

การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะพลอด

สารนิพนธ์
ของ
สมหมาย ปัดตาลี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2551

การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะพลอด

สารนิพนธ์
ของ
สมหมาย ปัตตาลี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะพลอด

บทคัดย่อ
ของ
สมหมาย ปัตตาลี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2551

สมหมาย บัณฑิตลี.(2551) การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด.สารนิพนธ์
กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย

มะหลอดเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอป่าสัก จังหวัดน่าน ที่มีผลมะหลอดเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการนำผลมะหลอดมาแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพเพื่อเสริมสุขภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลมะหลอด โดยทำการศึกษากระบวนการหมักแบ่ง 4 สูตรคือ สูตรที่ 1 ผลมะหลอดไม่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลทรายแดง และน้ำ สูตรที่ 2 ผลมะหลอดไม่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลอ้อย และน้ำ สูตรที่ 3 ผลมะหลอดที่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลทรายแดง และน้ำ และสูตรที่ 4 ผลมะหลอดที่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลอ้อย และน้ำ ทุกสูตรทำการผสมผลมะหลอดต่อน้ำตาลต่อน้ำในอัตราส่วน 3:1:10 ตามลำดับส่วนผสมถูกหมักเป็นเวลานาน 3 เดือน ซึ่งจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักที่ระยะ เวลา 0 , 30 , 60 และ 90 วัน โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ กรด แอลกอฮอล์ และจุลินทรีย์รวม ผลการทดลองพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 238.65 – 4087.37 ไมโครกรัม/ กรัม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 32.97 – 79.91 ปริมาณกรด 0.41 – 12.67 g/L ปริมาณแอลกอฮอล์ในรูปเอทานอลมีค่า 2.86 – 6.18 g/L ปริมาณจุลินทรีย์รวม 0.1 – 10 CFU/ml เมื่อทำการพาสเจอไรส์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 °C นาน 90 วัน จึงทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในสูตรที่ 4 มีปริมาณสูงสุด 3042.10 µg/mL ปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดประมาณ 72.80 % การเก็บรักษาที่ 4 °C จะสามารถรักษาปริมาณสารทั้ง 2 ชนิด ได้นานกว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณเอทานอล พบในช่วง 0.20 – 1.35 g/L ปริมาณกรดอะซิติกพบมากที่สุดใ้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำหมักชีวภาพมีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นแอลกอฮอล์ มีรสเปรี้ยว น้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดถูกทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำลูกยอด้วยอาสาสมัคร พบว่า มีลักษณะที่เป็นที่ยอมรับใกล้เคียงกับน้ำลูกยอ

STUDY OF THE QUALITY OF FERMENTED BEVERAGE FROM MALOAD FRUIT

AN ABSTRACT
BY
SOMMAI PATTALEE

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
May 2551

Somma Patalee. (2008) *Study of The Quality of Fermented Beverage from Maload Fruit*
Master 's Project, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School.
Srinakharinwirot University. Project Advisor: Associate Professor Dr. Pornpimol
Muangthai

Maload, the plant that growth on the Northern part of Thailand. Especially at Nan province, there are a plenty of maload fruits. In this research, maload fruits were processed to be the healthy drinking juice known as fermented beverage juice and also gave more value added to maload fruit. The fermented beverage juices were prepared 4 formulas as F1 maload fruit mixed with brown sugar and water, F2 maload fruit mixed with cane sugar and water, F3 blanched maload fruit mixed with brown sugar and water and F4 blanched maload fruit mixed with cane sugar and water. All those formulas ,the ratio between maload fruit : sugar : water was 3:1:10 respectively. Those mixed components were fermented for 3 months and total phenolic content, antioxidising power, acid content, alcoholic content and microorganism were monitored between 0, 30, 60, 90 days. The results showed that the total phenolic contents was 238.65-4087.37 $\mu\text{g/g}$, antioxidising inhibitions was 32.97-79.91 %, acid content was 0.41-12.67 g/L and alcoholic as ethanol was 2.28-6.18 g/L the total micro organisms was 0.1 – 10 CFU/ml. After pasteurization , fermented maload juices, were stored at room temperature and 4°C for 90 days. The chemical properties of each parameter were monitored and found that the fermented juice formula 4 contained the highest total phenolic content which was 3042.10 $\mu\text{g/g}$ and highest antioxidant inhibition about 72.80 %.The storage at 4 °C could preserved both total phenolic and oxidant inhibitions value more than storage at room temperature. The ethanol in fermented juice found 0.20 – 1.35 g/L. The acetic acid content showed the maximum content in formula 3. After sensory evaluation, the fermented juice showed pale brown to dark brown color, alcoholic flavors, sour taste. The Maload fermented juices were sensory evaluation tested by the volunteers compare with noni juice, the consumer preferred their characteristics as noni juice.

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร และคณะกรรมการสอบ
ได้พิจารณาสารนิพนธ์เรื่อง การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะพลอด ของ
สมหมาย บัณฑิตา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ม่วงไทย)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องลดา วีระสัย)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการสอบสารนิพนธ์
(อาจารย์ ดร. สุจิตรา ศรีสังข์)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)

วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเพทรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณในพระองค์ที่ทรงมีพระมหากรุณาธิคุณโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษา ในโรงเรียนถิ่นทุรกันดารพื้นที่ อำเภอบ่อเกลือ และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดน่าน อันเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาครูถิ่นทุรกันดาร ให้ได้รับการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งนับเป็นเกียรติอันสูงสุดที่ข้าพเจ้าได้รับโอกาสอันดียิ่งนี้ และจะได้นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเด็กนักเรียนต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย ประธานควบคุมสารนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดถึงดูแล แก้ไขปัญหา และข้อบกพร่องต่างๆในการเขียนสารนิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา โดยผ่านโครงการส่งเสริมคุณภาพการศึกษา โรงเรียนถิ่นทุรกันดาร ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และขอขอบพระคุณ ดร.ไว ประทุมผาย ที่ได้ช่วยเหลือแนะนำในห้องปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์กรด จุลินทรีย์และเอธานอล และขอบคุณ คุณนฤมล จินดาเมธี และคุณภิรมยา หวังไพบูลย์ ที่ช่วยเสริมข้อมูลในการเขียนสารนิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และอาจารย์ ดร.สุจิตรา ศรีสังข์ ในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่าสารนิพนธ์ ตลอดจนการให้คำแนะนำต่างๆ และขอขอบพระคุณอาจารย์ ในคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้ให้ความเมตตา ตลอดถึงให้แนวความคิดในการพัฒนาตนเอง และขอบคุณนิสิตร่วมรุ่นทุกคน ที่ช่วยเสริมกำลังใจในด้านการศึกษา

ขอขอบพระคุณคุณยาย และครอบครัวทุกคนที่เป็นกำลังใจ ทำให้การศึกษาได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สมหมาย ปัตตาลี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	1
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
ข้อมูลพื้นฐาน.....	6
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	19
การทดลองเตรียมน้ำหมักชีวภาพ และศึกษาคุณภาพของน้ำหมัก	
ชีวภาพจากผลมะหลอด	20
การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รส.....	25
4 ผลการวิจัย.....	26
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมัก	
และหลังการพาสเจอร์ไรส์ของน้ำหมักชีวภาพตลอดจนการเก็บรักษา.....	26
การวัดค่ากรด เบส.....	26
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพจากมะหลอด..	30
ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำหมักชีวภาพจากมะหลอด...	36
การวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์.....	36
ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ (Organic Acid).....	39
ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวม.....	42
ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพตามมาตรฐาน	
ผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.).....	42
การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักชีวภาพ.....	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพตามมาตรฐาน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	42
5 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	46
สรุปผลการวิจัย.....	46
อภิปรายผล.....	47
ข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก.....	55
ภาคผนวก ก.....	56
ภาคผนวก ข.....	64
ภาคผนวก ค.....	69
ภาคผนวก ง.....	72
ภาคผนวก จ.....	76
ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์.....	83

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	42
2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด.....	42
3 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	57
4 ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	57
5 ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C.....	57
6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของน้ำหมักชีวภาพ จากผลมะพลอดระยะเวลาก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	58
7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	58
8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	58
9 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์	59
10 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	59
11 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C.....	59
12 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดก่อนการพาสเจอร์ไรส์.....	60
13 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่ อุณหภูมิห้อง.....	60
14 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	60
15 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดช่วงระยะเวลา 30 วัน.....	61
16 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดช่วงระยะเวลา 60 วัน.....	61
17 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดช่วงระยะเวลา 90 วัน.....	61
18 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังการพาสเจอร์ไรส์.....	62
19 ระดับความพึงพอใจกลิ่นในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด.....	62
20 ระดับความพึงพอใจรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด.....	62
21 การเปรียบเทียบความพึงพอใจกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดกับน้ำลูกยอ.....	63
22 การเปรียบเทียบความพึงพอใจรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดกับ น้ำลูกยอ.....	63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะของต้นและใบของต้นมะพลอด.....	6
2 ดอกมะพลอด.....	7
3 ผลมะพลอด.....	7
4 แผนภาพแสดงประโยชน์น้ำหมักชีวภาพ.....	9
5 แสดงปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมายเป้าหมาย.....	11
6 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ.....	15
7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	26
8 ค่าความเป็นกรด-เบสหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	27
9 ค่าความเป็นกรด-เบสหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C.....	28
10 การเปรียบเทียบสภาวะที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิ 4 °C.....	29
11 การเปรียบเทียบสภาวะที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิ 4 °C.....	29
12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย (µg/g) ก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	30
13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง (µg/g).....	31
14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C.....	31
15 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	33
16 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ หลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	33
17 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ หลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C.....	34
18 จากสูตร 1 เปรียบเทียบการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิ 4 °C.....	35
19 จากสูตร 2 เปรียบเทียบการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิ 4 °C.....	35
20 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	36
21 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่ อุณหภูมิห้อง.....	37
22 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่ อุณหภูมิ 4 °C.....	38
23 เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิต่างกัน จากสูตร 1.....	38
24 เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิต่างกัน จากสูตร 3.....	39
25 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพช่วงระยะเวลาหมักครบ 30 วัน.....	39
26 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพช่วงระยะเวลาหมักครบ 60 วัน.....	40
27 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดระยะเวลา 90 วัน.....	41

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
28 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์.....	41
29 ระดับความพึงพอใจกลิ่นในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด.....	43
30 ระดับความพึงพอใจรสชาติในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด.....	43
31 การเปรียบเทียบกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ.....	44
32 การเปรียบเทียบรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ.....	45
33 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง ก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	65
34 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อย ก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	65
35 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง หลังพาสเจอร์ไรส์.....	66
36 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อย หลังพาสเจอร์ไรส์.....	66
37 เปรียบเทียบผลต่างแอลกอฮอล์จากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง ก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	67
38 เปรียบเทียบจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อยก่อนพาสเจอร์ไรส์.....	67
39 เปรียบเทียบผลต่างแอลกอฮอล์จากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง หลังพาสเจอร์ไรส์.....	68
40 เปรียบเทียบผลต่างจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อยหลังพาสเจอร์ไรส์.....	68
41 กราฟมาตรฐานกรด Acetate.....	70
42 กราฟมาตรฐานกรด malate.....	70
43 กราฟมาตรฐานกรด Citrate.....	71
44 กราฟมาตรฐาน Ethanol.....	71
45 ผลมะหลอดสุกก่อนนำมาหมัก.....	73
46 การหมักในช่วงระยะเวลาการหมัก 0 - 90 วัน.....	73
47 ระยะเวลาการหมักครบ 90 วัน.....	74
48 น้ำหมักชีวภาพจากมะหลอดก่อนการพาสเจอร์ไรส์.....	74
49 น้ำหมักชีวภาพจากมะหลอดหลังการพาสเจอร์ไรส์และเก็บที่อุณหภูมิห้อง.....	75

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำหมักชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มที่กำลังได้รับความนิยมบริโภคเพื่อเสริมสุขภาพกันแพร่หลาย ในต่างประเทศมีรายงานการบริโภคน้ำหมักชีวภาพตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 แต่ในประเทศไทยเพิ่งมีรายงานการนำมาบริโภคในระยะ 25 ปีนี้เอง ลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักจะมีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทนี้สามารถใช้วัตถุดิบ ที่เป็นพืช ผัก หรือ ผลไม้ ทำการหมักโดยรวมกับน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งอาหารหลักของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการเจริญเติบโตในระหว่างการหมัก ซึ่งจุลินทรีย์อาจมาจากธรรมชาติหรืออาจติดมากับพืช ผัก ผลไม้ที่นำมาหมัก หรือ อาจทำได้จากการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์โดยตรงเข้าสู่ระบบการหมัก เมื่อหมักประมาณ 3 เดือนจะได้ของเหลวมีสีเหลืองเข้มและมีกลิ่นหอมสำหรับน้ำหมักชีวภาพที่มีการผลิตจำหน่ายมีมากมายหลายประเภท ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ว่าจะใช้ผัก หรือ ผลไม้ ตัวอย่างเช่นน้ำหมักชีวภาพที่เกิดจากพืช ต่างๆหลายชนิด ได้แก่ ลูกยอ ข้าวกล้อง ใบบัวบก ตะไคร้ กระชายดำ แต่น้ำหมักชีวภาพที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ น้ำหมักชีวภาพจากผลลูกยอ ซึ่งมีรายงานการผลิตจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะนำผลไม้พื้นเมืองชนิดหนึ่ง คือ มะพลูด มาทำให้เกิดประโยชน์โดยนำมาแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ

มะพลูด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeagnus latifolia* Linn. ซึ่งถูกจัดอยู่ในตระกูล *Elaeagnaceae* มะพลูดเป็นไม้ผลพื้นเมืองของไทยที่เป็นไม้เถา มีเนื้อแข็ง ลำต้นและกิ่งมีเกล็ดสีเทาหรือสีเงินที่มีขนาดเล็กละเอียดกระจายทั่วไป ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับกัน แผ่นใบมีรูปรี และมีขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นกระจุกตามง่ามใบ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ผลเป็นรูปทรงรี ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร มีสีแดงถึงแดงส้ม แหล่งที่พบมาก คือ ในป่าหรือตามทุ่งนา ทางภาคเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ยังพบว่ามีปลูกกันตามบ้านเรือนในเขตชนบทด้วย สำหรับในพื้นที่อำเภอป่าสัก เป็นอีกพื้นที่หนึ่ง ที่มีต้นมะพลูดจำนวนมาก โดยเมื่อถึงฤดูการให้ผลจะมีผลมะพลูดสุกประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมในปริมาณมาก ชาวบ้านจะนำผลที่สุกออกมาจำหน่ายในราคาที่ต่ำ จึงจัดว่าเป็นผลไม้ที่มีราคาต่ำ ไม่ใช่ผลไม้เศรษฐกิจที่ได้รับความนิยม ทำให้ชาวบ้านไม่ให้ความสนใจ เนื่องจากไม่เห็นคุณค่าและประโยชน์ของผลมะพลูด จึงปล่อยให้ผลมะพลูดหล่นทิ้งไปโดยไม่ใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาวิจัย เกี่ยวกับการนำผลมะพลูดไปแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่ามากขึ้น โดยสนใจที่จะผลิตเป็นน้ำหมักชีวภาพ และทำการศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลูด โดยวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้านสี กลิ่น รส ความยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนศึกษาข้อมูลทางเคมีที่เป็นประโยชน์ ศึกษาหา

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด ทั้งนี้เพื่อเป็นการเสริมให้ประชาชนทั่วไปเห็นคุณค่าและประโยชน์ของผลมะหลอดมากยิ่งขึ้น ซึ่งปกติแล้วน้ำหมักชีวภาพที่มีจำหน่ายทั่วไป มีราคาค่อนข้างสูงกว่าผลไม้ซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นฐานมาก จึงจัดว่าผลิตภัณฑ์นี้อาจเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของชุมชนอีกประเภทหนึ่ง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะสี กลิ่น และ รส
2. ศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และวิเคราะห์ความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์แอลกอฮอล์ วิเคราะห์ปริมาณกรด ปริมาณจุลินทรีย์รวม
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของน้ำหมักชีวภาพ ในระหว่างกระบวนการหมัก และระหว่างการเก็บรักษา
4. เผยแพร่ความรู้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพแก่ชุมชน

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อทราบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพของผลมะหลอด ทั้งทางด้านกายภาพและเคมี
2. เพื่อทราบสมบัติสำคัญของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด
3. เพื่อทราบความพึงพอใจของชุมชน ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด

ขอบเขตของการวิจัย

1. สรรวจข้อมูลพื้นฐาน
 - 1.1 สรรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับมะหลอดทั่วไป
 - 1.2 สรรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการผลิตน้ำหมักชีวภาพ
2. การวางแผนการทดลองและทดลอง
 - 2.1 ศึกษาส่วนประกอบและการเตรียมวัตถุดิบผลไม้ โดยผลไม้ที่นำมาศึกษา ในกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพครั้งนี้คือ ผลมะหลอดสุกที่ได้จาก พื้นที่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
 - 2.2 ทำการทดลองศึกษากระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ที่มีการแปรผันลักษณะของการหมักเป็น 4 สูตร ได้แก่
 - สูตรที่ 1 ผลมะหลอดไม่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลทรายแดง และน้ำสะอาด
 - สูตรที่ 2 ผลมะหลอดไม่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลอ้อย และน้ำสะอาด
 - สูตรที่ 3 ผลมะหลอดที่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลทรายแดง และน้ำสะอาด
 - สูตรที่ 4 ผลมะหลอดที่ผ่านการลวก ผสมกับน้ำตาลอ้อย และน้ำสะอาด

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการหมักระหว่างผลมะหลอด น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลอ้อย และน้ำในอัตราส่วน 3 : 1 : 10 ตามลำดับ โดยทำการหมักในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 วัน

2.3 ทำการตรวจสอบศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่

2.3.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น รส

2.3.2 ลักษณะสมบัติทางเคมี ได้แก่

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณแอลกอฮอล์

ปริมาณกรด

ปริมาณจุลินทรีย์รวม

3. การตรวจสอบสารสำคัญที่จะใช้บอกคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการวิเคราะห์สารทั้งสอง ที่ระยะเวลา 0, 30, 60, และ 90 วัน ในช่วงระหว่างหมัก และในระยะเวลาเก็บรักษาหลังการพาสเจอร์ไรส์

4. การประเมินระดับความพึงพอใจของชุมชนใน ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด

5. ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

5.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการหมัก 1 ปี 1 เดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2550 ถึง 30 มีนาคม 2551

5.2 สถานที่ทำการทดลองหมักน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด อ.บ่อเกลือ จ.น่าน และห้องปฏิบัติการทดลองวิจัยสาขาเคมีวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5.3 สถานที่ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารต่างๆ คือ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **น้ำหมักชีวภาพ** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลถึงเหลืองเข้ม ที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ (พืช ผัก ผลไม้ วัชพืช)

2. **น้ำหมักพืช** หมายถึง เครื่องดื่มที่ได้จากการนำส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช ชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิดเช่น ลูกยอ ลูกสมอไทย เหง้ากระชายดำ ผลมะขามป้อม ผลมะเมาะ ที่สดหรือแห้งและอยู่ในสภาพดีมาล้างให้สะอาดอาจหั่นหรือตัดแต่ง นำมาผ่านกรรมวิธีกระบวนการหมัก ผลิตเป็นน้ำหมักพืช ซึ่งน้ำหมักพืชแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

2.1 น้ำหมักพืชแท้ หมายถึง น้ำหมักพืชที่ไม่มีการเจือน้ำ และไม่ปรุงแต่งกลิ่นรส

2.2 น้ำหมักพืชปรุง หมายถึง น้ำหมักพืชที่ทำจากน้ำหมักพืชแท้ อาจมีการเจือจางด้วยน้ำปรุงแต่งกลิ่นรส

3. สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารออกซิแดนซ์ (Antioxidant) หรือสารที่สามารถเข้าจับกับอนุมูลอิสระแล้วยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลเป้าหมาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และ DNA

4. มพช. หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่ควบคุมเฉพาะน้ำหมักพืชแท้และน้ำหมักพืชปรุงพร้อมดื่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ คุณลักษณะที่ต้องการลักษณะโดยทั่วไป คือ

