมาณกรดแลคติกมากขึ้นแต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จึงต้องมีการหาคาร์บอนจากแหล่งอื่นแทนเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยการใช้วัสดุและของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบซึ่งมีอยู่อย่างมากมายบนโลก ทั้งนี้รวมถึงเซลลูโลสด้วยเช่นกัน ประกอบกับการใช้จุลินทรีย์ในการผลิตกรดแลคติกเพียงขั้นตอนเดียวจึงเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตลงได้อย่างดี

วัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตกรดแลคติกของจุลินทรีย์กลุ่ม ALAB

กระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตจำพวกโพลีแซคคาไรด์ให้ได้เป็นกรดแลคติก หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเพื่อให้ได้กรดแลคติกในปริมาณสูงอาจจะต้องมีการใช้เอนไซม์ช่วยในระยะแรกของขั้นตอน pretreatment เพื่อผลิตกรดแลคติก ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบบางประเภทที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมากเกินไป จึงต้องใช้เอนไซม์บางชนิดร่วมด้วยพร้อมๆ กันกับการหมักโดยจุลินทรีย์ เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจัดเป็นแหล่งของพลังงานใหม่ปัจจุบันมีรายงานระบุว่าวัสดุทางการเกษตรเหล่านี้เกิดขึ้นทั่วโลกประมาณ 3.5 ล้านตันต่อปี และถึงแม้ว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้จะอุดมไปด้วยแหล่งคาร์โบไฮเดรตก็ตามแต่การนำมาใช้ยังคงอยู่ในวงจำกัดเนื่องจากยังมีวัตถุดิบอื่นที่สามารถนำมาใช้ผลิตได้ง่ายกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตรต่างๆ ซึ่งหาง่ายมีราคาถูกและมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตกรดแลคติกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ตัวอย่างเช่น กากน้ำตาลที่มีปริมาณของน้ำตาลซูโครสสูงเหมาะเป็นอย่างยิ่งในการนำมาผลิตกรดแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะเดียวกันเริ่มมีกระแสความต้องการพลังงานมากขึ้นดังนั้นวัตถุดิบเหล่านี้จึงถูกนำไปใช้ผลิตพลังงานในขณะที่เศษวัตถุดิบประเภทแป้งกลับมีอยู่อย่างมากมายเนื่องจากมีความยุ่งยากในการนำไปผลิตด้านพลังงาน การผลิตกรดแลคติกจึงมีบทบาทสำคัญในการใช้วัตถุดิบจากแป้งที่ได้จากพืช ทั้งนี้เนื่องจากหาง่ายและราคาถูก ในขณะที่มีรายงานการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการจากวัสดุดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ *Lactobacillus amylophilus GV6* ซึ่งจัดเป็นสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตกรดแลคติกในกลุ่มของ ALAB ด้วยกัน โดยมีรายงานการวิจัยถึงประสิทธิภาพการผลิตกรดแลคติกจากสายพันธุ์นี้ออกมามากขึ้นตั้งแต่ปี 2000 เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์อื่นๆ อีกเช่น *L. amylophilus B4437 L. amylovorus* และยังมีรายงานการนำเชื้อ ALAB มาใช้หมักร่วมกับเชื้อราเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลคติก การใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสมกันมากกว่า 1 ชนิด เช่นการใช้สายพันธุ์ *Lactococcus lactis* ร่วมกับ *Aspergillus awamorii* และ *Rhizopus arrhizus* หรือการใช้เชื้อ ALAB ชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์ร่วมกัน เช่น *L. amylophilus* NRRL B4437 *L. amylovorus* และ *L. amylophilus GV6* ผสมร่วมกันเพื่อช่วยให้กระบวนการผลิตกรดแลคติกเกิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Amylolytic enzymes ที่สร้างโดยแบคทีเรียแลคติก

เชื้อแบคทีเรียแลคติกบางสายพันธุ์ เช่น แลคโตบาซิลัสมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์แบบ extracellular amylase และทำการหมักแป้งเป็นกรดแลคติกได้โดยตรง สายพันธุ์ของแลคโตบาซิลัสคือ *Lactobacillus amylophilus* GV6 ซึ่งปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดในการผลิตกรดแลคติกจากวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีผู้ศึกษาและพบว่ามีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์แบบ extracellular amylolytic enzymes (amylase and pullulanase) ได้ดีและมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่า เอนไซม์ amylase และ pullulanse มี activities สูงถึง 0.439 U/g/min และ 0.18 U/g/min ตามลำดับ เมื่อทำการหมักแบบ Solid - state fermentation (SSF) โดยใช้วัตถุดิบคือรำข้าวสาลี ซึ่งเอนไซม์ amylase และ pullulanase ที่เชื้อ *Lactobacillus amylophilus* GV6 นี้สร้างขึ้น จะถูกขับออกนอกเซลล์เพื่อทำการเปลี่ยนแป้งซึ่งเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างซับซ้อนเป็นกรดแลคติกได้ นอกจากนี้เชื้อแบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ *Streptococcus bovis* จัดเป็น ALAB อีกสายพันธุ์หนึ่งที่มีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์ alpha amylase และมีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้เป็นอย่างดี