4.1 ต้องเป็นของเหลว อาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ อาจมีขึ้นเนื้อพืชปนอยู่ได้บ้างเล็กน้อย

4.2 สี กลิ่น และกลิ่นรส ต้องมีสี กลิ่น และกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

4.3 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

4.4 วัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี) หากมีการใช้วัตถุกันเสีย ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

4.5 เอทิลแอลกอฮอล์ ต้องไม่เกินร้อยละ 3 โดยปริมาตร

4.6 เมทิลแอลกอฮอล์ ต้องไม่เกิน 240 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.7 ความเป็นกรด –ด่าง ต้องไม่เกิน 4.3

4.8 จุลินทรีย์

4.8.1 ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 50 กรัม

4.8.2 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

4.8.3 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

4.8.4 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

4.8.5 ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

5. มอก. หมายถึง มาตรฐานอุตสาหกรรม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2543 ว่าด้วยเครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิทกำหนดให้มีแอลกอฮอล์ เกิดขึ้นจากธรรมชาติของส่วนประกอบและแอลกอฮอล์ ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต รวมกันได้ไม่เกิน ร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ถ้าจำเป็นต้องมีแอลกอฮอล์ ในปริมาณที่สูงกว่าที่กำหนดไว้ ต้องได้รับความ เห็นชอบ จากคณะกรรมการอาหารและยา และแอลกอฮอล์ที่ใช้ในกรรมวิธีการผลิต ต้องไม่ใช่เมทิลแอลกอฮอล์

6. การประเมินคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ หมายถึง การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพและการประเมินคุณภาพทางด้านเคมี

7. น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด หมายถึง ของเหลว สีน้ำตาลถึง เหลืองเข้ม เกิดจากกระบวนการหมักผลมะหลอดสุกร่วมกับน้ำตาล น้ำ และเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติเป็นเวลานาน 90 วัน ภาย หลังการแยกกากผลไม้ออกไปแล้วนำไปผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 15 นาทีและทำให้เย็นทันทีถึงอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

8. คุณลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ลักษณะสี กลิ่น และรส ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด

9. คุณสมบัติทางเคมี หมายถึง ปริมาณสารฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณกรด ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณจุลินทรีย์ ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ได้แก่

1. ข้อมูลพื้นฐาน
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ข้อมูลพื้นฐานมะหลอด

มะหลอดเป็นชื่อที่เรียกกันทั่วไปทางภาคเหนือ บางพื้นที่เรียก สลอดเถา ภาคใต้เรียก ส้มหลอดเป็นไม้ผลพื้นเมืองของไทย ที่พบมากทางภาคเหนือตามป่า ตามทุ่งนา หรือปลูกกันตามชนบท ลักษณะทั่วไป ของมะหลอดจัดได้ว่าเป็นไม้พุ่มแกมเถา ความสูงขึ้นอยู่กับความสูงของต้นไม้ที่อาศัยอยู่ ชอบขึ้นอยู่ตามเนินเขาทั่วไปในที่สูงระดับน้ำทะเล 200-1,600 เมตร ให้ผลผลิตเมื่อต้นมีอายุประมาณ 2-3 ปี โดยจะให้ผลผลิตปีละหนึ่งครั้ง ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม มีลักษณะดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของต้น และใบของต้นมะหลอด
ที่มา : ถ่ายที่อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน 25/5/2550

มะหลอดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeagnus latifolia* L. และถูกจัดเป็นพืชในวงศ์: ELAEAGNACEAE

ลักษณะลำต้น เป็นไม้พุ่มเถาลำต้นและกิ่งมีเกล็ดสีเงินหรือสีเทา ความสูงขึ้นอยู่กับความสูงของต้นไม้ที่อาศัยอยู่ ให้ผลผลิตเมื่อต้นอายุ 2-3 ปี โดยจะให้ผลผลิตปีละหนึ่งครั้งในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ถึงมีนาคม

ลักษณะใบ ใบมะหลอดเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับกัน มีลักษณะเป็นใบรีหรือใบหอกกลับ ด้านบนมีใบสีเขียวเข้ม ผิวเรียบ ด้านล่างใบมีสีน้ำตาลอ่อน มีเกล็ดเล็กๆ สีเงินติดอยู่ มีหลายขนาด ตั้งแต่เล็กจนใหญ่ ช่วงโคนใบมีลักษณะเป็นป้านมน ปลายใบมีลักษณะเป็นติ่งแหลม.

ลักษณะดอกของมะหลอด จัดเป็นดอกช่อ กลีบดอกมีสีเหลืองอ่อนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 4 กลีบ ดอกออกเป็นกระจุกตามง่ามใบ มีดอกย่อยหลายดอก มีทั้งดอกสมบูรณ์เพศ และดอกเพศผู้



ภาพประกอบ 2 ดอกมะหลอด

ที่มา : www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/2002/605.php

ลักษณะผลเป็นรูปรี ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร ผลสุกสีแดงหรือแดงออกส้ม ผลมีจุดสีขาวหรือสีเงิน ผลดิบมีสีเขียว ลักษณะเฉพาะของผลมะหลอด เมล็ดมีสีน้ำตาลเหลือง ลักษณะยาวรี หัวท้ายแหลม ตัวเมล็ดเป็นพู (ร่อง) เมล็ดหนึ่งมี 8 พู



ภาพประกอบ 3 ผลมะหลอด

ที่มา : ผลมะหลอด ถ่ายที่อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน 25/5/2550

ปกติแล้วประชาชนทั่วไปจะ นำผลสุกไปบริโภคสด และนำมาแปรรูปเป็นผลไม้ดอง ผลไม้แช่อิ่ม และที่นิยมในขณะนี้คือ นำมาแปรรูปเป็นไวน์มะหลอด

นอกจากนี้จากผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมะหลอด ยังมีข้อมูลด้านสรรพคุณทางสมุนไพรในส่วนต่างๆ ดังนี้

ลำต้น	ใช้แก้พิษ
เปลือกต้น	ใช้ขับเสมหะ
ใบ	บำรุงเนื้อหนังให้สมบูรณ์
ดอก	ใช้แก้ริดสีดวงจมูก แก้ปวดศีรษะ แก้โรคตา เป็นยาสมาน คุมธาตุ
ผล	ผลดิบเป็นยาฝาดสมาน ผลสุกเป็นยาระบายอ่อน ๆ แก้คลื่นเหียนอาเจียน
เมล็ด	เนื้อในเมล็ดผสมเหง้าสับปะรด 7 แว่น กับสารส้มขนาดหัวแม่มือ นำไปต้มดื่มแก้หัว และแก้ทางเดินปัสสาวะอักเสบ
ราก	ใช้ผสม แห่เหล่าที่ทำจากข้าวเหนียวดำ กินแก้ปวดกระดูก ปวด หัวเข่าเดินไม่ได้

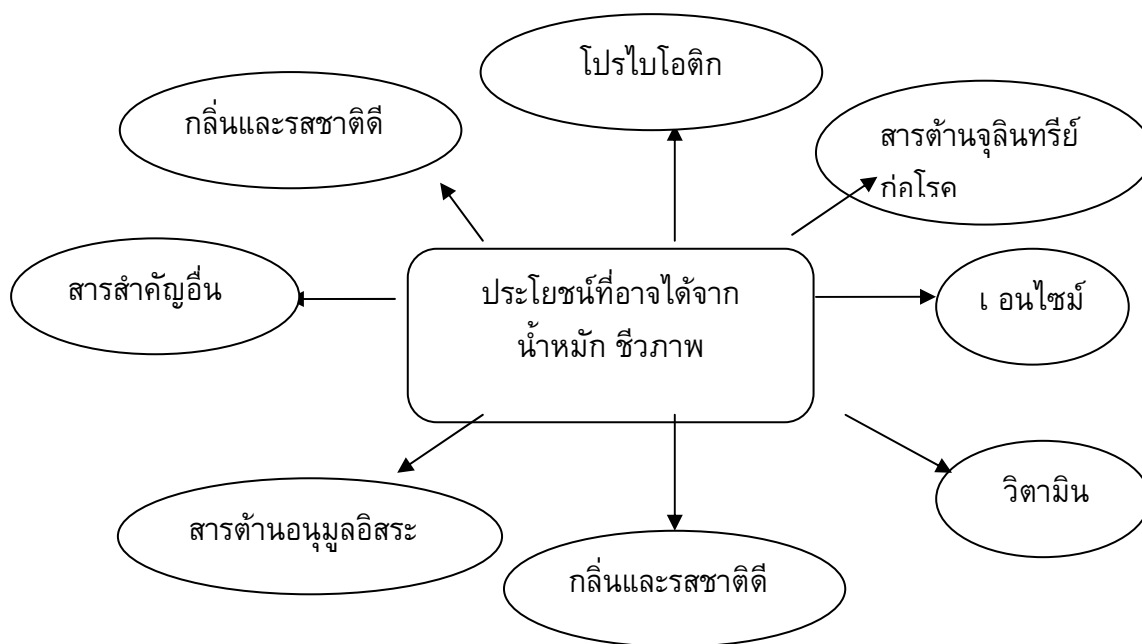
1.2 น้ำหมักชีวภาพ (fermented beverage)

น้ำหมักชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ เช่น พืช ผัก ผลไม้ วัชพืช โดยมีสภาวะที่เหมาะสมของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นถ้าพืช ผัก ผลไม้ใด ๆ ที่มีความหวานระดับหนึ่งจุลินทรีย์ก็จะสามารถเติบโตได้ ผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพเป็นเครื่องดื่มประเภทหนึ่งที่มีความนิยมนิยมมาก โดยมีการนำน้ำหมักชีวภาพมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยเชื่อว่า สามารถช่วยฟื้นฟูและส่งเสริมสุขภาพได้ ซึ่งมีการกล่าวอ้างสรรพคุณของน้ำหมักชีวภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ไชยวัฒน์ ไชยสูตร: 2547) ปัจจุบันจึงมีการผลิตน้ำหมักชีวภาพจำหน่ายมากมาย ทั้งที่นำมาใช้เป็นปุ๋ย แต่ถ้าใช้วัตถุดิบเช่น พืช ผัก ผลไม้สดที่มีคุณภาพดีจะผลิตเป็นน้ำหมักชีวภาพในการบริโภค โดยกรรมวิธีการทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อบริโภคจะใช้พืช ผัก ผลไม้ 3 ส่วน หมักรวมกับน้ำตาล 1 ส่วนและน้ำสะอาด 10 ส่วน หมักเป็นเวลานาน 3 เดือน น้ำหมักชีวภาพมีที่จำหน่ายทำจากวัตถุดิบ ที่เป็นพืช ผัก ผลไม้หลาย ชนิด เช่น ต้นหอม ผักกาดเขียวปลี กุยช่าย มะเดื่อ ลูกยอ พุทรา มะเฟือง สับปะรด มะขามป้อม ส้ม มะนาว มะกรูด บัวบก เซอร์รี่ สาระแหน่ ว่านหางจระเข้ กล้วยน้ำว่า พักทอง ถั่วเหลือง ตะไคร้ บอระเพ็ด กระชายดำ ลำไย ข้าวกล้อง เป็นต้น(ดวงพร คันทโชติ และคณะ: 2547) แต่ผลิตภัณฑ์ น้ำหมักชีวภาพที่ได้รับความนิยมสูงสุด โดยมีผลผลิตจำหน่ายแพร่หลาย คือ น้ำหมักชีวภาพจากผลลูกยอ ซึ่งเป็นน้ำหมักชีวภาพที่ได้รับความนิยมในต่างประเทศ เช่น แถบประเทศ อิตาลี ฮาวาย (กำพล ศรีวัฒนกุล: 2543) อย่างไรก็ตามน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในประเทศยังไม่ค่อยมีการควบคุมคุณภาพที่ชัดเจน ปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งนิยมตรวจหาค่าความเป็นกรด แอลกอฮอล์ ปริมาณจุลินทรีย์ คุณภาพทางเคมีที่ต้องระวังมากโดยเฉพาะ คือ การตรวจความเป็นกรด เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ เป็นการหมักพืชหรือการสกัดน้ำจากพืชด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดแลกติกเป็นส่วนประกอบหลัก จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องเช่น แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส เดลบริคคิ ซับส์บัลการิคัส (*Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*) แลคโตบาซิลลัส เคซิอี (*Lactobacillus acidophilus*) ไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium*) แลคโต

บาซิลลัส อะซิโดฟิลัส (*Lactobacillus acidophilus*) หรือจุลินทรีย์อื่นๆที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำหมักพืชทั้งนี้อาจใช้จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักบ่มที่มีชีวิตคงเหลืออยู่ (ไซยวัฒน์ ไชยสูตร: 2550)

น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากพืชที่เรียกว่าน้ำหมักพืชนั้น มีอยู่2ชนิด ได้แก่ น้ำหมักพืชแท้ หมายถึง น้ำหมักพืชที่ไม่มีการเจือน้ำ หรือปรุงแต่งกลิ่นรส และน้ำหมักพืชปรุงแต่ง หมายถึงน้ำหมักพืชทำจากน้ำหมักพืชแท้ อาจมีการเจือน้ำ ปรุงแต่งกลิ่นรส เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพ เป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหมัก ซึ่งจะให้กรดอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งถ้ามีปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนคุณภาพที่น่าสนใจที่ควรมีในน้ำหมักชีวภาพคือ การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งในน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิดมีแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดพืช ผัก หรือ ผลไม้ที่นำมาผลิตว่ามีคุณ ลักษณะอย่างไร สำหรับจากการสำรวจข้อมูลจากที่กล่าวข้างต้น พบว่า ยังไม่มีรายงานการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด ดังนั้นจึงยังไม่มีรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลมะพลอด

ประโยชน์ต่างๆของน้ำหมักชีวภาพนั้น เกิดจากส่วนประกอบหลัก คือ พืชที่นำมาใช้ในการหมัก และจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์เสริมสุขภาพ หรือที่รู้จักในนามของสารโพรไบโอติก(probiotic) ที่คัดเลือกมาเป็นต้นเชื้อ หรือหัวเชื้อในการหมัก ดังนั้นประโยชน์จากการบริโภคน้ำหมักชีวภาพจากพืช ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนภาพแสดงประโยชน์น้ำหมักชีวภาพ

ที่มา: ไซยวัฒน์ ไชยสูตร: 2550 น้ำหมักชีวภาพ เทคโนโลยีเพื่อความพอเพียงสู่นวัตกรรมเพื่อสุขภาพชุมชนที่ยั่งยืน. หน้า 13.

จากภาพประกอบ 4 จะเห็นว่า น้ำหมักชีวภาพมีประโยชน์มากมาย ซึ่งอาจได้จากการละลายออกมาจากพืชที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการหมัก หรือเกิดจากการสร้างโดยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก หรือแลกติกแอซิดแบคทีเรีย นอกจากนี้ตัวเชื้อจุลินทรีย์

ในน้ำหมัก อาจเป็นแบคทีเรีย หรือโปรไบโอติก ช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการดูดซึม และลดอาการที่เกี่ยวข้องกับโรคในระบบทางเดินอาหาร

1.3 อนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ เมื่อมีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่จึงทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียร จึงพยายามจับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงให้มีอิเล็กตรอนครบคู่เพื่อความเสถียร เมื่อโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงถูกดึงอิเล็กตรอนออกไปต้องไปจับเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงตัวอื่นต่อไปเป็น อย่างนี้ต่อเนื่องไปเป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยไม่มีที่สิ้นสุดเพื่อให้ตัวอะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียร และถ้าหากอิเล็กตรอน ที่ไม่มีคู่ 2 ตัวจับคู่กันพอดี จะเปลี่ยนเป็นมีโมเลกุลที่เสถียรเช่น hydrogen radical ($H^\bullet$) hydroxyl radical ($HO^\bullet$) superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) เป็นต้น (Halliwell. 1991: 569-605)

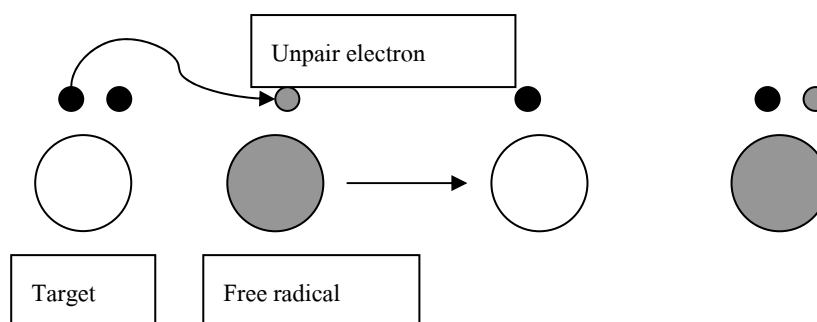
อนุมูลอิสระที่พบจริงและเกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า (พนิดา กุลประสูติติก : 2548) แต่เกิดได้ทั้งภายในและภายนอกในร่างกาย สามารถพบได้มากที่ ระบบเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ทำให้ เกิดอาการผิวแห้งเสียความยืดหยุ่น เกิดฝ้า ตกกระ หรืออาจมีอาการข้อเสื่อมได้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าไปทำลายที่ไขข้อกระดูก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า อนุมูลอิสระมีผลมากในทางทำให้เกิดสภาวะเสื่อม ทำให้ระดับเซลล์เสียหายได้หลายรูปแบบ เช่น อาจช่วยกระตุ้นให้สารก่อมะเร็งมีฤทธิ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ ตลอดจนอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของ ดี เอ็น เอ หรือ โครโมโซม อนุมูลอิสระสร้างความเสียหายต่อชีวโมเลกุลมาก โดยเฉพาะการออกซิไดซ์ไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ เป็นเหตุให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัวและความยืดหยุ่นน้อยลง อีกทั้งยังเข้าโจมตีทำให้เกิดการแตกหัก และโปรตีนรวมตัวเป็นก้อน ทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ ฮอโมนทำงานไม่ปกติ นอกจากนี้ถ้าอนุมูลอิสระเข้าจับกับ DNA ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) และการแบ่งเซลล์ผิดปกติ (Gladys. 1999: 47) เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคความจำเสื่อม โรคมะเร็ง ต้อกระจก และภาวะความเสื่อมชราของเซลล์ (aging) (Culter. 1991 : 375S-379S)

อนุมูลอิสระอาจถูกจำแนก เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. อนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide) เกิดขึ้นเมื่อ ไมโทคอนเดรียในเซลล์นำออกซิเจนออกมาใช้เป็นพลังงาน
2. อนุมูลอิสระไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรคชนิดหนึ่งจัดเป็น อนุมูลอิสระคุณสมบัติทางเคมีของไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ จัดว่ามีความไม่เสถียรเป็นอย่างมาก จึงปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ทำให้มีพิษรุนแรง

3. ซิงเกิลต ออกซิเจน (singlet oxygen) เป็นอนุมูลอิสระที่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรง หากร่างกายได้รับรังสีเอ็กซ์ รังสีอัลตราไวโอเลต ภายในร่างกายก็จะเกิด ซิงเกิลต ออกซิเจนจำนวนมากเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น มะเร็งผิวหนัง และเป็นอันตรายต่อผิวหนัง
4. อนุมูลอิสระตรอกซิล มีฤทธิ์ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันรุนแรง กล่าวคือ ถ้ามี อนุมูลอิสระตรอกซิล อยู่ในร่างกายเพียงชนิดเดียวก็ทำให้บุคคลคนนั้น มีโอกาสเสียชีวิตถึง 50 % เป็นอนุมูลอิสระที่ ทำใหร่างกายแก่เร็ว เกิดโรคมะเร็ง และโรคในผู้สูงอายุเป็นต้น

กลไกการทำงานของอนุมูลอิสระอาจอธิบายได้ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดง ปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระกับเป้าหมายเป้าหมาย

ร่างกายสิ่งมีชีวิตได้รับอนุมูลอิสระจากแหล่งสำคัญ 2 แหล่ง ดังนี้

1. แหล่งภายในร่างกาย มาจากปฏิกิริยาเคมีต่างๆหรือ ผลจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายเองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา(Maxwell. 1995) ได้แก่กระบวนการย่อยสลายอาหารโดยเอนไซม์ชนิดต่างๆ การกำจัดเชื้อแบคทีเรียโดยเซลล์เม็ดเลือดขาว และกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เป็นต้น
2. แหล่งภายนอกในร่างกาย มาจากการรับประทานอาหารที่มีสารพิษตกค้างประเภทยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช อาหารที่ใช้สารกันบูด สารแต่งสี แต่งกลิ่น สารเพิ่มความกรอบ การปรุงอาหารด้วยการทอดในน้ำมันเดือดๆ อาหารที่ปิ้งย่างจนเกรียมจัด อาหารที่รมควัน ตลอดจนการฉายรังสีหรือเคมีบำบัด การหายใจเอาควันพิษจากท่อไอเสียรถยนต์ หมอกควัน เขม่าจากโรงงาน และควันบุหรี่ เป็นต้น (Borek. 1997: 52-60)

1.4 สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือที่เรียกว่า สารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidants) จัดเป็นสารที่ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถแบ่งกลไกการยับยั้งของสารต้านอนุมูลอิสระได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. ทำการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (preventive antioxidant)
2. ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (scavenging antioxidant)
3. ทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง (chain breaking antioxidant)

(Strain; & Benzie. 1999: 95-105)

ในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่ปริมาณหนึ่ง ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิด ทั้งที่เป็นเอนไซม์ ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (Superoxide dismutase) (SOD) พบในเม็ดเลือดแดง เอนไซม์คะตะเลส (catalase) พบในไซโทซอลของเซลล์ (Michiels; et al. 1994 : 235-248) และสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น โคเอนไซม์คิว เทน (coenzyme Q₁₀) (Beyer.1992:390-403) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีปริมาณจำกัด เมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้น จะเกิดการขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นถ้ามนุษย์ไม่มีการบริโภคสารที่มีลักษณะช่วยในการต้านอนุมูลอิสระก็จะก่อให้เกิดความเสื่อมถอยของเซลล์ในร่างกาย และในที่สุดทั้งสุขภาพของร่างกายก็เสื่อมไปด้วย ดังนั้นมนุษย์เราจึงควรหาแหล่งอาหารหรือ สิ่งที่ช่วยเพิ่มเสริมให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เช่น

1. วิตามิน ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน (Sies; & Stahl. 1995 : 1315S-1321S)

2. กลีโธแร่ ได้แก่ ทองแดงและสังกะสี เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส และซีลีเนียมเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) (Michiels; et al. 1994 : 235-248)

3. สารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ ได้แก่ โคเอนไซม์เอนไซม์คิว เทน (Beyer.1992:390-403) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากเปลือกสน (Jayaprakasha; Singh; & Sakariah. 2001 : 285-290) กรดแอลฟา-ไลโปอิก (Scott; et al. 1994 : 119-133) และสารประกอบฟีนอลิก (Velioglu; et al. 1998 : 4113-4117) ซึ่งเป็นสารประกอบที่หาได้จากการเมทาบอลิซึม ในพืชทั่วไป ประกอบด้วยสารประกอบสำคัญได้แก่ โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanidins) อนุพันธ์ของกรดแกลลิก (gallic acids) และอนุพันธ์ของกรดเฮกซะไฮดรอกซีไดฟีนิก (hexahydroxydiphenic acid) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ ประกอบด้วย catechin, proanthocyanins, anthocyanidins, flavone, flavonols และ glycosides ของสารเหล่านี้ (Baskin; & Salem. 1997:56)

ในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมักจะมีสารประกอบหลักคือ สารฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และ แอนโทไซยานินซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้นและเปลือกของพืช กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติอย่างมากต่อระบบที่สำคัญต่าง ๆ ในร่างกาย ได้แก่ ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบกลุ่มเซลล์ประสาทที่ทำงานเฉพาะในสมอง การต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ และการชะลอความชรา รวมทั้งกระบวนการต่าง ๆ ที่โดดเด่นในการปกป้องชีวิต

ระบบต่าง ๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสุขภาพร่างกายของเรา ตัวอย่างเช่น โรคหัวใจที่เกิดจากการอุดตันของเส้นเลือดที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน ซึ่งบางทีอาจจะเกิดจากการสะสมสารต่าง ๆ ที่บริเวณหลอดเลือดทำให้ผนังหลอดเลือดถูกทำลาย ในกรณีโรคอื่น ๆ เช่น โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างแน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อใด ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเซลล์ประสาทในผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์

1.5 ข้อมูลพื้นฐานจุลินทรีย์

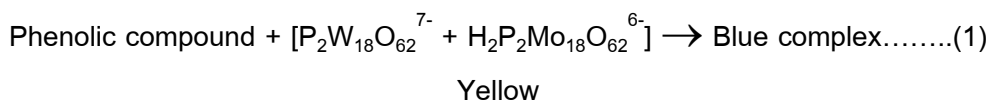
จุลินทรีย์จัดว่ามีบทบาทมากในชีวิตมนุษย์ตลอดจนสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ทั้งในการก่อให้เกิดประโยชน์ หรือ ก่อให้เกิดโทษ สำหรับในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิดมีผลจากที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ ซึ่งมนุษย์เราได้ใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานานแล้ว อาหารที่เกิดจากการหมักของจุลินทรีย์ที่เป็นที่รู้จักในนามของ อาหารหมัก (fermented food) เช่น ผลิตภัณฑ์จากผักดอง กะหล่ำปลีดอง แดงกวาดอง ผลิตภัณฑ์นมหมัก (fermented milk) ล้วนเป็นผลเกิดจากการกระทำของแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก เป็นส่วนใหญ่ แบคทีเรียเหล่านี้อาจมีอยู่ตามธรรมชาติบนอาหาร หรือเราตั้งใจใส่เชื้อนั้นลงในอาหาร ในการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เบียร์ ไวน์ ไชเดอร์ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ไชเดอร์ทำจากแอปเปิล ไวน์ทำจากองุ่น เบียร์ทำจากข้าวบาเลย์ จุลินทรีย์ที่ใช้คือ ยีสต์ ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลในพืชหรือผลไม้ให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงกับสารอื่นๆ ทำให้ได้รสชาติดี เครื่องดื่มแอลกอฮอล์แต่ละชนิดมีรสชาติต่างกัน เนื่องจากใช้วัตถุดิบ วิธีการและสายพันธุ์ยีสต์ที่ต่างกัน ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพในการศึกษาค้นคว้านี้จะทำการศึกษากระบวนการผลิตที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่มีมาจากธรรมชาติ ซึ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบผลไม้ หรือ ตัวผลมะหลอด และอาจจะปนเปื้อนมากับส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ น้ำตาล น้ำอ้อย รวมทั้ง มาจากกระบวนการหมัก กรรมวิธีการหมักอาจปนเปื้อนจากสภาวะสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น เชื้อจุลินทรีย์ ในสกุลแอสเพอร์จิลลัส ซึ่งพบในธรรมชาติ ฝุ่นละอองในอากาศ ตามผักผลไม้ ลักษณะรูปร่างเป็นไมซีเลียมที่แตกแขนง ๆ และมีผนังกัน แต่ละส่วนที่กันแล้วมีนิวเคลียสหลายอัน โคนิดิโอฟอร์เกิดจากฟุตเซลล์ (foot cell) โคนิดิโอฟอร์อาจมีผนังกันหรือไม่ก็ได้ ที่ส่วนของปลายของโคนิดิโอฟอร์จะโป่งออกเป็นเวสซิเคิล (Vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา (sterigma) ซึ่งอาจมีชั้นเดียว หรือสองชั้นก็ได้ โคนิดิเยจะถูกสร้างชั้นภายในสเตอริกมา โคนิดิเยที่สร้างขึ้นภายหลังจะดัน โคนิดิเยอันแรก ๆ ออกมาและยังติดต่อกันอยู่จึงเกิดเป็นสายของโคนิดิเย โคนิดิเยมีสีต่างๆ กัน และเป็นลักษณะเฉพาะของเชื้อแต่ละชนิดส่วนใหญ่ มีสีดำ น้ำตาล เขียว ในโลกนี้พบว่ามีเชื้อสกุลแอสเพอร์จิลลัส ประมาณ 600 สายพันธุ์ (นงลักษณ์ สุวรรณพิณิจ. 2541) เชื้อราสกุลนี้มีทั้งชนิดที่ให้โทษและให้ประโยชน์จึงมีความสำคัญต่ออาหารหลายด้าน การใช้ประโยชน์จากราสกุลนี้ คือ ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น *A. oryzae* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการหมักอาหารพื้นเมืองพวกถั่วเหลือง ในเชื้อราและแบคทีเรียหลายชนิดยังสามารถสังเคราะห์เอนไซม์และขับออกจากเซลล์มาอยู่ในอาหาร เช่น เอนไซม์อะไมเลส (Amylase) ได้จาก *Rhizopus delemar*, *Mucor*

rouxii, *Aspergillus oryzae* ใช้อย่างแบ่งให้เป็นเดกซ์ทรินและน้ำตาล จึงใช้เอนไซม์นี้ในการเปลี่ยนแบ่งให้เป็นน้ำตาล เพื่อการผลิตแอลกอฮอล์ ใช้ในการทำไวน์ เบียร์ และน้ำผลไม้ใสขึ้น ดังนั้นในผลมะหลอดอาจจะมีจุลินทรีย์ที่ช่วยให้เกิดการหมักปนเปื้อนมาจากธรรมชาติแล้ว โดยทั่วไปถ้ามีการผลิตน้ำหมักชีวภาพในระดับอุตสาหกรรมจะนิยมใช้หัวเชื้อจาก *Lactobacillus* sp จะทำให้เกิดกระบวนการหมักอย่างรวดเร็วและได้ผลการหมักที่ดี จากการที่การผลิตน้ำหมักชีวภาพเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงพบว่าจุลินทรีย์ที่มีรายงานการตรวจพบจะเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก แต่อย่างไรก็ตามมีการตรวจพบกรดอะซิติก กรดทาร์ทาริก กรดซิตริก ด้วยค่าความเป็นกรดในน้ำหมักชีวภาพส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือกำจัดจุลินทรีย์อื่นอีกหลายชนิด โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคจะไม่สามารถเติบโตได้ที่ค่า pH น้อยกว่า 4.00

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

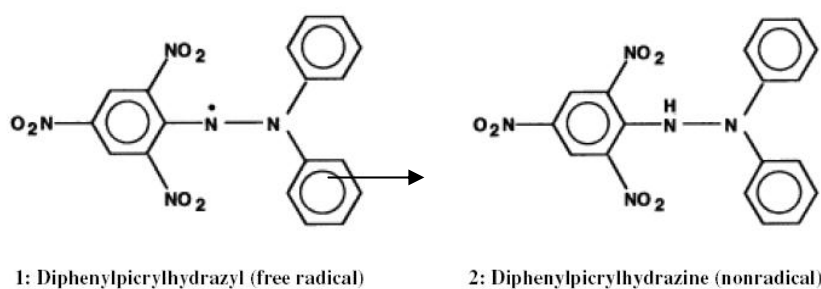
ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกรวม โดยทั่วไปพบว่าสารประกอบ ฟีนอลิกที่สำคัญคือ ฟลาโวนอยด์ ประกอบด้วย แคทีชิน(catechin) โปรแอนโทไซยานิน (proanthocyanins) แอนโทไซยานิดินส์ (anthocyanidins) ฟลาโวน (flavone) และ ไกลโคไซด์ (glycosides) (Baskin; & Salem. 1997:56)

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทำได้ใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับ รีเอเจนต์ Folin-Ciocalteu และ Na_2CO_3 (Singleton; Orthofer; & Lamuela-Raventos. 1999 : 152-178) โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำปฏิกิริยาดังสมการ (1)



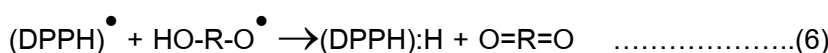
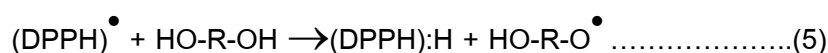
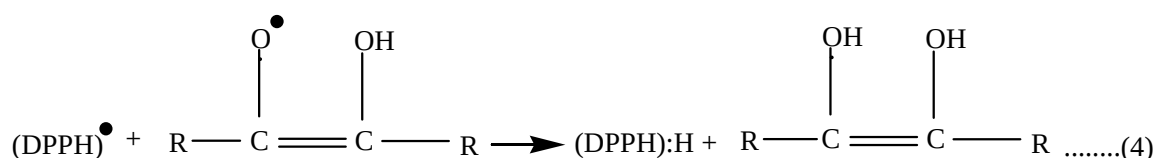
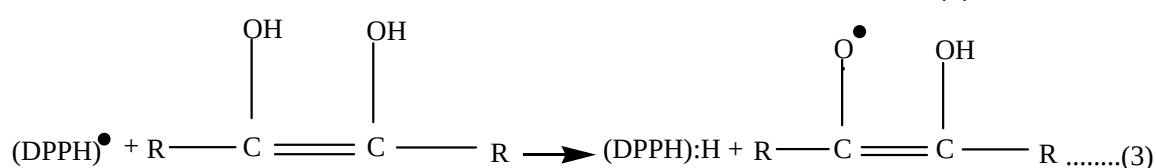
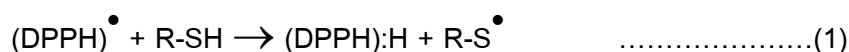
ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกนี้จะวัดค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสารเชิงซ้อนมีสีฟ้า วัดที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกซึ่งเป็นสารมาตรฐานของสารประกอบฟีนอลิก

การตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียร (stable free radical) และสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวหมดความเป็นอนุมูลอิสระ มีโครงสร้างเปลี่ยนไปดังแสดงในภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ

ดังนั้นความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะเกิดกลไกการยับยั้งแบบ scavenging activity การทดลองนี้จะศึกษาโดยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี โดยในการทดสอบนี้จะให้ สารละลาย DPPH ซึ่งมีสีม่วงเข้ม ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระในระยะเวลาที่กำหนด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีม่วงมีสีเข้มลดลง เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่วัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงที่ลดลงนี้จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ ดังนั้นการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการ (1)-(5) (Blois. 1958 : 1199-1200)



สำหรับในการตรวจสอบคุณสมบัติสำคัญของน้ำหมักชีวภาพ คือ การตรวจวัดปริมาณค่าความเป็นกรด และ ปริมาณแอลกอฮอล์ ซึ่งในการทดลองนี้จะได้ทำการศึกษาหาปริมาณกรด

อินทรีย์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงและวิเคราะห์หาปริมาณเอทิลหรือเมทิลแอลกอฮอล์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ตามวิธีการที่กำหนดใน มอก.

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยสารต้านอนุมูลอิสระในมะพลอดยังไม่ปรากฏรายงาน แต่มีรายงานด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารต้านอนุมูลอิสระในพืชต่างๆมีหลายรายงานมากมาย แต่จะขอนำมากล่าวพอสังเขปดังนี้

ปิยะนันท์ เส็งประชา (2547) ศึกษาวิจัยหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดผักปลัง โดยใช้น้ำและเมทานอล เป็นตัวทำละลาย ผลจากการทดลองหาปริมาตรสารสกัดแห้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และศึกษาการยับยั้ง อนุมูลอิสระ DPPH พบว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของผักปลังที่สกัดด้วยเมทานอลได้ปริมาณสารสกัดแห้ง และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ รวมทั้งการมีสมบัติการยับยั้ง DPPH ได้สูงกว่าสารสกัดจากส่วนต่างๆของผักปลังที่สกัดด้วยน้ำ

ไชยวัฒน์ ไชยสุต; และคณะ (2547) ศึกษาวิจัยประเมินฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ของน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 28 ตัวอย่างจาก 24 แหล่งผลิตในเขต 8 จังหวัดพบว่าน้ำหมักชีวภาพมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน โดยวัดเป็นค่าปริมาณวิตามิน ซี วิตามินอี ใน น้ำหมักชีวภาพ ผลจากการศึกษาวิจัยสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ตามฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันน้อย ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของลูกยอเป็นหลัก กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันปานกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพสูตรผสมมีส่วนผสมของพืชหลายชนิดด้วยกันเช่น กระชายดำ ลูกยอ มะขามป้อม ผลไม้ต่างๆ กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง เป็นผลิตภัณฑ์ที่น้ำหมักชีวภาพที่มีส่วนผสมของ มะขามป้อม สมอไทย สมอพิเภก และสมอเทศ เป็นส่วนผสมหลัก น้ำหมักชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้ กระบวนการผลิต และสภาพการรักษาที่แตกต่างกัน จึงทำให้น้ำหมักชีวภาพ มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันต่างกัน

ธวัชชัย และคณะ (2547) การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคและผลที่ได้จากการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ผลจากการวิจัย ความพอใจและประโยชน์จากการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.1) มีความพึงพอใจ ต่อสรรพคุณของเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพในระดับมากถึงมากที่สุด และร้อยละ (61.7) มีความพอใจต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ ในระดับถึงมากที่สุด ส่วนในเรื่องกลิ่นและสีน้ำบริโภค ราคา และรูปลักษณะของภาชนะบรรจุ มีความพึงพอใจระดับปานกลางถึงมาก ร้อยละ 64.7 ร้อยละ 59.1 และร้อยละ 62.2 ส่วนความรู้สึกเมื่อบริโภคเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ ส่วนใหญ่มีความรู้สึกน้อยที่สุดในเชิงลบต่ออาการข้างเคียงต่างๆ ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ผู้บริโภค ร้อยละ 88.1 ยังมีความเห็นว่าการดื่มเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพมีผลต่อการช่วยประหยัด

ค่าใช้จ่าย และช่วยลดความถี่ในการไปพบแพทย์ (ร้อยละ 33.2) ประหยัดรายจ่ายในการซื้อยาและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพอื่นๆ (ร้อยละ 28.5)

สำรวจ นางทะราช (คณะเทคโนโลยี 2547) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานโดย *Saccharomyces cerevisiae* ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบกะ และแบบกึ่งต่อเนื่อง จากการเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048 โดยใช้ข้าวฟ่างหวานความเข้มข้น 16 องศาบริกซ์ เป็นแหล่งคาร์บอนภายใต้สภาวะนิ่งและจำนวนเซลล์ยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำข้าวฟ่างหวาน(พันธุ์คัสเลอร์) พบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโทส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยประมาณคือ 88.93, 68.13 , 56.23 และ 160 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่า pH ประมาณ 4.96 ค่าความหวานเฉลี่ย 16.01 องศาบริกซ์ พบว่ายีสต์สามารถเจริญได้ดีในอาหารสูตรผลิตเอทานอลโดยมีอัตราการเจริญจำเพาะในสภาวะนิ่งเป็น 74 % ของอาหารเหลวสูตร YM โดยให้ความเข้มข้นเอทานอลและอัตราการผลิตสูงสุด 68.11 กรัมต่อลิตร และ 3.07 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลระหว่างการหมักแบบกะและแบบกึ่งต่อเนื่องในระดับขวดเขย่าโดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นสามระดับ คือ 18 ,21 และ 24 องศาบริกซ์ และใช้ปริมาณเซลล์เริ่มต้นเท่ากันคือ 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่าที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 24 องศาบริกซ์ ให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้สูงสุด คือ 96.53 กรัมต่อลิตร 2.53 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.44 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ และในการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องพบว่าการใช้ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 18 องศาบริกซ์ สัดส่วนการเติมน้ำหมัก $\frac{1}{4}$ ของปริมาตรน้ำหมัก จะให้ความเข้มข้นเอทานอล 72 กรัมต่อลิตร อัตราผลผลิตและผลได้สูงสุดคือ 2.21กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.53 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมทั้งสองสภาวะมาทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 5 ลิตร ปริมาตรน้ำหมัก 3.5 ลิตร พบว่าการหมักแบบกะให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้ เท่ากับ 110.22 กรัมต่อลิตร 1.81 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.44 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 60 ชั่วโมงจึงสามารถเก็บผลผลิตได้ การหมักแบบกึ่งต่อเนื่องให้ความเข้มข้นเอทานอล อัตราผลผลิต และผลได้ เท่ากับ 84.93 กรัมต่อลิตร 2.66 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และ 0.46 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ใช้ ตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการเก็บผลผลิตครั้งแรกคือ 26 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลโดยวิธีการหมักทั้งสองแบบพบว่าการหมักแบบกึ่งต่อเนื่องให้อัตราผลผลิตและผลได้สูงกว่าการหมักแบบกะ และใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตสั้นกว่า