2.2.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำผลไม้โดยการหมัก

1. การคัดเลือกวัตถุดิบและการล้าง

บุญศรี จงเสรีจิตต์ (2552 : 3) ได้กล่าวไว้ว่าการคัดเลือกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลไม้ที่มีระยะเวลาการสุกเท่ากัน ส่วนการล้างผลไม้ไม่เพียงแต่เป็นการล้างสิ่งสกปรกออกเท่านั้น แต่ยังเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดจำนวนจุลินทรีย์ รวมทั้งล้างเอาสารพิษที่ตกค้างออกด้วย ซึ่งการล้างอาจใช้น้ำ สารชะล้าง หรือน้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น น้ำผสมคลอรีน นอกจากนี้อาจใช้วิธีการตัดแต่งส่วนเสียออกหรือใช้การกรองจุลินทรีย์ออกในกรณีของน้ำผลไม้

2. การเตรียมและการสกัดน้ำผลไม้

การสกัดน้ำผลไม้จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การตีป่น และการคั้นน้ำผลไม้

2.1 การตีป่น เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของผลไม้ให้มากขึ้น เพื่อง่ายต่อการคั้นน้ำผลไม้นิยมใช้เครื่องสับทำให้ขนาดเล็กลง ผลไม้เล็กลง

2.2 การคั้นน้ำผลไม้ เป็นขั้นตอนการสกัดของเหลวออกจากชิ้นส่วนของผลไม้โดยการคั้น ซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้ผ้าขาวบางห่อแล้วใช้ไม้แบนกดทับไว้ หรือใช้มือบีบ หรือใช้เครื่องกดบนตะแกรง หรือเครื่องตัดไฮดรอลิก

3. การพาสเจอร์ไรซ์

โดยปกติจะใช้อุณหภูมิ 175 องศาฟาเรนไฮร์ นาน 20 นาที (ประมาณ 80 องศาเซลเซียส) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่สำหรับน้ำผลไม้ทั่วไปจะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.5 ซึ่งเป็นสภาพที่สปอร์ของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายไม่สามารถเจริญได้ การใช้อุณหภูมิ 160 - 165 องศาฟาเรนไฮร์ (71.1 – 73.8 องศาเซลเซียส) นาน 20 นาที ก็เพียงพอต่อการทำลายเชื้อแบคทีเรีย รา และยีสต์ในน้ำผลไม้ ในโรงงานผลิตน้ำผลไม้แบบใหม่จะใช้พาสเจอร์ไรซ์ แบบต่อเนื่องที่ใช้ความร้อนสูง 180 - 195 องศาฟาเรนไฮร์ (82.2 - 95.5 องศาเซลเซียส) นาน 2 - 3 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันที

4. การเตรียมกล้าเชื้อ

เขี่ยเชื้อ *Lactobacillus pentosus* จากหลอดเก็บเชื้อมาสตรีคบนอาหารแข็งสูตร MRS (Himedia) จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำเชื้อมาละลายในน้ำผลไม้ที่เตรียมไว้ ผสมให้เข้ากัน

5. การบ่มน้ำผลไม้

ข้อมูลจากเครื่องดื่มชาหมัก (http://www.tistrfoodprocess.net/tea/artical_tea/tea9.htm, 7 เม.ย 54) ได้กล่าวถึงการบ่มไว้ว่า เติมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำผลไม้ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้ว และบ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมการหมัก ขั้นตอนสำคัญของการผลิตน้ำผลไม้หมัก คือ การควบคุมกิจกรรมการหมัก ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดและปริมาณรวมทั้งสัดส่วนของกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก คุณภาพของผลไม้ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.การเก็บรักษา

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นอันตราย และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก

1. การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอธิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ข้อมูลจากการทำไวน์ผลไม้ (http://www.surathai.net/index.php?lay=Show&ac=article &Ld=5351098&Ntype=4, 3 มี.ค. 54) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอธิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ดังนี้ โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดจากการหมักโดยการใช้ยีสต์ โดยกระบวนการหมักจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเป็นช่วงที่ยีสต์ทำการแบ่งเซลล์ให้มีปริมาณมากที่สุด ในช่วงนี้จำเป็นต้องให้อากาศกับยีสต์ ช่วงที่ 2 เป็นช่วงของการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ในช่วงนี้ยีสต์ไม่ต้องการอากาศ ดังนั้นในการหมักจึงจำเป็นต้องมีจุกปิดภาชนะที่ใช้หมักที่ไม่สามารถให้อากาศเข้าแต่ แต่สามารถปล่อยให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหมักออกได้

2. การเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก

ข้อมูลจากการหมัก (http://www.thaigoodview.com/node/93505, 3 มี.ค. 54) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติกไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดจากกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และสัตว์น้ำ เช่น ไส้กรอกอีสาน แหนม ปลาร้า น้ำปลา บูดู ซึ่งเชื้อแบคทีเรียจะทำหน้าที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก ซึ่งจะทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวและความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ไม่เหมาะกับการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ทั้งที่เป็นอันตรายและทำให้อาหารเน่าเสีย ความเข้มข้นของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นประมาณ 0.8 – 1.2 เปอร์เซ็นต์ ในการหมักอาจมีการเติมดินประสิวหรือสารประกอบไนไตรท์และไนเตรทเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย คลอสตริเดียม และมีการเติมเครื่องเทศเพื่อเพิ่มกลิ่นรส กระบวนการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลคติกมักทำให้อาหารอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศหรือมีน้อย เช่น การห่อหมูด้วยใบตองหรือพลาสติกให้แน่นในการทำแหนม การปิดฝาภาชนะบรรจุ เช่น ไห โอ่ง ถังซิเมนต์ในระหว่างการทำน้ำปลา เป็นต้น เพื่อให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเจริญได้ดี

3. การเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก

ข้อมูลจากการหมัก (http://www.swu.ac.th/royal/book5/b5c4t6.html, 3 มี.ค. 54) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติกไว้ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติกจากการหมักผลิตภัณฑ์นม เช่น โยเกิร์ต เนยแข็ง เชื้อจุลินทรีย์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สร้างกรดแลคติกจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้อาหารมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น

4. การเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (acetic acid)

ข้อมูลจากการหมัก (http://www.thaigoodview.com/node/93505, 3 มี.ค. 54) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติกไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มหรืออะซิติก (acetic acid) จะเกิดจากการหมักผลิตภัณฑ์สารปรุงรส เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู ทำโดยการนำเอทธิลแอลกอฮอลมาหมักต่อโดยแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นกรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (acetic acid) หรือผลิตกรดมะนาวหรือกรดซิตริก โดยใช้เชื้อราแอสเพอจิลัสไนเจอร์ หมักแป้งมันสำปะหลัง กลุ่มผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เช่น เต้าเจี้ยวหรือซีอิ๊ว ได้จากการหมักถั่วเหลืองโดยเชื้อราแอสเพอจิลัสออไรเซ ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ย่อยโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้สั้นลง จากนั้นทำการหมักต่อโดยยีสต์และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกทำให้เกิดกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

2.2.6 น้ำหมักแอปเปิล

ข้อมูลจาก Cider Making (http://homepage.ntlworld.com/scrumpy/cider/cider.htm,8 เม.ย. 54) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการผลิตไซเดอร์หรือน้ำแอปเปิลหมักไว้ดังนี้

1. หลักของการหมัก

ไซเดอร์ผลิตมาจากน้ำแอปเปิล ซึ่งมีวิธีการหมักที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ โดยการหมักแรกจะดำเนินการโดยยีสต์ ซึ่งอาจเติมลงไปหรือมีอยู่ตามธรรมชาติในผิวของแอปเปิล ซึ่งการหมักขั้นแรกนี้จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอลและแอลกอฮอล์ วิธีการหมักที่สอง การหมักมาโลแลคติก (malo - lactic) จะเปลี่ยนกรดมาลิกเป็นกรดแลคติกและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการหมักนี้ดำเนินการโดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีอยู่ในน้ำแอปเปิลและในบริเวณพื้นที่การหมัก การหมักมาโลแลคติกสามารถเกิดขึ้นพร้อมกับการหมักยีสต์ แต่มักจะเกิดได้ล่าช้าจนอุณหภูมิการหมักอยู่ที่ 15 องศาเซลเซียส

2. กระบวนการทำไซเดอร์

ขั้นตอนแรกของการทำไซเดอร์ คือ การเลือกแอปเปิล ขั้นตอนถัดไป คือ การกดให้น้ำแอปเปิลแล้วนำมากรอง ในเชิงพาณิชย์อาจเก็บน้ำแอปเปิลนี้ไว้ผลิตเป็นไซเดอร์ในภายหลัง ซึ่งการทำแบบนี้เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางเพื่อเป็นการพาสเจอร์ไรซ์และลดแพคติน น้ำผลไม้สดอาจมีวิธีการหมักที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ ไม่มีการเติมยีสต์เหมือนการผลิตไซเดอร์แบบดั้งเดิม คือ อาศัยยีสต์ป่า ซึ่งการหมักจะเริ่มต้นขึ้นใน 1 – 2 วันและการหมักจะสิ้นสุดลงเมื่อครบ 5 – 6 เดือน หรืออีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
32658

วิธีหนึ่งคือ เก็บรักษาด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อเป็นการเจริญของยีสต์ป่าธรรมชาติและหลังจากนั้นนำมาหมักด้วยการเติมยีสต์บริสุทธิ์ ซึ่งวิธีการหมักแบบนี้จะนิยมผลิตในเชิงพาณิชย์

ไซเดอร์จะผ่านการฆ่าเชื้อโดยการกรองหรือการพาสเจอร์ไรซ์ และเมื่อบรรจุขวดจะอัดลมเทียมในขวดโดยความดันเคาร์เตอร์ และเติมสารซัลเฟอร์ไอออกไซด์เพื่อรักษาเสถียรภาพของไซเดอร์ ซึ่งจะทำให้เก็บรักษาได้นานถึง 12 - 18 เดือน โดยไซเดอร์ที่ผลิตใหม่สามารถนำมาผสมกับของเก่าได้โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ

3. ลักษณะของน้ำแอปเปิล

เมื่อเทียบกับสาโทน้ำแอปเปิลจะมีค่าพีเอช ค่าปริมาณไนโตรเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่ามาก และมีแค่น้ำตาลโมเลกุลเดียวเท่านั้น องค์ประกอบค่าเฉลี่ยของน้ำตาลที่มีอยู่ในแอปเปิล คือ ฟรุคโตส 74 เปอร์เซ็นต์ ซูโครส 15 เปอร์เซ็นต์ และกลูโคส 11 เปอร์เซ็นต์ มีกรดที่สำคัญคือ กรดมาลิก (malic acid) และในน้ำแอปเปิลยังมีแพคตินที่ละลายน้ำได้

4.การเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบน้ำแอปเปิลในระหว่างการหมักและบ่ม

ในตอนสุดท้ายของการหมักยีสต์ สารประกอบยีสต์จะปล่อยไนโตรเจนรวมถึงกรดอะมิโนและเปปไทด์ กรดเพนโทเทนิก (Pantothenic acid) และไรโบฟลาร์วิน (Riboflavin) จะปล่อยออกมาพร้อมกับฟอสฟอรัส การปล่อยของสารอาหารเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ เพราะสารอาหารเหล่านี้จำเป็นสำหรับการหมักมาโลแลคติก (Malo - lactic)

ในระหว่างการหมักยีสต์จะมีการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดซึ่งเกิดจากการก่อตัวของกรดมาลิกโดยยีสต์ ส่วนกลูโคนิก (Gluconic) และกรดซัคซินิก (Succinic acids) เกิดจากโมโน–ไดและไตร กาแลคโตรอนไนด์ (Mono-Di and tri galacturonides) ได้จากการย่อยสลายเอนไซม์แพคตินและกรดกีโต นอกจากนี้ยังมีการเกิดแอลกอฮอล์ ระดับที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความหลากหลายของแอปเปิล การเก็บรักษาน้ำแอปเปิล สายพันธุ์ของยีสต์ และการเก็บรักษา โดยทั่วไปค่าพีเอชต่ำและค่าระดับไนโตรเจนต่ำมักจะผลิตไซเดอร์ที่มีระดับแอลกอฮอล์สูง การใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะช่วยลดระดับของแอลกอฮอล์ได้ แต่ปัจจัยส่วนใหญ่ที่มีผลต่อระดับของแอลกอฮอล์ คือ สายพันธุ์ของยีสต์ การเพิ่มอากาศก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณแอลกอฮอล์

ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตไซเดอร์รวมถึงการหมักมาโลแลคติก ในขั้นตอนนี้กรดมาลิกจะถูกแปลงเป็นกรดแลคติก และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ชนิดของกรดที่ผลิตจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอช ค่าพีเอชที่ 3.6 ได้แลคติก ส่วนกรดซัคซินิก (Succinic acid) จะผลิตได้ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 4.8 เมื่อค่าพีเอชเข้าใกล้ 3 จะเกิดการหมักมาโลแลคติกได้อย่างล้าช้า รวมทั้งการเปลี่ยนจากมาลิกไปเป็นกรดแลคติก โดยการหมักนี้จะทำให้เกิดกรดควินิก (quinic) และกรดชิกิมิก (shikimic acid) ซึ่งเป็นผลดีต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุทรัช อิ่มใจและอรอุมา ศรีมิตร (2550 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "การหมักน้ำบีทรูท โดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกและแซคคาโรมัยซีสเซอริวิซิอี" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นกรดแลคติก เปอร์เซ็นแอลกอฮอล์ และจำนวนเซลล์ยีสต์และแบคทีเรีย โดยใช้กล้าเชื้อที่เตรียมจากเนื้อสด และการนำน้ำบีทรูทหมักมาทำเป็นกล้าเชื้อ เพื่อศึกษาการเก็บตัวอย่างที่อายุการหมัก 0 6 12 18 และ 24 ชั่วโมง และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงศึกษาอายุการเก็บรักษาที่ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรซ์กับพาสเจอร์ไรซ์และทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษา 3 6 และ 15 วัน จากการศึกษา พบว่า กล้าเชื้อจากน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 1 อายุการหมักที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นบริกซ์ เปอร์เซ็นกรดแลคติก จำนวนเซลล์ยีสต์มากกว่ากล้าเชื้อสดและน้ำบีทรูทหมักครั้งที่ 1 โดยมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 1.0×10^6 8.0×10^5 และ 1.22×10^6 โคโลนี/มล. ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ ตามลำดับ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผู้บริโภคยอมรับน้ำบีทรูทหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของการทดสอบทุกด้านสูงสุดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์ เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นกรดแลคติกของน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์กับพาสเจอร์ไรส์มีค่าเท่ากันทุกอายุการเก็บรักษา จำนวนเซลล์ยีสต์น้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำบีทรูทหมักชนิดพาสเจอร ไรส์ โดยเห็นได้ชัดเจนที่อายุการเก็บรักษาที่ 15 วัน จำนวนเซลล์แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์เกิดกิจกรรมการหมักจนถึงอายุการเก็บรักษา 9 วัน ชนิดที่พาสเจอร์ไรส์ไม่พบแบคทีเรียกรดแลคติกที่อายุการเก็บรักษา 0-15 วัน ผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อายุการเก็บรักษา 3 และ 9 วัน ผู้บริโภคยอมรับ น้ำบีทรูทหมักชนิดไม่พาสเจอร์ไรส์มากกว่าน้ำบีทรูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์ ที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน ผู้บริโภคยอมรับน้ำบีทรูทหมักชนิดพาสเจอร์ไรส์มากกว่าไม่พาสเจอร์ไรส์ ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าถ้ารับประทานน้ำบีทรูทหมักชนิดไม่ต้องพาสเจอร์ไรส์ต้องรับประทานในช่วงที่ไม่เกิน 10 วัน แต่ถ้าต้องเก็บไว้รับประทานเกิน 10 วัน ควรทำการพาสเจอร์ไรส์