ไซลินสกี และ โคสโลสกา (Zielinsky; & Koslowska, 2000 : 2008-2016) ศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในธัญพืช โดยทำการสกัดธัญพืช ได้แก่ wheat, barley, rye, oat และ buckwheat ด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ อะซิโตน 80% เอทานอล 80% เมทานอล 80% และน้ำ 100% พบว่าสารสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก buckwheat มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ แต่สารสกัดสกัดด้วยน้ำที่ได้จาก wheat, barley, rye และ oat มีมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูล

อิสระที่ความสามารถที่ทำการวิเคราะห์ ส่วนสารสกัดด้วย 80% เมทานอลที่ได้จากธัญพืชต่างๆ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ตามลำดับคือ buckwheat > barley > oat > wheat $\cong$ rye

นอกจากนี้ยังพบค่าสหสัมพันธ์สัมพัทธ์ (correlation coefficient) ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของเมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวทั้งเมล็ด ข้าวเปลือกข้าว และเอนโดสเปิร์มกับเอมบริโอเป็น 0.96 0.99 0.80 และ 0.99 ตามลำดับ

ชิดัมบารา และคณะ (Chidambara; et al : 2002) ซึ่งทำการสกัดกากองุ่นด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ เมทานอล และน้ำ พบว่า เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด

แวนเดอร์สลุย และคณะ (Van Derstuij; et al . 2002) ได้ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกในน้ำแอปเปิ้ล ที่เกิดจากการคั้นน้ำ Applel ด้วยปริมาณต่างๆ พบว่า วิธีการคั้นน้ำแอปเปิ้ล มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิก โดยน้ำคั้นเดิมจะมี Antioxydant ประมาณ 10 % แต่ถ้าผ่านความดันกรองกากบางส่วน จะทำให้ Antioxydant เพิ่ม 3 % ถ้าผลแอปเปิ้ลเป็นสด สารประกอบที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมา จะอยู่ในกากแอปเปิ้ล แต่ถ้าคั้นเป็นน้ำแล้ว จะมีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นปริมาณ 45 %

แดโอ คิม และ คณะ (2003) ได้ทำการศึกษา ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากลูกพลัม ที่เพาะปลูกในที่ต่างๆกัน 6 แห่ง โดยวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวม ตั้งแต่ 174-375 มิลลิกรัม / 100 กรัม กรดแกลลิก ปริมาณประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หาในเทอมวิตามิน ซี พบว่ามีมาก 266-559 มิลลิกรัม / 100 กรัม โดยรวมพบว่า ในลูกพลัมมี ปริมาณการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระรวม แตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูก

มาเรีย และคณะ(Maria; et al. 2004) ได้ทำการศึกษาปริมาณ Phenolic ประเภท Flavanoid ในผลไม้ที่มีสีแดง 9 ชนิด โดยใช้เทคนิค HPLC diode array detec -MS - MS. Stibenoid, flavon - 3-ch chokebeny, elderbeny พบว่า elderbeny มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด

ยุนเฟ่งลี่ และ คณะ (Yunfengli; et al. 2006) ได้ทำการศึกษาน้ำทับทิม มีความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันโรค atherosclerosis โดยศึกษาในส่วนที่เป็น เปลือก ใบ เมล็ด หา Pomegnnet 28 ชนิด โดยการให้ FRAP (fening reducing antioxidant power) วัดปริมาณฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ (flavonors) กรด ascorbic พบว่า มีสารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ มีมากในเปลือกมากกว่าในเมล็ด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
2. การทดลองเตรียมน้ำหมักชีวภาพ และศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะ
หลอด โดยมีขั้นตอนย่อย ดังนี้
 - 2.1 ศึกษาวิธีเตรียมน้ำหมักชีวภาพ
 - 2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม
สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณกรด ปริมาณแอลกอฮอล์ จุลินทรีย์รวม ของน้ำหมักชีวภาพก่อนการ
พาสเจอร์ไรส์ และหลังการพาสเจอร์ไรส์ ในระยะเวลาต่างๆ
3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รส

1. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ตัวอย่างพืชที่นำมาวิจัย

ผลมะหลอดสุก

1.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

1. สารเคมีและเครื่องใช้
 - Sodium carbonate (Na_2CO_3) ของบริษัท Fluka เกรด AR
 - Gallic acid ของบริษัท Fluka เกรด AR
 - Folin – Ciocalteu reagent บริษัท Fluka เกรด AR
 - diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) บริษัท Fluka เกรด AR
 - ditertiary-butyl-4-methyl phenol (BHT) บริษัท Fluka เกรด AR
 - UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2401PC)
 - เครื่องปั่นละเอียด (Moulinex)
 - เครื่อง vortex mix (Vortex-Gehies1)
 - เครื่องวัดค่า pH METTLER TOLEDO รุ่น MP 220
 - เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 205 A
 - เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-Performance Liquid Chromatography,HPLC) ของบริษัท Aglient รุ่น HP 1100
 - เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี(Gas chromatography) ของบริษัท Hewlett packard

2. การทดลองเตรียมน้ำหมักชีวภาพ และศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจาก ผลมะพลอด

2. ศึกษาการเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด การเตรียมน้ำหมักจากผลมะพลอดสุก จะนำผลมะพลอดสุกมาล้างทำความสะอาดและแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งจะนำไปซังน้ำหนักและนำไปผสมกับน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลอ้อย ส่วนที่สองนำไปลวกก่อนซังน้ำหนักและนำไปผสมกับน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลอ้อย ตามสูตรต่างๆ ดังนี้

สูตร 1 ผลมะพลอด น้ำตาล ทรายแดง: น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10

สูตร 2 ผลมะพลอด น้ำตาลอ้อย: น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10

สูตร 3 ผลมะพลอดที่ผ่านการลวก น้ำตาลทรายแดง: น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10

สูตร 4 ผลมะพลอดที่ผ่านการลวก น้ำตาลอ้อย: น้ำสะอาด อัตราส่วน 3:1:10

นำส่วนผสมแต่ละสูตรไปบรรจุในขวดโหลแก้ว ปิดด้วยผ้าขาวบางและเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 90 วัน ในระหว่างกระบวนการหมักจะเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน นำไปวิเคราะห์ตรวจสอบ เมื่อครบกำหนด 90 วัน นำน้ำหมักชีวภาพไปพาสเจอร์ไรส์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นำน้ำหมักชีวภาพ ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ไปเก็บไว้ที่ 2 สภาวะต่างกัน คือ เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง อีกส่วนหนึ่งเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์ที่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน เพื่อทำการตรวจสอบ

2.2 ศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมี วัดค่าความเป็นกรด-เบส การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรด ปริมาณจุลินทรีย์รวม ของน้ำหมักชีวภาพก่อนการพาสเจอร์ไรส์ และหลังการพาสเจอร์ไรส์ ระยะเวลาต่างๆ

ศึกษาวิเคราะห์สารประกอบระหว่างกระบวนการหมักในช่วงระยะต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพระหว่างการหมักเป็นระยะต่างๆ ดังนี้คือ 0 30 60 และ 90 วันตามลำดับ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก ตามระยะเวลาที่กำหนด วัดค่าความเป็นกรด - เบส และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก หาความสามารถการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ หาปริมาณแอลกอฮอล์ ปริมาณกรดอินทรีย์รวม และปริมาณจุลินทรีย์รวม

2.2.1 การวัดค่าความเป็นกรด – เบส ในระหว่างกระบวนการหมัก

1) วัดค่าความเป็นกรด – เบส เมื่อเริ่มกระบวนการหมัก วัดค่าความเป็นกรด - เบส ระยะเวลาการหมักช่วงระยะเวลาต่างๆ เมื่อหมักครบครบ 90 วัน นำน้ำหมักชีวภาพมาพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 100 °C ใช้เวลานาน 15 นาที ทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 10 °C นำน้ำหมักชีวภาพที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เก็บไว้ในสภาวะที่อุณหภูมิห้อง และที่สภาวะอุณหภูมิ 4 °C วัดค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส

2.2.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด

(ดัดแปลงจากวิธีของซีแดมบาราและคณะ: 2002)

- 1) ชั่ง gallic acid 0.0100 g ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL
- 2) ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL ปริมาตร 7.50, 10.00, 12.50, 15.00 และ 17.50 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สาร gallic acid ที่มีความเข้มข้น 30, 40, 50, 60, และ 70 µg/mL ตามลำดับ
- 3) ชั่งน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดทั้ง 2 ชุด ชุดละ 0.025 g ในแต่ละส่วนใส่ลงไปในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายของสารสกัดที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL
- 4) ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 0.4 mL ลงในหลอดทดลองเติม 10 % Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% Sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
- 5) ปิเปตสารละลายของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด ที่มีความเข้มข้น 500 µg/mL ปริมาตร 0.4 mL ลงในหลอดทดลอง เติม 10 % Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 mL เขย่า ให้เข้ากัน ตั้งพักไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% Sodium carbonate ปริมาตร 1.6 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
- 6) นำสารที่ได้ มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid ที่ช่วงความเข้มข้น 0 -70 mg/mL
- 7) หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากน้ำหมักชีวภาพเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid เป็น gallic acid equivalents (GAE)

2.2.3 การวัดสมบัติในการยับยั้งอนุมูล DPPH (ดัดแปลงจากวิธีของลีและคณะ; 2002)

- 1) ชั่ง BHT 0.0100 g ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 µg/mL

- 2) ปิเปตสารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 100 mg/mL ปริมาณ 1.25, 2.50, 3.75, 5.00 และ 6.25 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 mL ปริมาตรด้วย absolute ethanol จะได้สารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, และ 25 mg/mL ตามลำดับ
- 3) ปิเปตสารละลาย BHT ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 500 μ L ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 μ L ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วย เครื่อง Vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm
- 4) ปิเปตสารละลายของสารสกัดจากน้ำหมักชีวภาพจากผลมะลอบด ที่มีความเข้มข้นต่างๆ ความเข้มข้นละ 500 μ L ลงในหลอดทดลอง เติม 0.1 mM DPPH ปริมาตร 500 μ L ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่า การดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 nm
- 5) คำนวณหา % inhibition จากสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{control OD} - \text{sample OD}}{\text{control OD}} \times 100$$

ค่า control OD คือค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน

ค่า sample OD คือค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

2.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

1) การเตรียมสถานะเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี

เตรียมเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟีโดยปรับสภาพของเครื่อง ดังนี้

อุณหภูมิบริเวณที่เตรียมสารตัวอย่าง 200 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิคอลัมน์ 170 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิตัวตรวจวัดชนิด FID 200 องศาเซลเซียส

แก๊สตัวพาชนิดไนโตรเจน(N_2) อัตราการไหล 30 ลบ.ซม.ต่อนาที

เปิดเครื่องก่อนทำการวิเคราะห์ประมาณ 1 ชั่วโมง

คอลัมน์ที่ใช้คือ Porapack type Q เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1/3 นิ้ว ยาว 6 ฟุต

2) การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอล โดยใช้โพรพานอล 3 ลบ.ซม.แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 ลบ.ซม.

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 4000 มิลลิกรัม ใน 100 ลบ.ซม.(Stock standard 4000 mg %) โดยปิเปตเอทานอล 4 ลบ.ซม.ลงในขวดเชิงปริมาตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอลจนครบ 100 ลบ.ซม.

3. การเตรียมสารละลายมาตรฐานเอทิลแอลกอฮอล์ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานในข้อ 2 จำนวน 0, 0.6, 1.3, 1.9, 2.5 และ 3.2 ลบ.ซม. แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอลจนครบ 100 ลบ.ซม. จะได้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอทิลแอลกอฮอล์เป็น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมใน 100 ลบ.ซม. ตามลำดับ

4. เตรียมสารละลายมาตรฐานเมทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 4000 มิลลิกรัม ใน 100 ลบ.ซม.(Stock standard 4000 mg%) โดยปิเปตเมทานอล 4 ลบ.ซม.ลงในขวดเชิงปริมาตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอลจนครบ 100 ลบ.ซม.

5. การเตรียมสารละลายมาตรฐานเมทิลแอลกอฮอล์ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานในข้อ 4 จำนวน 0, 0.6, 1.3, 1.9, 2.5 และ 3.2 ลบ.ซม. แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอลจนครบ 100 ลบ.ซม. จะได้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมใน 100 ลบ.ซม. ตามลำดับ

6. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง นำตัวอย่างน้ำหมักมะหลอดมาเจือจางด้วยสารละลายอินเทอร์นอลให้อยู่ในช่วงความเข้มข้น 0 -100 มิลลิกรัมใน 100 ลบ.ซม. โดยปิเปตน้ำหมักมะหลอดมา 0.2 ลบ.ซม. แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายมาตรฐานอินเทอร์นอลจนครบ 10 ลบ.ซม.

3) การทดลอง

นำสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ครั้งละ 3 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง โดยฉีดสารที่มีความเข้มข้นต่ำไปหาความเข้มข้นสูง ล้างเข็มฉีดสารตัวอย่างไมโครไซริงค์ ด้วยน้ำกลั่นทุกครั้ง

1. ฉีดน้ำกลั่นจำนวน 3 ไมโครลิตร เข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีเพื่อตรวจสอบจากโครมาโทแกรม

2. ฉีดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้วเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี 3 ไมโครลิตร จำนวน 3 ครั้ง

3. ปิดแก๊สไฮโดรเจนและอากาศ

4. ทำการลดอุณหภูมิของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ปิดเครื่องและแก๊สตัวพาตามลำดับ

5. ล้างเข็มฉีดสารตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น อะซิโตน เฮกเซน ตามลำดับ

2.2.5. การวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์

นำตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด มาวิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ ทำการวัดโดยใช้ น้ำหมัก ที่กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมครอน มาวิเคราะห์กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการผลิตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมัก คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดอะซิติก โดยฉีดผ่านเข้า คอลัมน์ Aminex HPX-87 H (BioRad, Hercules, Calif, USA) ที่ต่อ กับเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลว สมรรถนะสูง ใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์เป็น สารละลายโมบิลเฟส กรดอินทรีย์จะถูกวัดด้วย โฟโตไดโอดอะเรย์ ที่ ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร

2.2.6. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ

1. การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย โดยการชั่ง Agar 15 กรัม ผสมกับ Nutrient 8 กรัม แล้วนำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร นำสารละลายอาหารที่ได้ไปผ่านการฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

2. การเตรียมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ โดยการชั่ง Potato Dextrose Agar 39 กรัม แล้ว นำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร นำสารละลายอาหารที่ได้ไปผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

3. วิเคราะห์การวัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในตัวอย่างโดยนับจำนวนเซลล์สิ่งมีชีวิต ซึ่งใช้วิธีการเทเพลท (pour plate) ทำการทดลองดังนี้

3.1 ปิเปิดน้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองจำนวน 6 หลอด แล้วนำน้ำกลั่นดังกล่าว ไปผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที

3.2 ทำการเจือจางตัวอย่างสิบเท่า ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดที่ 1 ผสมกับตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จะได้เป็นระดับความเจือจางที่ 10^{-1} จากนั้นปิเปิดสารละลายจากหลอดที่ 1 ใส่หลอดที่ 2 ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ปริมาตร 9 มิลลิลิตร จะได้เป็นระดับความเจือจางที่ 10^{-2} ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ระดับความเจือจางเป็น 10^{-4} และ 10^{-5} สำหรับวิเคราะห์ราและยีสต์ในตัวอย่าง และระดับความเจือจางเป็น 10^{-5} และ 10^{-6} สำหรับวิเคราะห์แบคทีเรียในตัวอย่าง

3.3 ปิเปิดสารละลายตัวอย่างที่มีระดับความเจือจางเป็น 10^{-4} 10^{-5} และ 10^{-6} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ

3.4 เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่หลอมเหลวมีอุณหภูมิประมาณ 45 °C ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์ราและยีสต์ให้เติมยาเพนนิซิลลิน 0.1 mg ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยจากนั้นหมุนจานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อจนทั่วจาน

3.5 นำจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนับจำนวน แบคทีเรีย ราและยีสต์เป็น colony forming unit, CFU/mL แล้วบันทึกผล

3. การประเมินคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้ทำการหมักผลมะหลอด ผสมกับน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำอ้อย และน้ำสะอาด แบ่งเป็น 4 สูตร ช่วงระยะเวลากระบวนการหมัก 0-90 วัน เมื่อครบ 90 วัน ทำการพาสเจอร์ไรส์ แล้วเก็บไว้ในสภาวะที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 °C ประเมินคุณลักษณะทางกายภาพทางด้านสี กลิ่น และรสชาติในแต่ละสูตร ว่ามีคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างไร และประเมินคุณลักษณะด้านความพึงพอใจในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด โดยการใช้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 20 คน เพศชาย 10 คน เพศหญิง 10 คน อายุระหว่าง 25-55 ปี ทดลองสุ่มตัวอย่าง เพื่อทราบความพึงพอใจในกลิ่น และรสชาติของน้ำหมักชีวภาพโดยคิดเป็นร้อยละในความพึงพอใจ ดูความแตกต่างแต่ละสูตร และนำน้ำหมักชีวภาพจากลูกยอ ของบ้านอโรคาที่วางขายตามท้องตลาด มาเปรียบเทียบกับวัดความพึงพอใจ กับน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดดูความแตกต่าง

ด้านสี คุณลักษณะสีของน้ำหมักชีวภาพในแต่ละสูตร ความเข้มของสี บอกลักษณะของสีที่เกิดจากการหมัก

ด้านกลิ่น ทดสอบกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพในแต่ละสูตรว่า มีกลิ่นแตกต่างกันอย่างไร

ด้านรสชาติ ทดสอบรสชาติของน้ำหมักชีวภาพ ในแต่ละสูตรมีรสชาติอย่างไร ความแตกต่างของรสชาติในสูตรต่างๆ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

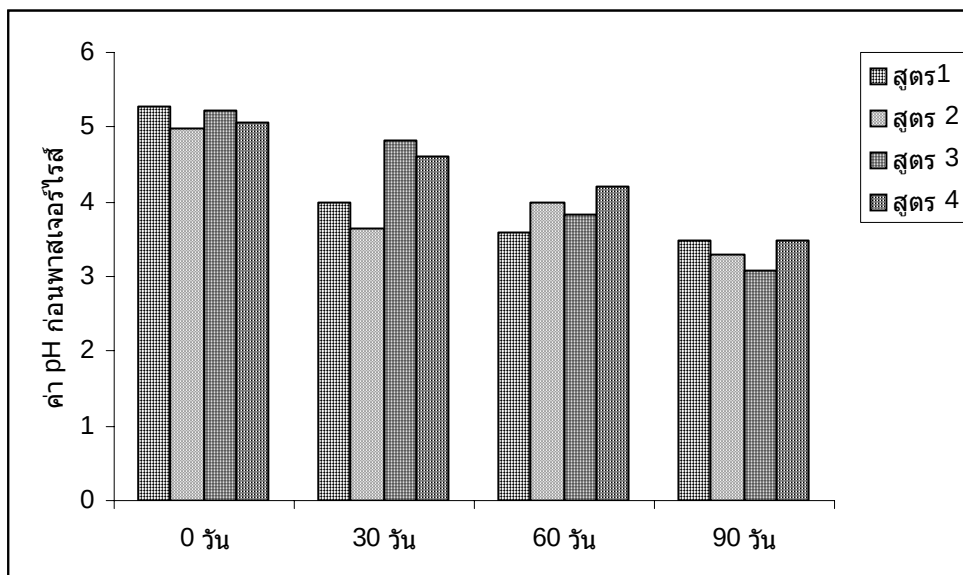
ตอนที่ 1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักและหลังการพาสเจอร์ไรส์ของน้ำหมักชีวภาพตลอดจนการเก็บรักษา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

ตอนที่ 1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักและหลังการพาสเจอร์ไรส์ของน้ำหมักชีวภาพตลอดจนการเก็บรักษา