ปิ่นมณี ขวัญเมือง (2550 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "การผลิตนมถั่วเหลืองหมักด้วยกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* และ *Saccharomyces cerevisiae*" การหมักน้ำนมโค และน้ำนมถั่วเหลืองด้วยกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* และ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อุณหภูมิในตู้บ่ม 37 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ระหว่างการหมักที่อายุ 0-24 ชั่วโมง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขององศาบริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก ค่าพีเอช และจำนวนเซลล์ ผลการศึกษาพบว่าน้ำนมถั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืองเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการหมักคือ การหมักในตู้บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 องศาบริกซ์เท่ากับ 9 และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 1.046 ส่วนจำนวนเซลล์ *Lactobacillus pentosus* and *Saccharomyces cerevisiae* เท่ากับ 10^8 โคโลนี/มิลลิลิตร การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมหมักที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 7 วัน ค่าพีเอชคงที่ ส่วนการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองหมักด้วยน้ำผลไม้และการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า น้ำนมถั่วเหลืองหมักผสมน้ำองุ่น 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยของการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมสูงสุด

Kyung Young Yoon และคณะ (2005 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง "การหมักน้ำบีทโดยแบคทีเรียกรดแลคติก" เรดบีทถูกใช้เป็นตัวแทนที่สำคัญในการผลิตน้ำผลไม้บีท โปรไบโอติก 4 ชนิด (*Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus plantarum*) แลคติกที่พบโดยส่วนใหญ่ทั้งหมดสามารถนำน้ำบีทไปใช้งานได้อย่างรวดเร็วสำหรับการสังเคราะห์เซลล์และการผลิตกรดแลคติค อย่างไรก็ตาม *L. acidophilus* และ *L. plantarum* จะถูกใช้ในการผลิตกรดแลคติกได้ปริมาณที่มากกว่าแบคทีเรียตัวอื่นและจะลดค่า พีเอช ของน้ำบีทหมักหลักจากค่าเริ่มต้น คือ 6.3 ถึงค่าต่ำสุด 4.5 หลังจาก 48 ชั่วโมง ในการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แม้ว่าเชื้อแลคติกในการหมักน้ำบีทจะค่อยๆ ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาในที่เย็นจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ของแบคทีเรียกรดแลคติกเหล่านี้ ยกเว้น *L. acidophilus* ในการหมักน้ำบีทที่ยังคงเหลืออยู่ที่ 10^6-10^8 โคโลนี / มิลลิลิตร หลังจาก 4 สัปดาห์ของการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ก. วัตถุดิบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมักน้ำแอปเปิล

เครื่องมือ

1. รีแฟรคโตมิเตอร์ (Protable รุ่น RHB-32 ATC)
2. ตู้บ่มเชื้อ (Memert รุ่น Schutzart DIN 40050-IP 20)
3. ฮอทเพลท (E.G.O)
4. ตู้ปลอดเชื้อไบโอฮาซาดลามินาโฟรว (Biohazard Laminar Flow)
5. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

อุปกรณ์

1. ขวดดูแลน
2. กระบอกตวง
3. ถ้วยพลาสติก
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. กระดาษทิชชู
6. กระดาษสติ๊กเกอร์
7. ถาดอะลูมิเนียม
8. บีกเกอร์
9. ฟลาสก์
10. ปิเปต
11. จานเพาะเชื้อ
12. กระดาษลิสมัส
13. หม้อสแตนเลส
14. ชุดอุปกรณ์ไตเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบและส่วนผสม

1. น้ำแอปเปิล
2. น้ำส้ม
3. น้ำสับปะรด
4. น้ำตาลทราย

ข. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประสาทสัมผัส

1. จานพลาสติก
2. แก้วน้ำ
3. แบบทดสอบ
4. ถ้วยพลาสติก
5. กระดาษทิชชู

ค. อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารแข็งสูตร MRS

ง. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

แบคทีเรียกรดแลคติก คือ *Lactobacillus pentosus*

จ. สารเคมี

1. ฟีนอล์ทาลีน
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมน้ำแอปเปิล

นำแอปเปิลสดมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้น ปั่นกับน้ำเปล่า แล้วนำไปกรอง

การเตรียมน้ำส้ม

นำส้มที่สดมาล้างทำความสะอาดคั้นเอาแต่น้ำ แล้วกรองเอากากและเมล็ดออก

การเตรียมสับปะรด

นำสับปะรดสดมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นกับน้ำเปล่า กรองด้วยผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเตรียมน้ำแอปเปิลสำหรับการหมัก

วิธีการเตรียมน้ำแอปเปิล ใช้ส่วนผสมของน้ำแอปเปิล น้ำส้มคั้นและน้ำสับปะรดเท่ากับ 50 25 และ 25 เปอร์เซ็นหรืออัตราส่วนเท่ากับ 2 : 1 : 1 ผสมให้เข้ากันปรับความเข้มข้นของน้ำตาลให้ได้ 10 15 และ 20 องศาบริกซ์ แบ่งใส่ขวดดูแลน 500 มิลลิลิตร นำมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

3.2.3 การเตรียมกล้าเชื้อสำหรับหมักน้ำแอปเปิล

1. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก

ใช้ลูปเขี่ยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมาสตรีกบนผิวอาหารแข็ง MRS ในจานเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ แล้วบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

2. การเตรียมกล้าเชื้อ

นำสารละลายกล้าเชื้อตามข้อ 1 มาละลายในน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเทสารละลายเชื้อลงในน้ำแอปเปิลที่เตรียมไว้ เขย่าให้เข้ากัน และหมักไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 36 ชั่วโมง ใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักต่อไป

3.2.4 การหมักน้ำแอปเปิล

นำน้ำแอปเปิลที่เตรียมไว้ตามข้อที่ 3.2.2 นำมาเติมกล้าเชื้อตามข้อ 3.2.3 (2) ใช้ปริมาณกล้าเชื้อ 5 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ผลที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง

3.2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. วิเคราะห์ปริมาณบริกซ์โดยใช้เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer)

2. วิเคราะห์ค่าพีเอชโดยใช้กระดาษวัดพีเอช

3. วิเคราะห์ค่าปริมาณกรดแลคติกโดยวิธีการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

4. ตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี Viable plate count method

3.2.6 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิล

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมักในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9 point hedonic scale โดยกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และเลือกสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุดไปศึกษาต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การทดสอบอายุการเก็บรักษา

นำน้ำแอปเปิลสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุดนำมาเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ที่อายุ 0 3 6 12 และ 15 วัน

3.3 สถานที่วิจัย

ห้องปฏิบัติการณ์เทคโนโลยีชีวภาพ (ค. 140 อาคารปฏิบัติการจอมไตร) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนพฤษภาคม พุทธศักราช 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาน้ำหมักแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus* ซึ่งทำการทดลองโดยใช้กล้าเชื้อสด โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงหมักน้ำแอปเปิลแล้วศึกษาอายุการเก็บรักษา ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน ผลการศึกษาทั้งหมดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การหมักน้ำแอปเปิลโดยใช้กล้าเชื้อสดที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ในการหมักน้ำแอปเปิลที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง

ทรีทเมนต์	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
1	0	4.5	10	0.67	3.34×10^{7}
	12	4.5	10	0.59	5.22×10^{8}
	24	4.5	9.5	0.75	5.14×10^{9}
	36	4.5	9.5	0.72	2.70×10^{10}
	48	4.5	9.5	0.96	2.08×10^{11}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ทรีทเมนต์	อายุการหมัก (ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	จำนวนเซลล์ (โคโลนี/มล.)
2	0	4.5	15	0.62	5.24×10^{7}
	12	4.5	15	0.54	6.80×10^{8}
	24	4.5	14.5	0.64	7.49×10^{9}
	36	4.5	14.5	0.60	2.45×10^{10}
	48	4.5	14.5	0.83	2.26×10^{11}
3	0	4.5	20	0.56	4.37×10^{7}
	12	4.5	20	0.52	1.73×10^{8}
	24	4.5	19.5	0.52	5.10×10^{9}
	36	4.5	19.5	0.65	2.19×10^{10}
	48	4.5	19.5	0.75	7.60×10^{11}

หมายเหตุ : ทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 1 พบว่าน้ำแอปเปิลหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีค่าพีเอชที่เท่ากันคือ 4.5 เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นค่าพีเอชก็ยังคงมีค่าเท่าเดิม เปอร์เซ็นต์บริกซ์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ เมื่อเริ่มต้นจะมีค่าเท่ากับ 10 15 และ 20 ตามลำดับ เมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้นเป็น 24 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์บริกซ์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ก็จะมีค่าลดลงเท่ากับ 9.5 14.5 และ 19.5 ตามลำดับ และมีค่าคงที่จนถึงอายุการหมักครบ 48 ชั่วโมง

ส่วนจำนวนเซลล์ในระหว่างการหมักเมื่อเริ่มต้นการหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ มีจำนวนเซลล์ที่ 10^{7} โคโลนี / มล. เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 48 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ในน้ำแอปเปิลหมักทุกสูตรเท่ากับ 10^{11} โคโลนี / มล. ในระหว่างการหมักน้ำแอปเปิลมีการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสที่สังเกตได้ดังนี้ คือ มีสีตามธรรมชาติตามส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมัก มีรสเปรี้ยวที่แตกต่างกันทั้ง 3 ทรีทเมนต์ โดยน้ำแอปเปิลหมัก ทรีทเมนต์ที่ 1 มีรสเปรี้ยวมากกว่าทรีทเมนต์ที่ 2 และ 3 ทรีทเมนต์ที่ 3 จะมีรสชาติที่หวานเกินไป ส่วนทรีทเมนต์ที่ 2 จะให้รสชาติที่กลมกล่อมคือไม่เปรี้ยวและไม่หวานจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตน้ำแอปเปิลหมักเป็นการผลิตที่ใช้กรดแลคติก โดยส่งผลให้มีค่าพีเอชที่ลดลงหรือคงที่ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลให้น้ำแอปเปิลหมักมีกลิ่นรสที่ดีและเหมาะสมในการบริโภค ดังนั้นในการทำน้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกจึงทำการหมักเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาต่อไป

4.2 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus*

ขั้นตอนการทดสอบทางประสาทสัมผัสดำเนินการโดยผลิตน้ำแอปเปิลหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale เพื่อเลือกสูตรของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมักที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมัก

ทรีทเมนต์	ค่าเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.80	5.86	5.70	6.50	5.90
2	7.36	6.73	8.20	7.46	8.00
3	7.30	6.40	7.20	7.36	7.60

จากตารางที่ 2 การศึกษาสูตรน้ำแอปเปิลหมักทั้ง 3 ทรีทเมนต์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยด้านสีเท่ากับ 6.80 7.36 และ 7.30 ด้านกลิ่นเท่ากับ 5.86 6.73 และ 6.40 ด้านรสชาติเท่ากับ 5.70 8.20 และ 7.20 ด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.50 7.46 และ 7.36 ด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 5.90 8.00 และ 7.60 ในทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองลักษณะทางประสาทสัมผัสจะเห็นได้ว่าทรีทเมนต์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยทางด้านสีเท่ากับ 7.36 ด้านกลิ่นเท่ากับ 6.73 ด้านรสชาติเท่ากับ 8.20 ด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 7.46 และความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.00

จากการศึกษาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำแอปเปิลหมักสรุปได้ว่า ผู้บริโภคยอมรับน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด เพราะว่ามีรสชาติที่กลมกล่อมไม่มีรสเปรี้ยวหรือหวานจนเกินไป จึงได้เลือกน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาน้ำหมักแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus* ได้สูตรน้ำแอปเปิลหมักที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการหมักน้ำแอปเปิลโดยให้มีค่าความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก และจำนวนเซลล์ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์

อายุการหมัก (ชั่วโมง)	พีเอช	เปอร์เซ็นต์บริกซ์	เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก	จำนวนเซลล์ (โคโลนี / มล.)
0	4.5	15	0.47	2.99×10^{7}
12	4.5	15	0.55	2.86×10^{8}
24	4.5	14.5	0.62	1.87×10^{9}
36	4.5	14.5	0.77	2.32×10^{10}
48	4.5	14.5	0.83	9.30×10^{10}
อายุการเก็บรักษา (วัน)				
0	4.5	14.5	0.83	9.30×10^{10}
3	4.5	14.3	0.86	1.94×10^{11}
6	4.5	14.1	0.96	1.05×10^{12}
9	4.5	14.1	0.96	1.07×10^{11}
12	4.5	14.1	0.96	8.00×10^{11}
15	4.5	14.1	0.96	5.50×10^{12}

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อหมักน้ำแอปเปิลที่อายุการหมัก 0 - 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชจะมีค่าคงที่เท่ากับ 4.5 ตั้งแต่อายุการหมักเริ่มต้นจนสิ้นสุดอายุการหมักที่ 48 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์บริกซ์ที่อายุการหมักเริ่มต้นของน้ำแอปเปิลหมักเท่ากับ 15 และลดลงเมื่อสิ้นสุดอายุการหมักที่ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 14.5 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่อายุการหมักเริ่มต้นของน้ำแอปเปิลหมักเท่ากับ 0.47 และได้เพิ่มขึ้นตามอายุการหมักเมื่อครบ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.83 เมื่อเริ่มต้นอายุการหมักน้ำแอปเปิลหมักมีค่าจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{7} โคโลนี / มล. เมื่อสิ้นสุดอายุการหมักที่ 48 ชั่วโมง มีจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{10} โคโลนี / มล. ส่วนอายุการเก็บรักษาที่ 0 - 15 วัน มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ที่อายุการเก็บรักษา 0 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.5 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.83 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{10} โคโลนี / มล. ที่อายุการเก็บรักษา 3 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.3 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.86 และจำนวนเซลล์มีค่าเท่ากับ 10^{11} โคโลนี / มล. ที่อายุการเก็บรักษา 6 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.96 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{11} โคโลนี / มล. ที่อายุการเก็บรักษา 9 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.96 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{11} โคโลนี / มล. ที่อายุการเก็บรักษา 12 วัน ค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.96 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{11} โคโลนี / มล. และที่อายุการเก็บรักษา 15 วัน มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเท่ากับ 0.96 และจำนวนเซลล์เท่ากับ 10^{12} โคโลนี / มล.

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษา 0 - 15 วัน มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของน้ำหมักแอปเปิลที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าพีเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าพีเอชจะมีค่าคงที่คือ ค่าพีเอชเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาที่ 0 วัน มีค่าเท่ากับ 14.5 แต่เมื่ออายุการเก็บรักษาที่ 6 - 15 วัน จะมีค่าคงที่เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกจะมีค่าคงที่เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 - 15 วัน และจำนวนเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการหมักน้ำแอปเปิลด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก : *Lactobacillus pentosus* โดยใช้ในรูปของเชื้อสด ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการหมัก 0 12 24 36 และ 48 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมด้านประสาทสัมผัส เมื่อได้สูตรที่เหมาะสมจึงทำการเก็บรักษาที่อายุ 0 3 6 9 12 และ 15 วัน ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อหมักน้ำแอปเปิลที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าพีเอชมีค่าเท่ากับ 4.5 ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ เปอร์เซ็นต์บริกซ์จะลดลงเมื่ออายุการหมักครบ 48 ชั่วโมง โดยมีค่าเท่ากับ 9.5 14.5 และ 19.5 ตามลำดับ ปริมาณกรดและจำนวนเซลล์ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการหมักครบ 48 ชั่วโมง

2. การหมักน้ำแอปเปิลเพื่อเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมใช้วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคยอมรับทรีทเมนต์ที่ 2 มากที่สุด คือ น้ำแอปเปิลที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ โดยมีค่าเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 7.36 6.73 8.20 7.46 และ 8.00 ตามลำดับ

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำแอปเปิลหมักที่ใช้ความหวาน 15 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการเก็บรักษา 0 3 6 9 12 และ 15 วัน พบว่าค่าพีเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากับ 4.5 เปอร์เซ็นต์บริกซ์เมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาที่ 0 วัน มีค่าเท่ากับ 14.5 แต่เมื่ออายุการเก็บรักษาที่ 6 – 15 วัน จะมีค่าคงที่เท่ากับ 14.1 เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกจะมีค่าคงที่เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 - 15 วัน และจำนวนเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากจะมีการนำน้ำแอปเปิลหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรมีการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา เพื่อที่จะได้ทราบว่าอายุการเก็บรักษากี่วันที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

2. หากจะมีการนำน้ำแอปเปิลหมักไปศึกษาและพัฒนาต่ออาจมีการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมโดยอาจเลือกใช้น้ำผลไม้ชนิดอื่นมาเป็นส่วนผสมแทนน้ำผลไม้ที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น

3. หากจะมีการนำน้ำแอปเปิลหมักไปศึกษาและพัฒนาต่อควรคิดค้นวิธีการเก็บรักษาหลายๆ วิธีเพื่อจะได้ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำแอปเปิลหมักได้นานกว่านี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

การปลูกแอปเปิล. แหล่งที่มา : http://pennisakowaim-a.blogspot.com/2008/07/blog-post_24.html, 6 มกราคม 2554.

การทำไวน์ผลไม้. แหล่งที่มา : http://www.surathai.net/index.php?lay=show&ac=artical&Ld=5351098&Ntype=4, 3 มีนาคม 2554.

การหมัก. แหล่งที่มา : http://www.thaigoodview.com/node/93505, 3 มีนาคม 2554.

การหมัก. แหล่งที่มา : http://www.swu.ac.th/royal/book5/b5c4t6.html, 3 มีนาคม 2554.

เครื่องดื่มชาหมัก. แหล่งที่มา : http://www.tistr-foodprocess.net/tea/artical_tea/tea9.htm, 7 เมษายน 2554.

นภา โล่ทอง. 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พับพลิชชิ่ง. 159 น.

นุชรัช อิ่มใจและอรอุมา ศรีมิตร. 2550. การศึกษาการหมักน้ำบีทรูทโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกและแซคคาโรมัยซีสเซอรีวิซีอี. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษปริญญาตรีครุศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 50 น.

บุญศรี จงเสรีจิตต์. 2552. จุลชีววิทยาทางอาหาร. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร. 180 น.

แบคทีเรียดีมีประโยชน์. แหล่งที่มา: http://paemmy-paemmy.blogspot.com/2010/01/blog-post_29.html, 11 พฤศจิกายน 2553.

ประโยชน์ของแอปเปิล. แหล่งที่มา : http://guru.google.co.th/guru/thread?tid=172c485f0f9, 2 กุมภาพันธ์ 2554.

ประโยชน์ดีๆ ของน้ำแอปเปิลไซเดอร์. แหล่งที่มา : http://www.dumenu.com/?p=615, 2 กุมภาพันธ์ 2554.

ประมวล ทรายทอง . “AMYLOLYTIC LACTIC ACID BACTERIA (ALAB)”. วารสารอาหาร. ปีที่ 38 ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม-กันยายน 2551) น. 301-304.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2550. “ การผลิตนมถั่วเหลืองหมักด้วยกล้าเชื้อ *Lactobacillus pentosus* ” : เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 45 : สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ . 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 470 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมใจ ศิริโภค. 2553. เทคโนโลยีการหมัก. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซต. 422 น.

หอมกลิ่นแอปเปิล. แหล่งที่มา : http://www.thaipaipan.net/application3/nuke/modules.php?Name=twdotnet&file=columns&op=detail&cid=&row=392, 6 มกราคม 2554.

แอปเปิล. แหล่งที่มา : http://applesall.blogspot.com, 15 พฤศจิกายน 2553.

Cider Making. แหล่งที่มา :http://homepage.ntlworld.com/scrumpy/cider/cider.htm, 8 เมษายน 2554.

Yoon , K.Y. , Edward E.Woodams and Young , D. Hong. 2005. Fermenttation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria . Lebensm . Wiss. U. –Technol. 38 : 73 – 75.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สูตรอาหาร Lactobacillus MRS Agar (MRS)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการเลี้ยงและแยกเชื้อจุลินทรีย์

Spread plate technique

ทำการเจือจางโดยใช้ปิเปตดูดตัวอย่างมา 1 ml. เติมลงในน้ำกลั่น 9 ml. เขย่าให้เข้ากันใช้ปิเปตดูดตัวอย่างของค่าเจือจางที่เหมาะสม (Dilution) เช่น 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} อย่างละ 0.1 ml. ใส่ในจานเพาะเชื้อที่เทอาหารแข็งล่วงหน้าไว้ก่อน 1 วัน แล้วใช้แท่งแก้วงอเป็นรูปสามเหลี่ยมจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟเพื่อฆ่าเชื้อทิ้ง ทิ้งไว้สักครู่ให้เย็น เกลี่ยตัวอย่างให้แผ่กระจายทั่วผิวหน้าของอาหารแข็งซึ่งทำได้โดยใช้มือหนึ่งช่วยหมุนจาน โดยแตะแท่งแก้วไว้บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อพร้อมทั้งผลักจานหมุนไปรอบๆ ระวังอย่าให้วุ้นแตก หลักจากนั้นวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20 นาที เพื่อให้สารละลายตัวอย่างแห้งซึมเข้าในวุ้นให้หมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของเชื้อเจริญบนอาหารแข็งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ น้ำแอปเปิลหมัก วันที่ .....เดือน..... .....พ.ศ.....

ชื่อผู้ทดสอบชิม .....

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิลหมักทีละตัวอย่าง แล้วประเมินผลในด้านกลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบตัวอย่างตามเกณฑ์

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

เมื่อทดสอบชิมตัวอย่างแต่ละตัวอย่างแล้วให้ใส่คะแนนลงในช่องว่างให้ตรงกับรหัสตัวอย่างและลักษณะที่ประเมิน

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง		
	037	296	418
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้