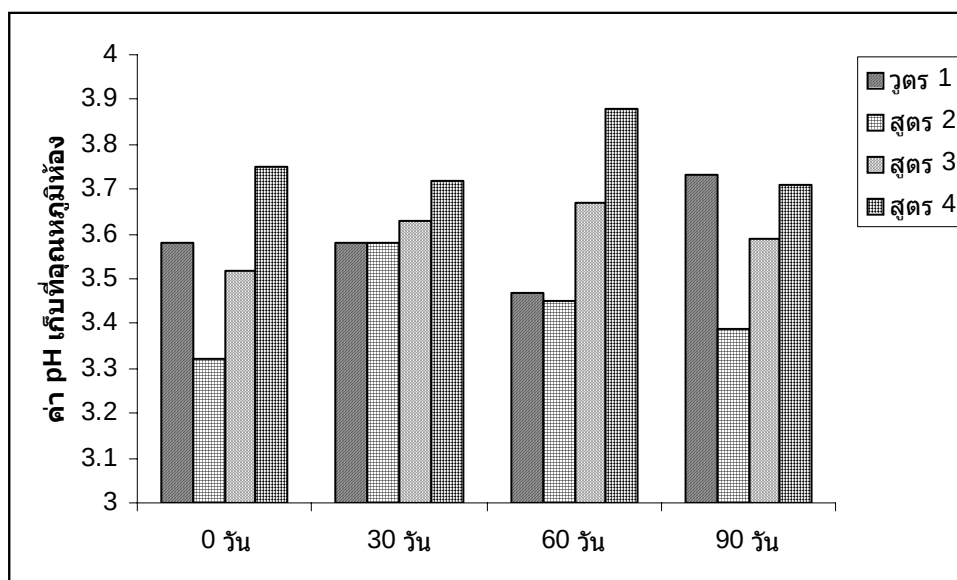
1.1 การวัดค่ากรด เบส

จากการศึกษากระบวนการหมัก ได้ตรวจวัดและบันทึกค่าความเป็นกรด เบส ของน้ำหมักชีวภาพในช่วง 0 ,30, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ ผลจากการวัดค่า pH มีค่าตามแสดงในภาพประกอบ 7



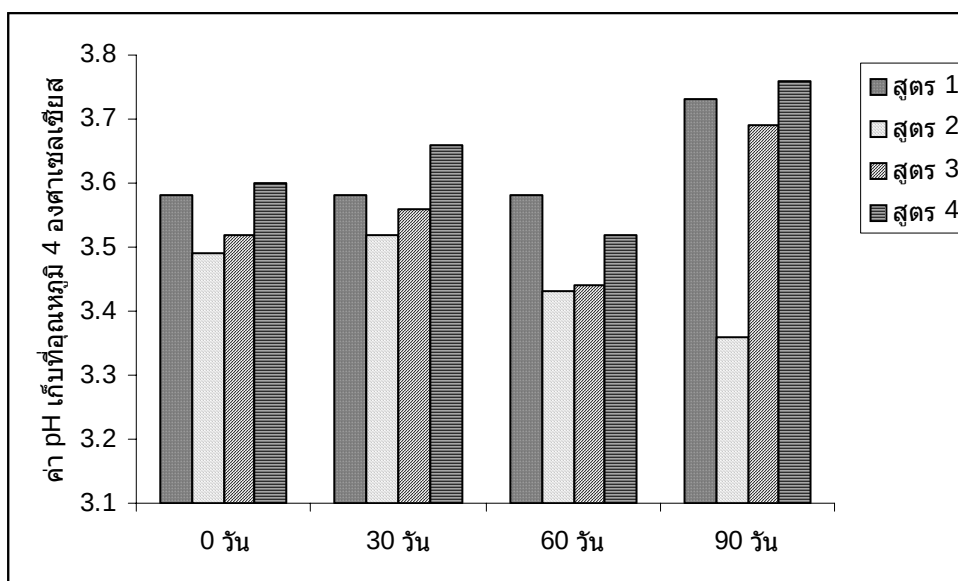
ภาพประกอบ 7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์

จากภาพประกอบ 7 พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส หรือ pH ของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์เมื่อเริ่มกระบวนการหมัก ความเป็นกรด-เบส จากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 4.97-5.27 เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มลดลง จากสูตรที่ 1 เมื่อเริ่มหมักมีค่า pH 5.27 เมื่อช่วงระยะเวลาการหมักครบ 30, 60, และ 90 วัน มีค่า pH ลดลง 4.00 - 3.58 และ 3.47 ตามลำดับ เมื่อหมักครบ 90 วัน ได้ทำการพาสเจอร์ไรส์โดยให้ความร้อน 85 °C ใช้เวลานาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 10 °C จะได้น้ำหมักชีวภาพ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรค ผลจากการวัดค่า pH มีค่าตาม แสดงในภาพประกอบ 8 และ 9



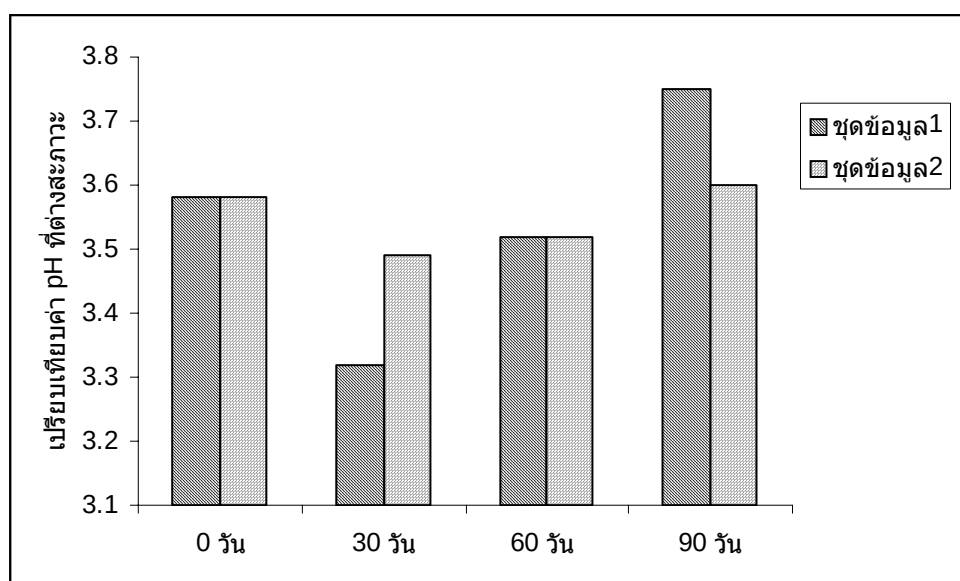
ภาพประกอบ 8 ค่า ความเป็นกรด-เบสหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง

จากภาพประกอบ 8 และ 9 พบว่าภายหลังจากการพาสเจอร์ไรส์น้ำหมักชีวภาพ นำไปเก็บไว้ที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน คือที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 0 – 90 วัน ค่า pH อยู่ในระดับคงที่ สูตรที่มีค่าสูงสุดได้แก่สูตร 3 มีค่า 3.88 และสูตรที่มีค่าต่ำสุดได้แก่สูตร 2 มีค่า 3.32 ส่วนน้ำหมักชีวภาพที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหมักชีวภาพที่เก็บไว้ในสภาวะทั้งสอง มีค่าใกล้เคียงกันแต่การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีค่าโดยเฉลี่ยต่ำกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเล็กน้อย อาจจะเนื่องจากสภาวะอุณหภูมิมีผลต่อเปลี่ยนแปลงของน้ำหมักชีวภาพ จึงทำให้การเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกันมีค่าการเปลี่ยนแปลงต่างกัน



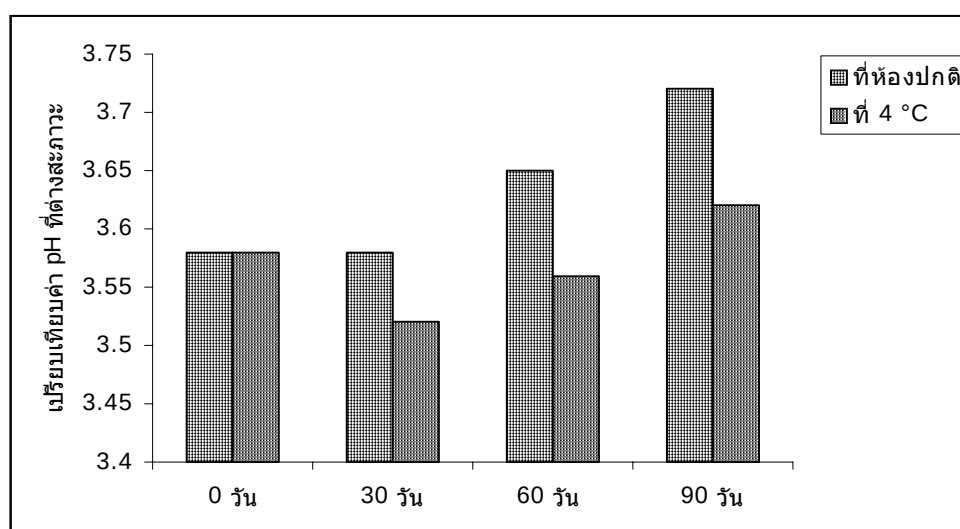
ภาพประกอบ 9 ค่า ความเป็นกรด-เบสหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่าความเป็นกรดเบสของน้ำหมักทั้ง 4 สูตร ในระยะเวลาที่เก็บรักษา จะมีค่าค่อนข้างคงที่ อยู่ในระดับ 3.44 ถึง 3.76 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่อย่างไรก็ตามการเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากการใช้วิธีธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งใดๆ ก็สามารถเตรียมเป็นน้ำหมักชีวภาพได้ ทั้งนี้ผลการเปลี่ยนแปลงค่ากรดเบส จากค่า pH เริ่มต้น ช่วง 4.97-5.27 เมื่อหมักครบ 90 วัน ค่ากรดเบสลดลงจริง จนอยู่ในระดับต่ำสุด 3.07 แสดงว่ามีกิจกรรมการหมักเกิดขึ้นได้จริง เมื่อทำการพาสเจอร์ไรส์น้ำหมักแล้ว ค่ากรดเบสก็ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แสดงว่าภาวะที่น้ำหมักชีวภาพเป็นกรด จะช่วยเป็นการถนอมรักษาอาหารอีกทางหนึ่ง



ภาพประกอบ 10 การเปรียบเทียบสถานะที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิ 4 °C

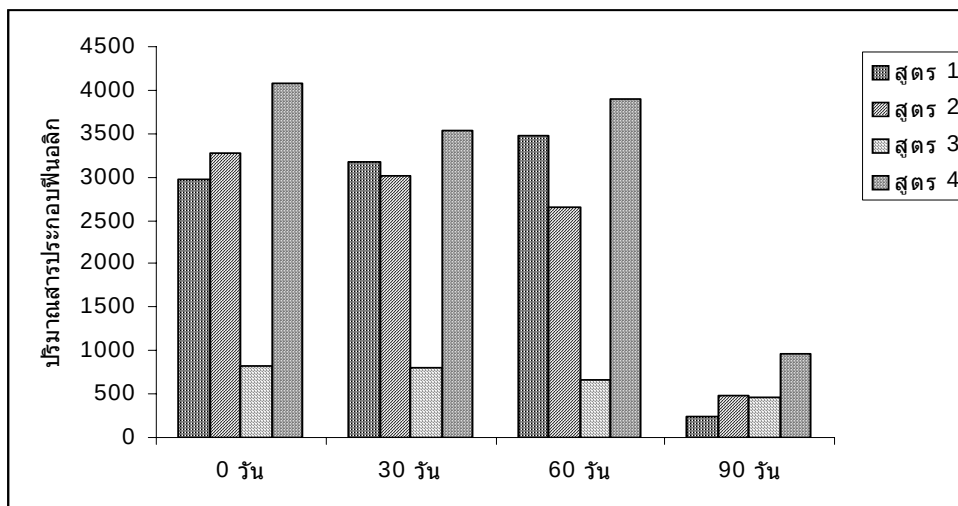
จากภาพประกอบที่ 10 และ 11 เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ในการเก็บรักษาที่สภาวะต่างกัน คือที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากสูตร 2 การเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C จะมีค่าน้อยกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนสูตร 1 ค่า pH ไม่คงที่แต่โดยเฉลี่ยการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่าน้อยกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง



ภาพประกอบ 11 การเปรียบเทียบสถานะที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิ 4 °C

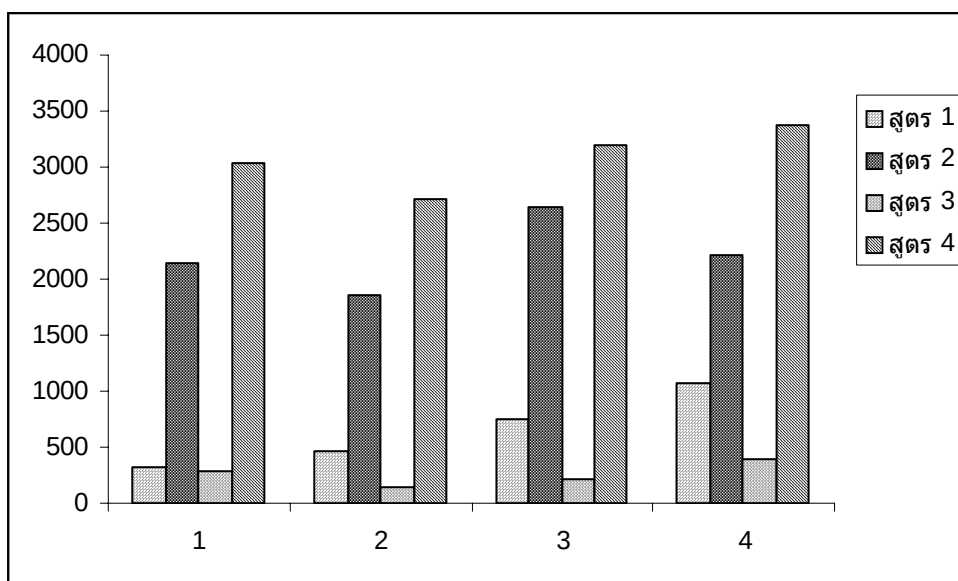
1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพจากมะพลอด

จากการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในผลมะพลอดพบว่า ในผลมะพลอดสุกจะมี ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกมีค่าประมาณ 23.86 มิลลิกรัม/กรัม และจากผลการหาปริมาณ สารประกอบ ฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดจากสูตรต่างๆ ได้ผลการทดลอง ตามตาราง 6



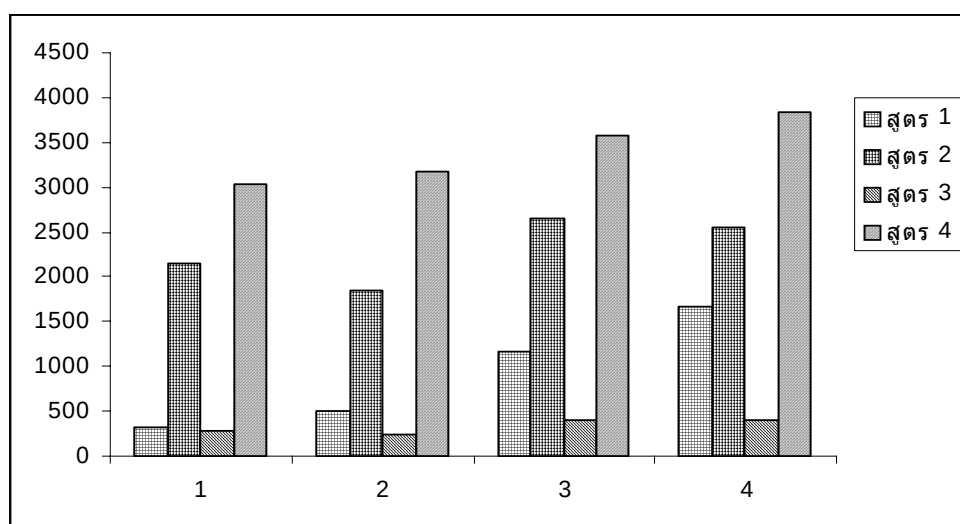
ภาพประกอบ 12 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย (µg/g) ก่อนพาสเจอร์ไรส์

จากภาพประกอบ 10 ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิก ในระหว่างกระบวนการหมักตั้งแต่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน ผลจากการทดลองพบว่า ผลมะพลอดสุกมีปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมเฉลี่ย 23.86 มิลลิกรัม/ กรัม หรือประมาณ 2386 ไมโครกรัม / กรัม และเมื่อผลมะพลอดถูกแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยรวมบางสูตร มีปริมาณสูงขึ้นกว่าผลสุก แต่บางสูตรก็มีปริมาณลดลงกว่าผลสุก การทดลองนี้แสดงว่าในระหว่างกระบวนการหมักปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งไม่คงที่ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการที่มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ หรือ มีปริมาณจุลินทรีย์ แตกต่างกัน แต่เมื่อหมักครบ 90 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมก็จะค่อนข้างลดลงกว่าตอนเป็นผลสุก ในทุกสูตรผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมัก และเมื่อครบกำหนดระยะเวลาหมัก 90 วัน ระบบในน้ำหมักชีวภาพมีการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารประกอบฟีนอลิกในผลมะพลอด ดังนั้นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วง 0 ถึง 60 วัน เมื่อระยะเวลาหมักครบ 90 วัน ค่าจะมีแนวโน้มลดน้อยลง



ภาพประกอบ 13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง (µg/g)

จากภาพประกอบ 13 และ 14 ผลการศึกษาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์ตลอดจนการเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด ในสองสภาวะ คือเก็บที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ผลได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

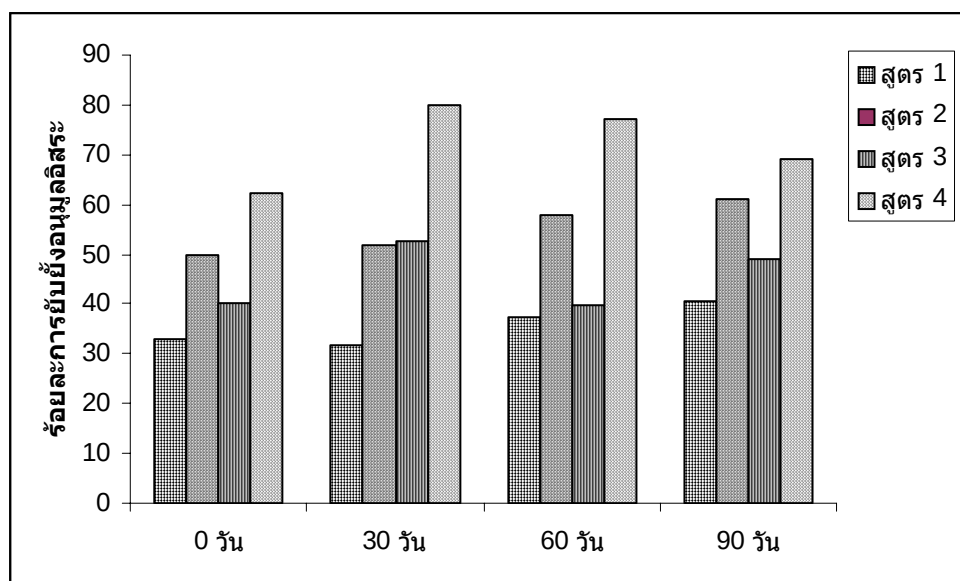


ภาพประกอบ 14 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

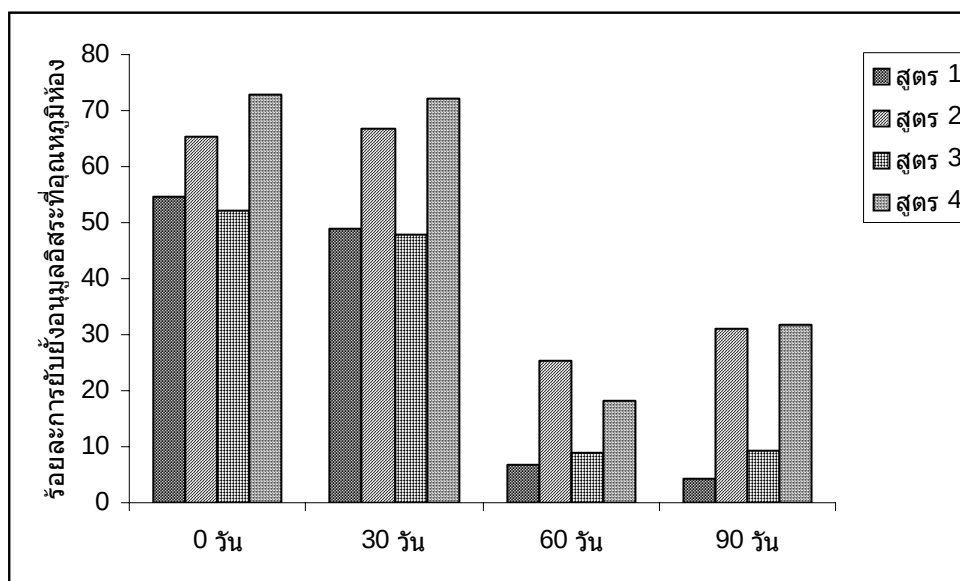
ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิก(หลังการพลาสเจอร์ไรส์) ตั้งแต่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน ผลจากการทดลอง พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเฉลี่ยมีค่าในช่วง 0.14 – 3.84 มิลลิกรัม/ กรัม ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสูตรการหมักที่ 4 มีค่าสูงสุด ตามด้วยสูตร 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนสูตรการหมักที่ 3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด สาเหตุที่ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีค่าต่างกัน อาจเนื่องจากองค์ประกอบในกระบวนการหมัก ผลจากการทดลองการหมักโดยผสมน้ำตาลอ้อยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าการหมักที่ใช้น้ำตาลทรายแดงอาจเป็นเพราะน้ำตาลอ้อยเป็นผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติ ซึ่งต่างจากน้ำตาลทรายแดง ซึ่งผลิตโดยใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีเข้าช่วย แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งสองสภาวะ จากการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพไว้ในที่เย็นจะมีผลช่วยรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไว้ได้ดีกว่าการเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพที่อุณหภูมิห้อง

1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำหมักชีวภาพจากมะหลอด

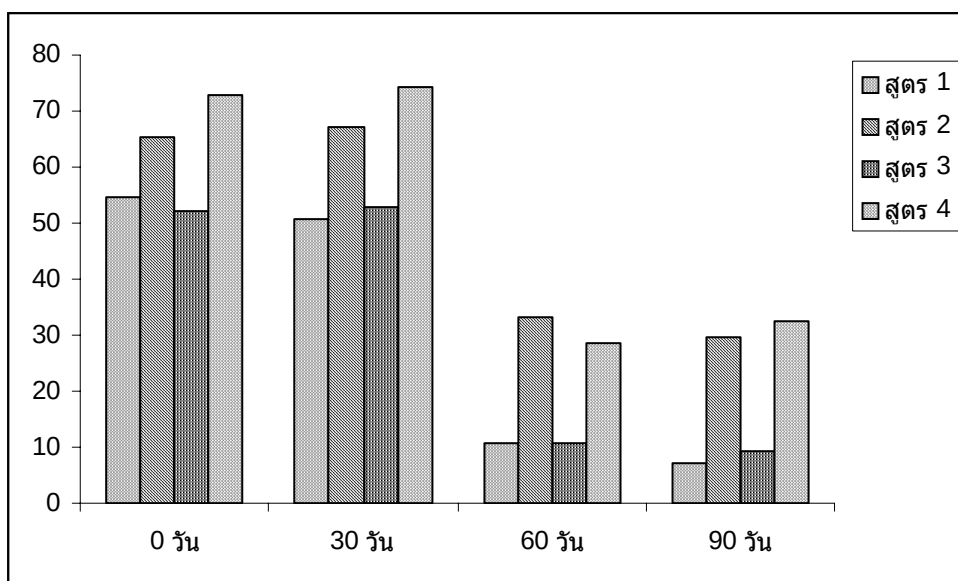
จากภาพประกอบ 15 ผลจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระใน ผลมะหลอดสุกพบว่า มีความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระเฉลี่ย 34.77 % เมื่อผลมะหลอดถูก แปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพในระหว่างกระบวนการหมักตั้งแต่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน การวิเคราะห์หาร้อยละการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ พบว่า ค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าสูงขึ้นโดยมีค่าอยู่ใน ช่วง 30.63 – 79.91 % ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่า ความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาการหมัก โดยแสดงผลในตาราง 9



ภาพประกอบ 15 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์

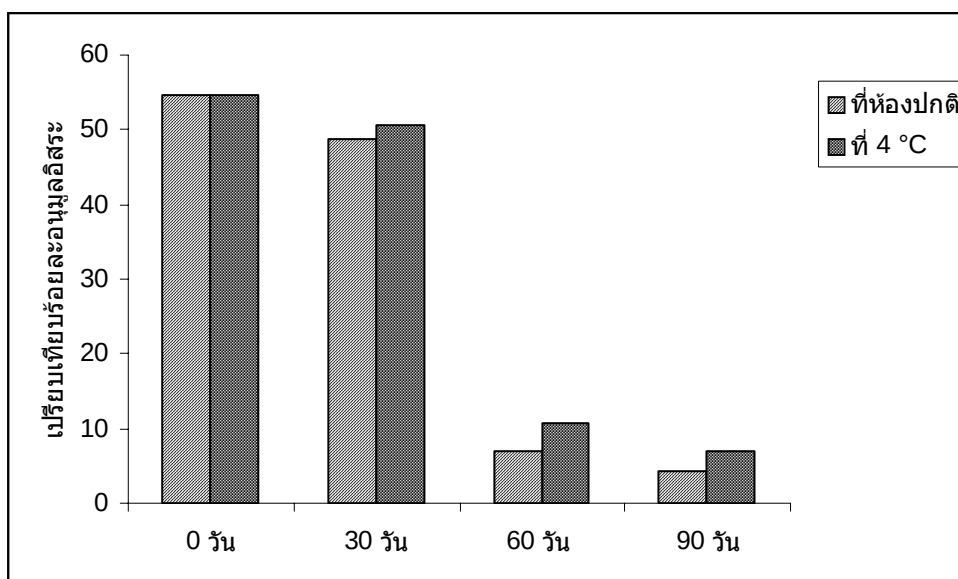


ภาพประกอบ 16 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ หลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง

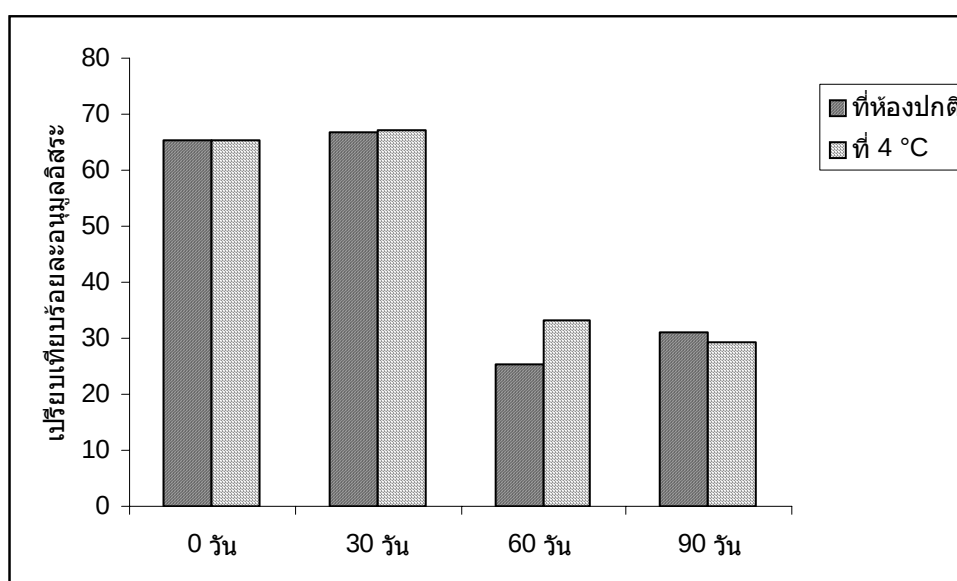


ภาพประกอบ 17 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ หลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

จากภาพประกอบ 16 และ 17 ผลจากการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ(หลังการพาสเจอร์ไรส์) จากตาราง 10 และ 11 ตั้งแต่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน ผลจากการทดลองพบว่า ในน้ำหมักมีค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 4.29 – 74.41 % ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์นี้ พบว่าความสามารถในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระในช่วงระยะเวลา การหมัก 0 – 30 วันมีค่ามาก และหลังจากนั้นความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีค่าลดลง สำหรับสูตรการหมักที่ 4 และ 2 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงใกล้เคียงกัน ส่วนสูตรที่ 1 และ 3 มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระน้อยกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน การเก็บน้ำหมักชีวภาพไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติกับการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C หลังจากพาสเจอร์ไรส์ พบว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C จะมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่า แต่ใกล้เคียงกัน ส่วนระยะเวลาการหมักเมื่อครบ 60 วัน ค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มลดลง



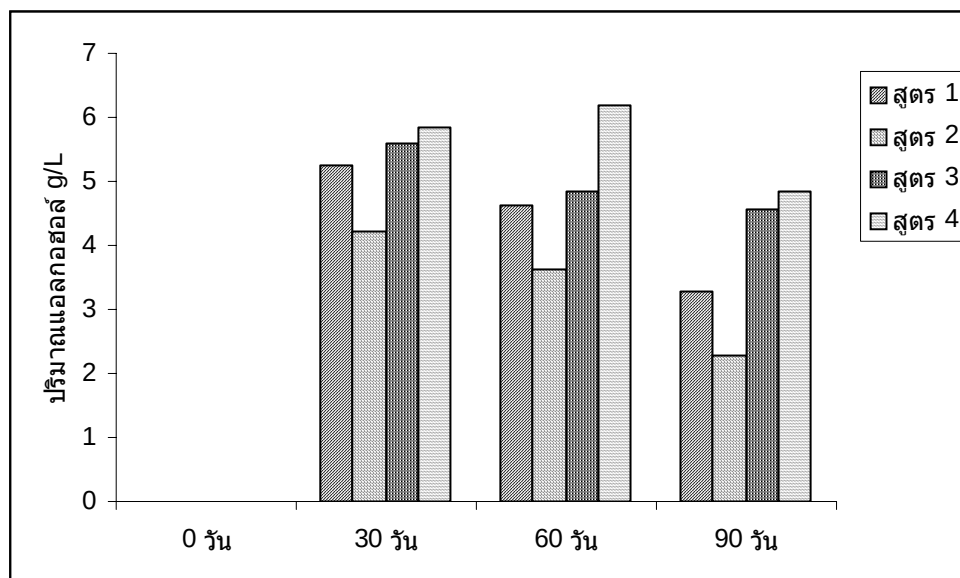
ภาพประกอบ 18 จากสูตร 1 เปรียบเทียบการเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิ 4 °C



ภาพประกอบ 19 จากสูตร 2 เปรียบเทียบการเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิ 4 °C

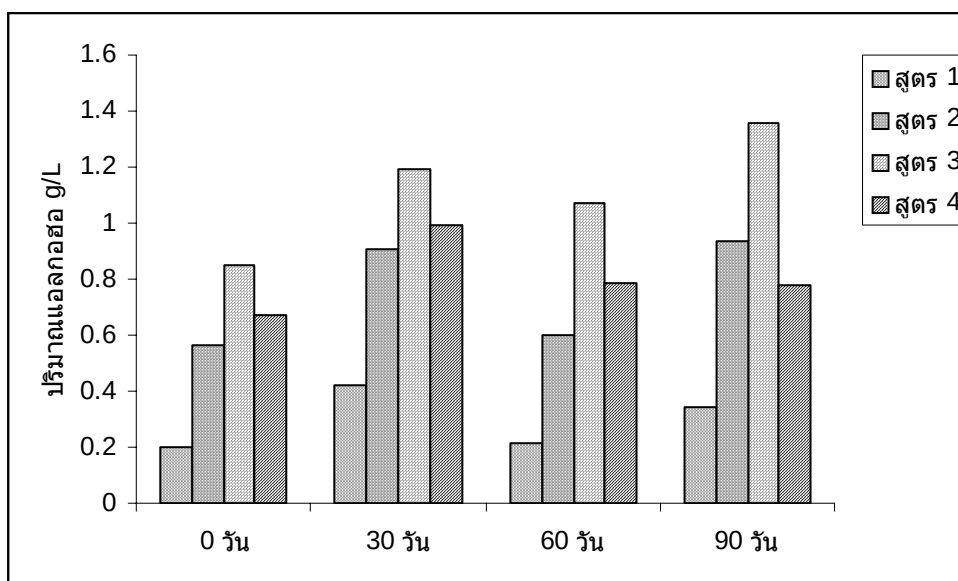
จากภาพประกอบ 18 และ 19 คือน้ำหนักชีวภาพ สูตร 1 และสูตร 2 เป็นสูตรที่ใช้ผลมะหลาดสดที่ไม่ผ่านการลวกเหมือนกัน จะต่างกันที่การใช้น้ำตาลทรายแดงกับการใช้น้ำตาลอ้อย ในกระบวนการหมักผลจากการทดลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบหาร้อยละในการยับยั้งอนุมูลอิสระ การเก็บไข่ที่อุณหภูมิห้อง กับการเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 4 °C จากสูตร 1 และสูตร 2 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่การเก็บไข่ที่อุณหภูมิ 4 °C จะมีค่ามากกว่าเล็กน้อย สาเหตุที่มีค่าต่างกันอาจจะเกิดจากความเย็น มีผลต่อการทำปฏิกิริยาของจุลินทรีย์

1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์



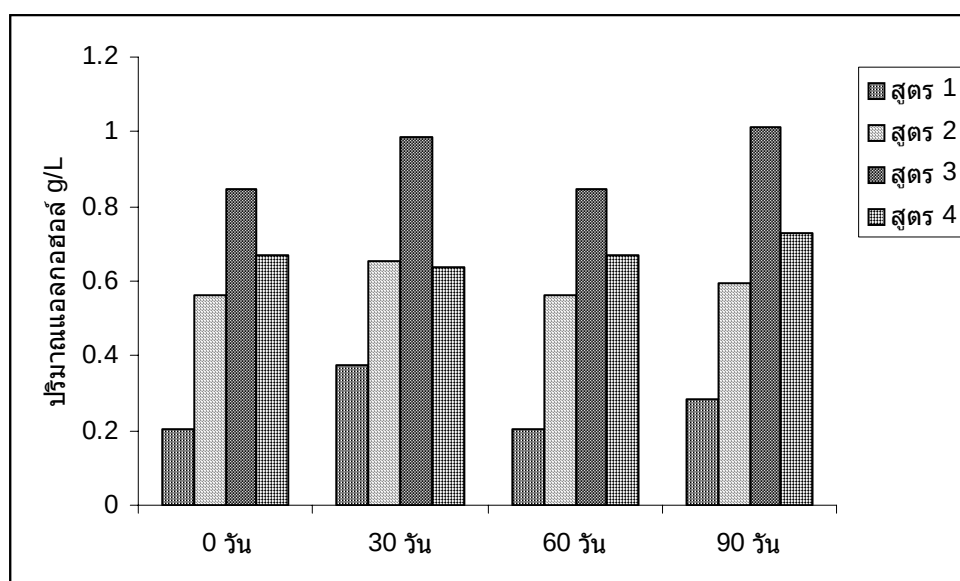
ภาพประกอบ 20 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดก่อนพาสเจอร์ไรส์

จากภาพประกอบ 20 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ ในช่วงเริ่มกระบวนการหมักยังไม่เกิดแอลกอฮอล์ขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักครบ 30 วัน ผลจากการทดลองพบว่า ทั้ง 4 สูตร ค่าแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 4.22 – 5.85 กรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาการหมักครบ 60 วัน ปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าลดลง และเมื่อหมักครบ 90 วัน ปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าเฉลี่ย 2.28 ถึง 4.85 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สูตรที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดได้แก่สูตร 4 มีค่า 6.18 กรัมต่อลิตร ส่วนสูตรที่มีค่าต่ำสุดได้แก่ สูตร 2 มีค่า 2.28 กรัมต่อลิตร ผลจากการทดลอง เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง ตามตาราง 13

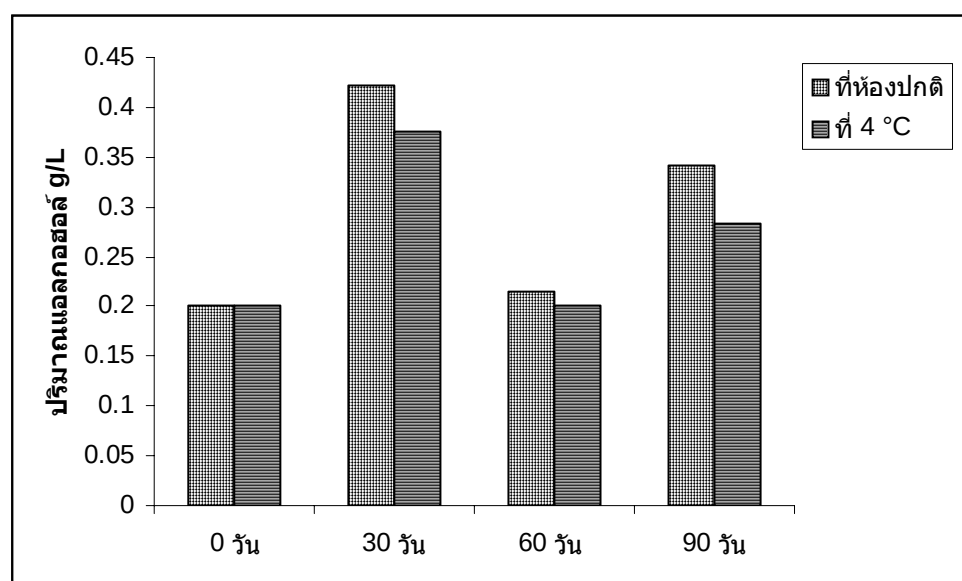


ภาพประกอบ 21 ปริมาณแอสคอร์บิกในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่ อุณหภูมิห้อง

จากภาพประกอบ 21 เมื่อระยะเวลาหมักครบ 90 วัน นำน้ำหมักชีวภาพไปทำการพาสเจอร์ไรส์ หลังจากพาสเจอร์ไรส์แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลจากการทดลองพบว่า ปริมาณแอสคอร์บิก แต่ละสูตรมีค่าไม่เท่ากัน บางสูตรมีค่าน้อยบางสูตรมีค่ามาก จากภาพประกอบ 21 จากสูตร 4 พบว่าค่าแอสคอร์บิกที่ระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าไม่คงที่ คือ เมื่อระยะเวลา 0, 30, 60, และ 90 วัน พบว่า มีค่า 0.66, 0.99, 0.78 และ 0.77 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยเฉลี่ย แล้วแต่ละสูตรมีแนวโน้มคงที่ สูตรที่มีค่ามากที่สุดคือสูตร 3 มีค่าเฉลี่ย 0.849 ถึง 1.354 กรัมต่อลิตร ส่วนสูตรที่มีค่าน้อยที่สุดคือสูตร 1 มีค่า 0.201 ถึง 0.342 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลจากการทดลองพบว่าสูตรน้ำหมักชีวภาพที่ใช้น้ำตาลทรายแดงในการหมักจะมีค่าแตกต่างกันมากในแต่ละสูตรคือสูตร 1 และ 3 แต่เมื่อใช้น้ำตาลอ้อยจะมีค่าใกล้เคียงกัน

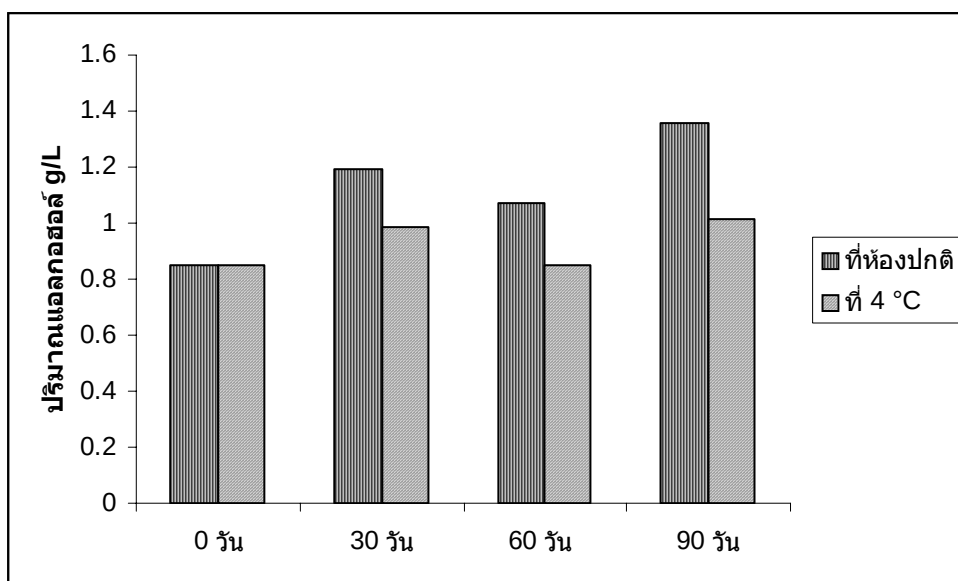


ภาพประกอบ 22 ปริมาณแอสคอร์บิกในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C



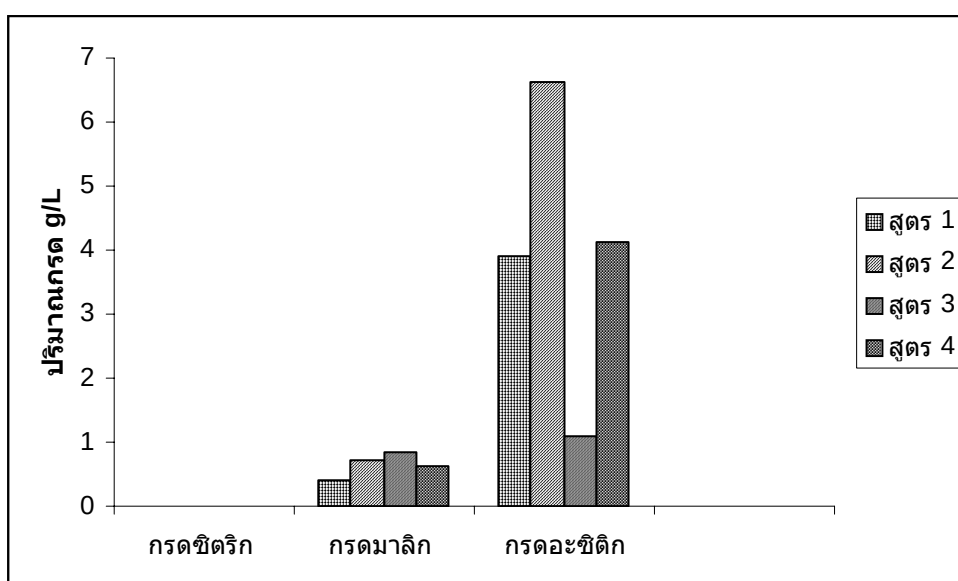
ภาพประกอบ 23 เปรียบเทียบปริมาณแอสคอร์บิกที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิต่างกัน จากสูตร 1

จากภาพประกอบ 23 และ 24 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอสคอร์บิก ที่เก็บไว้ในสภาวะอุณหภูมิต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากันผลจากการทดลองพบว่า การเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง กับเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่าใกล้เคียงกัน แต่โดยเฉลี่ยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าแอสคอร์บิกมากกว่าเล็กน้อย ตามตาราง 13 และ 14



ภาพประกอบ 24 เปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิต่างกัน จากสูตร 3

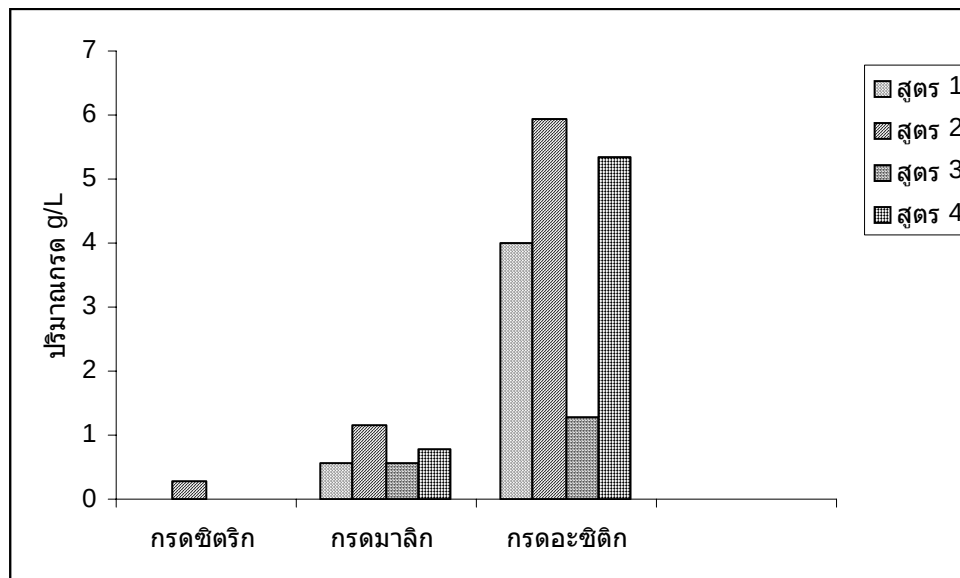
1.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์



ภาพประกอบ 25 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพช่วงระยะเวลาหมักครบ 30 วัน

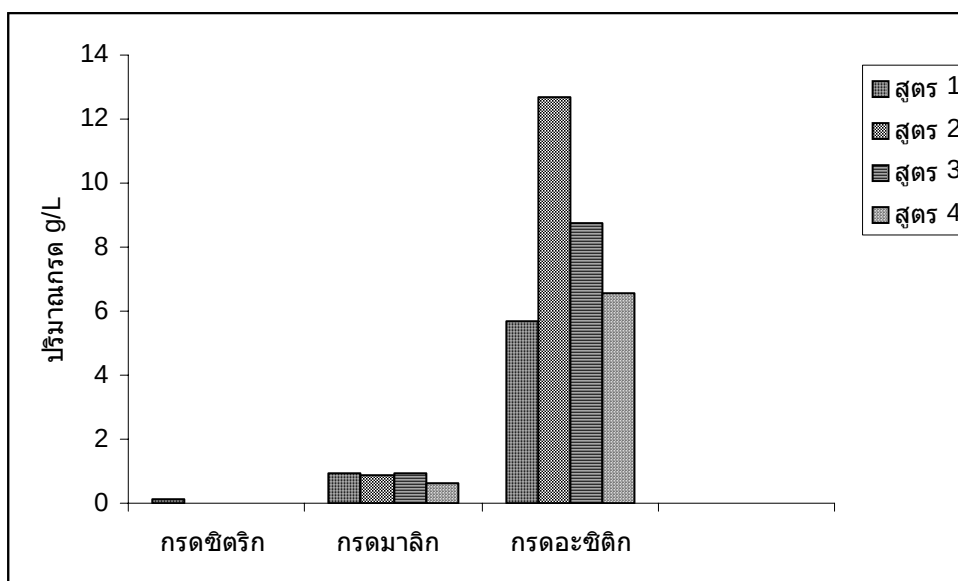
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ กรดซิตริก กรดมาลิก และ กรดอะซิติก โดยทำการทดลองด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ผลการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงการระยะเวลาหมัก พบว่าในช่วงระยะเวลาการหมักครบ 30 วัน มีกรด 2

ชนิดได้แก่ กรดมาลิกและกรดอะซิติก ส่วนกรดซิตริกไม่พบ กรดที่มีปริมาณมากที่สุดได้แก่กรด อะซิติก มีค่าอยู่ในช่วง 1.10 ถึง 6.61 กรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ กรดมาลิก มีค่าอยู่ในช่วง 0.41 ถึง 0.84 กรัมต่อลิตร สูตรที่มีปริมาณกรดอะซิติกมากที่สุดได้แก่ สูตร 2 มีค่า 6.61 กรัมต่อลิตร ส่วนกรดที่มีค่าน้อยที่สุดได้แก่ สูตร 3 มีค่า 1.10 กรัมต่อลิตร



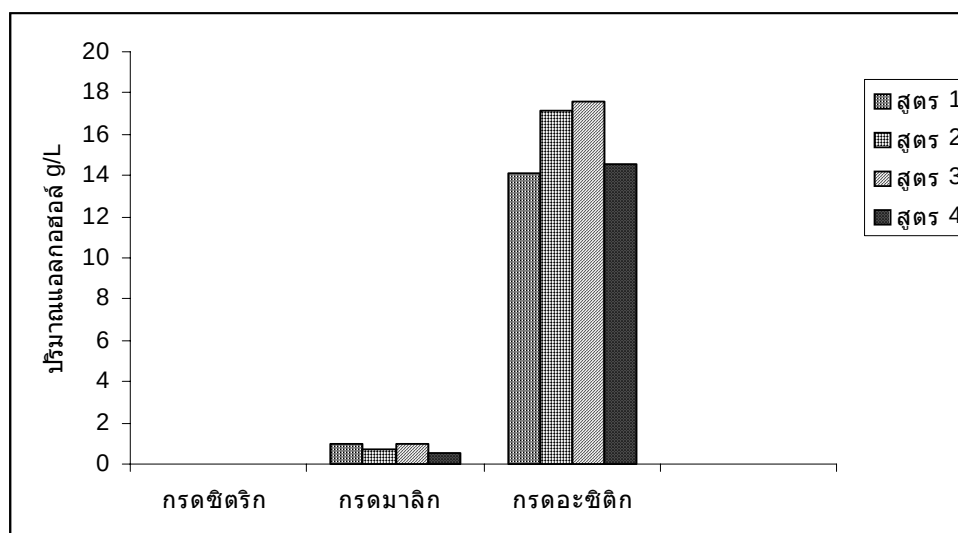
ภาพประกอบ 26 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพช่วงระยะเวลาหมักครบ 60 วัน

จากภาพประกอบ 26 ผลจากการทดลองในช่วงระยะการหมักครบ 60 ปริมาณกรดมาลิกโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับคงที่ ส่วนกรดอะซิติกมีค่าใกล้เคียงกับช่วงระยะการหมักครบ 30 วัน ดังนั้นผลต่างของน้ำหมักชีวภาพในช่วงระยะการหมักระหว่าง 30 วัน กับ 60 วัน มีค่าการเปลี่ยนแปลงของกรดไม่มากนัก



ภาพประกอบ 27 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอระยะเวลา 90 วัน

จากภาพประกอบ 27 ผลจากการทดลองพบว่า ปริมาณกรดมาลิกลดลงอยู่ในช่วง 0.55 – 0.95 กรัมต่อลิตร ส่วนกรดอะซิติก มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกสูตร แต่ละสูตรมีปริมาณใกล้เคียงกัน ได้แก่ สูตร 1 กับสูตร 4 มีค่า 14.09 ต่อ 14.55 กรัมต่อลิตร และ สูตร 2 กับ 3 มีค่า 17.15 ต่อ 17.62 กรัมต่อลิตร ซึ่งสูตร 1 กับ 4 สูตร 2 กับ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 28 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์

1.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวม

ผลจากการศึกษาหาปริมาณจุลินทรีย์รวม ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด พบว่าระยะเวลาในกระบวนการหมัก 0 30 60 และ 90 วัน เมื่อนำน้ำหมักทั้ง 4 สูตร ไปตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์รวม พบว่า สูตร 1 พบจุลินทรีย์เจือปนอยู่ในช่วง $1 \times 10^0 - 1 \times 10^{-4}$ CFU/ml สูตรที่มีจุลินทรีย์เจือปนน้อยที่สุดได้แก่ สูตร 2 มีปริมาณ $2 \times 10^{-1} - 26 \times 10^{-4}$ CFU/ml จุลินทรีย์ที่เจือปนกับน้ำหมักชีวภาพนั้น อาจจะเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย หรืออาจจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีโทษต่อร่างกายก็ได้ เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพียงอยากทราบว่า ในน้ำหมักชีวภาพมีการเจือปนของจุลินทรีย์มีปริมาณเท่าใด ตามตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักก่อนพาสเจอร์ไรส์

สูตร	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เจือปนในน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์		
	ค่า pH	อายุหมัก (วัน)	จุลินทรีย์โดยรวม(CFU/ml)
1	4.00-3.58	0 - 90	$1 \times 10^0 - 1 \times 10^{-4}$
2	3.98-3.72	0 - 90	$2 \times 10^{-1} - 26 \times 10^{-4}$
3	3.50-3.07	0 - 90	$1 \times 10^0 - 1 \times 10^{-1}$
4	4.60-3.59	0 - 90	$5 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-1}$

ตอนที่ 2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

2.1 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักชีวภาพ

ผลจากการเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด 4 สูตร พบว่า แต่ละสูตรจะมีลักษณะต่าง สี กลิ่น และ รส แตกต่างกันไป ดังตาราง 2

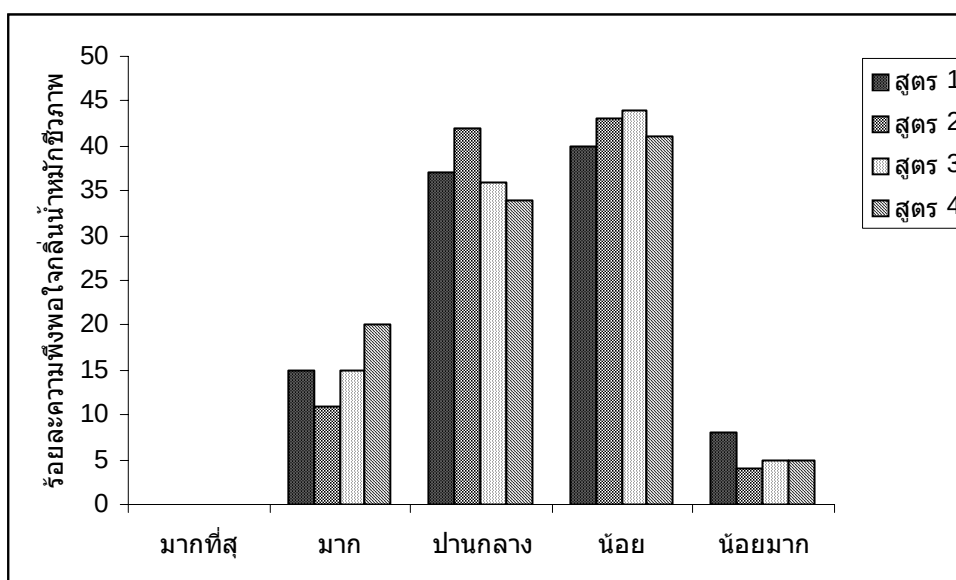
ตาราง 2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด

สูตร	คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความขุ่น-ใส
1	สีน้ำตาลอ่อน	แอลกอฮอล์	เปรี้ยว	ใส
2	น้ำตาลเข้ม	แอลกอฮอล์	เปรี้ยว	ใส
3	น้ำตาลอ่อน	แอลกอฮอล์	เปรี้ยว	ใส
4	น้ำตาลเข้ม	แอลกอฮอล์	เปรี้ยวอมหวาน	ใส

2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

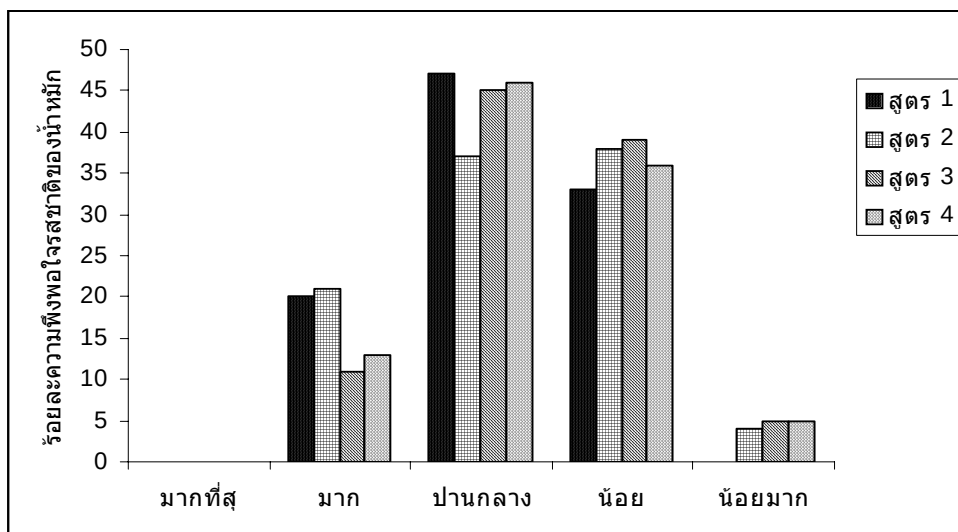
จากภาพประกอบ 39 ผลจากการสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในการดื่มน้ำหมักชีวภาพ โดยสุ่มตัวอย่างจากการดื่มจำนวน 20 ตัวอย่าง เป็นเพศชาย 10 คน เพศหญิง 10 คน อายุระหว่าง 35 ถึง 55 ปี ผลจากการทดลองการสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจในกลิ่นของน้ำหมักอยู่ในระดับน้อย ส่วนความพึงพอใจในรสชาติ อยู่ในระดับปานกลาง สีของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดมีสีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลเข้ม สูตรที่ใช้น้ำตาลทรายแดงจะมีสีน้ำตาลอ่อน ส่วนที่ใช้น้ำตาลน้ำอ้อยจะเป็นสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะกลิ่นจะเป็นกลิ่นเปรี้ยวออกแอลกอฮอล์ เป็นกลิ่นของสารระเหย แอลกอฮอล์หรือเอสเทอร์ที่เกิดจากการหมัก ส่วนรสชาติจะเป็นเปรี้ยวนำ ซึ่งเป็นเพราะความเป็นกรดที่เกิดจากการหมัก โดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดกรดแลกติก และกรดอะซิติก ส่วนความหวานเกิดจากน้ำตาลที่เหลืออยู่เพราะจุลินทรีย์ใช้ไม่หมด จึงทำให้มีรสชาติหวานเหลืออยู่

จากภาพประกอบ 23 ผลจากการทดลองสุ่มตัวอย่างความพึงพอใจกลิ่น พบว่า มีความพึงพอใจในกลิ่นมีน้อย คิดเป็นร้อยละ 42 ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 38 และมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 5 สาเหตุที่มีความพึงพอใจน้อย อาจเนื่องจากการเลือกสุ่มตัวอย่างมีเพศหญิงอยู่จำนวนครึ่งหนึ่ง เพศหญิงอาจจะมีความพึงพอใจกลิ่นแอลกอฮอล์น้อยกว่าเพศชาย จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความพึงพอใจกลิ่นมีน้อย

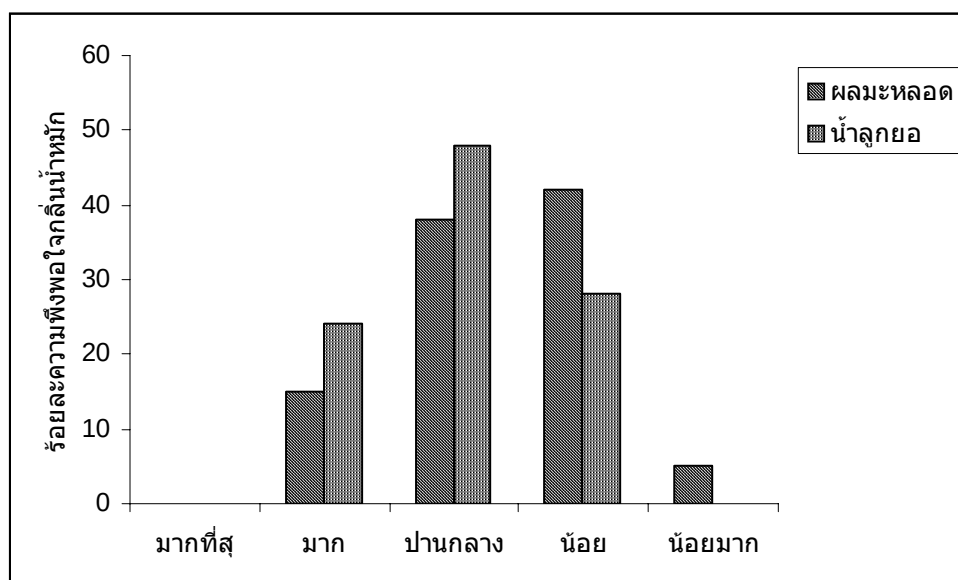


ภาพประกอบ 29 ระดับความพึงพอใจกลิ่นในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด

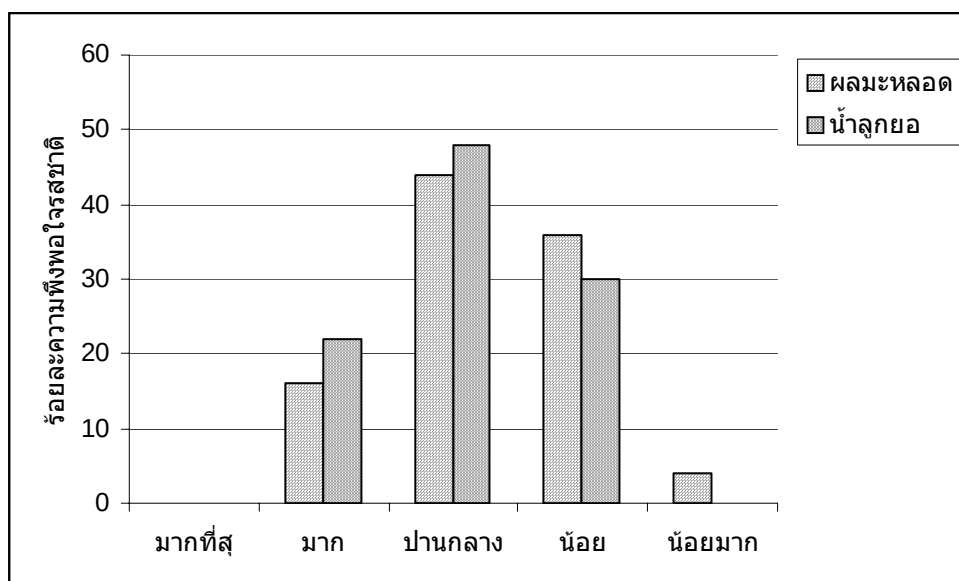
ผลจากการทดลองสู่ตัวอย่างการชิมรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด พบว่า ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 44 ระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 36 ระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 15 และมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 4 ดังนั้นความพึงพอใจในรสชาติโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง



ภาพประกอบ 30 ระดับความพึงพอใจรสชาติในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด



ภาพประกอบ 31 การเปรียบเทียบกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ



ภาพประกอบ 32 การเปรียบเทียบรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ

ผลจากการเปรียบเทียบสัณฐานตัวอย่างความพึงพอใจในรสชาติ ระหว่างน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำหมักชีวภาพจากน้ำลูกยอ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบมีความพึงพอใจในการดื่มน้ำหมักชีวภาพจากลูกยอและน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิดจะมีลักษณะสีแตกต่างกัน จากการทดลองลักษณะสีของน้ำหมักลูกยอมีสีน้ำตาลเข้มออกดำ ส่วนสีของน้ำหมักผลมะหลอดมีสีน้ำตาลอ่อน อาจจะเป็นเพราะพืชทั้ง 2 ชนิดไม่เหมือนกัน จึงทำให้มีสีต่างกัน ส่วนเรื่องกลิ่น มีลักษณะกลิ่นแตกต่างกัน เพราะพืชแต่ละชนิดจะมีกลิ่นเฉพาะของแต่ละชนิด ดังนั้นกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากน้ำลูกยอกับน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดจึงมีกลิ่นแตกต่างกัน แต่ผลจากการทดลองสัณฐานตัวอย่างความพึงพอใจพบว่า มีความพึงพอใจในกลิ่นน้ำหมักมะหลอดและน้ำลูกยอ ร้อยละ 38 และ 48 ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจในรสชาติ มีความพึงพอใจใกล้เคียงกันคือ ร้อยละ 44 และ 48 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระบบการหมักผลมะหลอดเป็นน้ำหมักชีวภาพ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมัก และวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) หลังการพาสเจอร์ไรส์แล้ว ซึ่งได้สรุปผล อภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะ เป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอดในด้านต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 ในระหว่างกระบวนการหมักได้ตรวจการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส ของน้ำหมักชีวภาพในช่วงระยะเวลาต่างๆ ระยะเริ่มแรกค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ระดับไม่คงที่ เมื่อระยะเวลาการหมัก 90 วัน ค่าเริ่มคงที่อยู่ในช่วง 3.07 – 3.48 หลังจากพาสเจอร์ไรส์ได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง กับเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C ผลปรากฏว่าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C มีค่าต่ำกว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อาจจะเกิดจากความเย็นมีการควบคุมความเป็นกรด-เบส จึงทำให้มีค่าแตกต่างกัน)

1.2 ผลการวิเคราะห์กรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์ที่นำมาวิเคราะห์มี 3 ชนิดได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดอะซิติก ผลจากการทดลองพบว่า กรดซิตริกในระยะเริ่มหมักช่วง 0 - 30 วันและระยะหลังหมักครบ 90 วันแล้ว ไม่พบกรดซิตริก แต่พบในช่วง 60 – 90 วัน ส่วนกรดมาลิกในช่วงระยะเวลาการหมัก 0, 30 มีค่า 0.41-0.84 กรัม/ลิตร (เมื่อระยะเวลาการหมักมากขึ้นจะมีค่าคงที่แต่กรดอะซิติก เมื่อระยะเวลาหมักมากขึ้น ค่าความเป็นกรดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น)

1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก พบว่าสารฟีนอลิกจากผลมะหลอดค่าเฉลี่ย 23.86 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อนำผลมะหลอดไปแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด มีปริมาณสารฟีนอลิกลดลงมากในช่วงระยะ 0-30 วัน หลังจากนั้นก็มีแนวโน้มลดลง

1.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถการยับยั้งอนุมูลอิสระ ของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด จากการทดลองพบว่า ผลมะหลอดมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยค่าเฉลี่ย 34.77 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพแล้วพบว่า ช่วงระยะเวลาการหมัก 30-60 วัน ค่าเฉลี่ย 30.63-77.12 มิลลิกรัม/กรัม แสดงว่าเมื่อแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพแล้ว มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าเป็นผลสุก แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มมากขึ้น ค่าความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง แต่ระยะที่มีค่ามากที่สุดอยู่ในช่วง ระยะหมัก 30 - 60 วัน

1.5 ผลการวิเคราะห์ทางแอลกอฮอล์

จากการศึกษาปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด ในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการหมักในช่วง 0-90 วัน พบว่าช่วงระยะเวลาการหมักครบ 30 วันเป็นช่วงที่มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุด แต่เมื่อทำการหมักประมาณ 90 วัน พบว่าปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มคงที่ ดังนั้นระยะเวลาในการหมักมีผลต่อปริมาณของแอลกอฮอล์

ผลจากการศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด พบว่า น้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดในช่วงระยะเวลาการหมัก 0-90 วัน ก่อนพลาสเจอร์ไรซ์ มีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมเฉลี่ยในช่วง 0-90 วัน ของสูตรที่ 1 - 4 ดังนี้ $1 \times 10^0 - 1 \times 10^{-4}$, $2 \times 10^{-1} - 26 \times 10^{-4}$, $1 \times 10^0 - 1 \times 10^{-1}$ และ $5 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-1}$ CFU/mL ตามลำดับ ส่วนน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดเมื่อผ่านการพลาสเจอร์ไรซ์แล้วพบว่า ไม่พบจุลินทรีย์

1.7 ผลการทดสอบระดับความพึงพอใจ

จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 คน เป็นชาย 10 คน และเป็นหญิง 10 คน เพื่อวัดระดับความพึงพอใจในการดื่มน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ผลจากการทดลองในด้านความพึงพอใจในกลุ่มจากสูตร 1,2,3 และ 4 พบว่าความพึงพอใจเฉลี่ยในกลุ่ม ระดับมากที่สุด 15 ในระดับปานกลางคิดร้อยละ 35 ในระดับน้อยคิดร้อยละ 43 และน้อยที่สุดคิดร้อยละ 7 ส่วนความพึงพอใจเฉลี่ยในรสชาติในระดับมากที่สุดคิดร้อยละ 0 ในระดับมากคิดร้อยละ 15 ในระดับปานกลางคิดร้อยละ 43 ระดับน้อยคิดร้อยละ 38 และน้อยที่สุดคิดร้อยละ 4 สาเหตุที่ระดับความพึงพอใจในกลุ่มส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย อาจเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างมีทั้งเพศชายและหญิง ดังนั้นกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอดที่มีกลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์อาจทำให้เพศหญิงไม่พึงพอใจ หรืออาจจะเกิดจากกรรมวิธีการหมักยังไม่ได้มาตรฐานจึงทำให้กลิ่นออกมาไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ หรืออาจเกิดจากกลิ่นเฉพาะตามธรรมชาติของผลมะพลอดเอง

2. อภิปรายผล

จากผลการทดลองวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด โดยนำผลมะพลอดสุกมาแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ ได้ทำการศึกษาแบ่งเป็น 4 สูตร สูตรที่ 1 และ 3 ใช้ผลมะพลอดสุก สูตรที่ 2 และ 4 ใช้ผลมะพลอดสุกนำมาลวก และนำไปแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ สาเหตุที่ใช้ผลมะพลอดลวกเพื่อเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ติดมากับผลมะพลอด เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างผลที่ลวกกับผลที่ไม่ลวก เมื่อแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพแล้วจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันอย่างไรผลจากการ วิเคราะห์สามารถสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า พีเอช ของตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ ในช่วงเวลาที่กำหนด 0 30 60 และ 90 วัน ตามลำดับ พบว่าช่วงระยะเวลา 0 – 60 วัน ค่าพีเอช 3.58-5.27 เมื่อระยะเวลาการหมักครบ 90 วันมีค่าพีเอช 3.07-3.47 ดังนั้นผลจากการทดลองค่าของพีเอช จะเริ่มคงที่ในช่วง 90 วัน ซึ่งอยู่ในช่วงของการคลอบคลุมค่าความเป็นกรด-เบส ของอาหารประเภท

ที่มีความเป็นกรด (high acid food) ซึ่งอยู่ในช่วง 4.3-3.7 และต่ำกว่า 3.7 ตามลำดับ เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ในอาหารแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน จุลินทรีย์ก่อโรคส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-เบส ใกล้เคียง 7(6.5-7.5) พวกราและยีสต์ สามารถเติบโตในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส ต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย โดยรามีความเป็นกรด-เบส เหมาะสมในการเติบโตระหว่าง 5.6-6.5 ยีสต์ 4.0-5.0 แบคทีเรีย 6.0-7.5 ดังนั้นค่าความเป็น กรด-เบส ของตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สด จึงแสดงถึงลักษณะความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ก่อโรคในการบริโภค

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพในช่วงกระบวนการหมัก โดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง กรดอินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดอะซิติก กรดที่พบน้อยที่สุดได้แก่ กรดซิตริก ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.14-0.28g/L ในช่วงระยะเวลา 60 และ 90 วัน หลังพาสเจอร์ไรส์แล้วไม่พบกรดซิตริก กรดมาลิกปริมาณที่พบ 0.41-0.95 g/L ส่วนกรดที่พบมากที่สุดได้แก่ กรดอะซิติก ปริมาณที่พบ 1.10-65.48 g/L เมื่อระยะเวลาการหมักครบ 90 วัน หลังจากพาสเจอร์ไรส์ปริมาณที่พบกรดมาลิก 0.55-0.95 g/L และกรดอะซิติก พบมีปริมาณ 14.09-17.62 g/L ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกันเสียและปรับความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักชีวภาพ ส่วนกรดซิตริกไม่พบปริมาณความเป็นกรด

ปริมาณของกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สดนี้ เป็นกรดชนิดเดียวกันกับที่ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร เช่น กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดฟิวมาลิก กรดซัคซินิก กรดทาร์ทาริก กรดแล็กติก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งในอาหารบางชนิดจะมีการกำหนดปริมาณกรดและชนิดของอาหารที่อนุญาตให้ใช้ เช่น กรดซิตริก ให้ใช้ในผลิตภัณฑ์มะกอกดองได้ไม่เกิน 15,000 มก.ต่อ ก.ก. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก กรดแล็กติก ให้ใช้ในผลิตภัณฑ์มะกอกดองได้ไม่เกิน 15,000 มก. ต่อ ก.ก. หรือคิดเป็นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก และให้ใช้ได้ปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น เพื่อรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 กรดทาร์ทาริกให้ใช้ในผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี่ได้ไม่เกิน 3.00 มก.ต่อ ก.ก. หรือคิดเป็นร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก และให้ใช้ได้ไม่เกิน 1,000 มก.ต่อ ก.ก. ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ซึ่งจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สดเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอินทรีย์ที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร ดังนั้น ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สด จึงน่าจะมีความปลอดภัยในการบริโภค และจากการศึกษาพฤติกรรมกรรมการบริโภคพบว่า ในการบริโภคน้ำหมักชีวภาพส่วนมากจะมีการเจือจางก่อนดื่ม เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพมีรสเปรี้ยวและมีความเป็นกรดสูง จึงเจือจางลงอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

2.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สดแต่ละสูตร เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างกระบวนการหมักตั้งแต่ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน ผลการทดลองพบว่า ผลไม้สดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย 23.86 ± 1.33 มิลลิกรัม/กรัม และเมื่อนำผลไม้สดไปแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ พบว่าปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกโดยรวม 0.13-10.17 มิลลิกรัม/กรัม และเมื่อระยะเวลาการหมักครบ 90 วัน นำไปพาสเจอร์ไรส์ ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกค่าเฉลี่ย 0.14-3.87 ดังนั้นผลจากการทดลองน้ำหมักชีวภาพทั้ง 4 สูตร เมื่อระยะเวลาการหมักมากขึ้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง

2.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด เมื่อนำผลมะพลอดสุกมาวิเคราะห์เพื่อหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ผลจากการทดลองพบว่า ผลมะพลอดสดมีความสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระเฉลี่ย 34.77 ± 8.59 % แต่เมื่อนำผลมะพลอดมาแปรรูปเป็นน้ำหมักชีวภาพ ระยะเวลาการหมักในช่วงต่างๆ ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ พบว่า ตัวอย่างทดลองหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ช่วงระยะเวลาการหมัก 30 วัน เป็น ช่วงที่มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงสุด มีค่า 30.63-77.12 % ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ พบว่า เมื่อระยะเวลาการหมักมากขึ้นค่าความสามารถในการยับยั้งมีแนวโน้มลดลง

2.5 ผลการวิเคราะห์แอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด ผลจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพบว่า น้ำหมักชีวภาพทั้ง 4 สูตร มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ยในช่วง 0-1.354 g/L สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด และน้ำหมักสูตรที่ 1 มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยที่สุด ช่วงระยะเวลามีปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด อยู่ในช่วงระยะเวลาการหมัก 30 วัน เมื่อการหมักครบ 90 วัน หลังจากการพาสเจอร์ไรส์ปริมาณแอลกอฮอล์มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลการเปลี่ยนแปลงจากแอลกอฮอล์ไปเป็นน้ำตาลหรือกรด

2.6 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมอยู่ในช่วงประมาณ $1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^0$ CFU/mg ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่พบการปนเปื้อนของ จุลินทรีย์มากที่สุดได้แก่ สูตร 1,3,4 และ 2 ตามลำดับ เมื่ออ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ซึ่งเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ 230) พ.ศ.2544 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท(ฉบับที่ 2) ซึ่งมีรายละเอียดของเกณฑ์จุลินทรีย์ตามมาตรฐานดังนี้

มาตรฐานข้อ 4 ตรวจแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 ต่อเครื่องดื่ม 100 mL โดยวิธี MPN (Most Probable Number)

มาตรฐานข้อ 5 ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด E.coli (Escherichia coli)

มาตรฐานข้อ 6 ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

มาตรฐานข้อ 7 ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และอ้างอิงตามมาตรฐานอาหารพร้อมบริโภค ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

มาตรฐานข้อ 8 ไม่มียีสต์และเชื้อราและจุลินทรีย์โดยรวม น้อยกว่า 1×10^6 CFU/mg

จากมาตรฐานดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกำหนดจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด ยังไม่ปรากฏว่ามีการวิจัยใด ได้ทดลองนำผลมะหลอดมาแปรรูปทำน้ำหมักชีวภาพ การวิจัยครั้งนี้เป็นครั้งแรก ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการหมัก การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการหมัก ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ได้ศึกษาวิเคราะห์ทางด้านเคมี และด้านทางกายภาพ ผลจากการศึกษาทางด้านเคมียังไม่เพียงพอ ควรศึกษาวิจัยต่อไป เพื่อพัฒนากระบวนการหมักให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะศึกษาทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กำพล ศรีวัฒนกุล (2543). น้ำสมุนไพรรสมชาติ NoNI juice. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ยูบอสคอรี่ปอเรชั่น
- ไชวัฒน์ ไชยสุต (2547). มาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภค สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.). คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี _____ (2550). น้ำหมักชีวภาพ เทคโนโลยีเพื่อความพอเพียง สำนักรณรงค์เพื่อสุขภาพชุมชนที่ยั่งยืน. ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
- ดวงพร คันทโชติ ; วิลวัฒน์ เจริญจิระตระกูล; และณรงค์ฤทธิ์ อัสวเรืองภิกพ. (2547). ลักษณะน้ำหมักชีวภาพจากพืชในภาพใต้ของประเทศไทยและผลการยับยั้งเชื้อก่อโรคของระบบทางเดินอาหาร. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี หน้า 141-143.
- ปิยะนันท์ เล็งประชา. (2547). การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผักปลัง. ปริญญา นิพนธ์ กศ.ม. (เคมี) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสามมิตร ถ่ายเอกสาร.
- ปณัดดา ปัญญา ; และ อัมพวรรณ มะกอกน้อย. (2546). การวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ชนิดต่าง ๆ โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ประทุมพร ยิ่งธงชัย ; และ พรรัตน์ ศิริคำ. (2545). ความผันแปรรูปแบบไอโซไซม์ของมะหลอดในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. หน่วยวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนิดา กุลประสูติฉิลก. (2548). วิธีต้านอนุมูลอิสระในตัวคุณ. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์สุขภาพใจ.
- วันดี รังสิวิจิตรประภา. (2547). การศึกษาคุณสมบัติทาเคมีและชีวภาพของน้ำหมักสมุนไพรรองถิ่นจังหวัดอุบลราชธานี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- วรรณัทธ์ ศุกพิพัฒน์. (2538). อาหาร โภชนาการ และสารพิษ. แสงการพิมพ์ : กรุงเทพฯ. หน้า 55-57.
- ประณีต ผ่องแก้ว. (2539). โภชนาศาสตร์ชุมชน ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงภาวะเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว. ลิฟวิงทรานส์มีเดีย : กรุงเทพมหานคร. หน้า 44-50.
- เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. (2542). หลักโภชนาการปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่ 9. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช : กรุงเทพมหานคร. หน้า 74-81.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. (2542). โภชนศาสตร์เบื้องต้น ,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,
พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ.

Adom, K.K.; & Liu, H.R. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 6182-6187.

Alonso; et al. (2002). Determination of antioxidant activity of wine by products and its correlation with polyphenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 : 5832-5836.

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15th ed.* vol 2. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA

Beyer, R.E. (1992). An analysis of role of coenzyme Q in free radical generation and as antioxidant. *Biochemistry and Cell Biology*. 70 : 390-403

Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*. 26 : 1199-1200

Borek, C. (1997 , Nov/Dec.) Antioxidant and cancer. *Science and Medicine*. 52-60

Chidambara Murthy (2002). Antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera*) pomace extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 5909-5914.

Culter , R.G. (1991). Antioxidants and aging. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53 : 375S-379S.

Dac-OK kim ; seung wean leong ; & changy. Lcc. (2003) Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*. 81 : pp 321-326.

Gladys , B. (1991). Nutrition in chronic disease prevention. In *Antioxidant Food Supplements in Human Health*. Lester Packer; Midori Hiromatsu; & Toshikazu Yoshikawa. pp. 46-47. San Diego: Academic Press.

Jayaprakasha, G.K.; Singh, R.P.; & Sakariah, K.K. (2001). Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation model in vitro. *Food Chemistry*. 73 : 285-290

K.Larson, (1996). Flora of Thailand. Volume six part two. Bangkok: Diamond Printing, 1996, 45.

Maria j. Bermudez-Soto & Francisco A. Tomas-Barberan.(2004). Evaluation of commercial red fruit juice concentrate as ingredients for antioxidant functional juices. *European Food Research and Technology* , 219 (2) : pp 133-141.

- Van berhuis, A.A, Dekker, M,skrele G, jangen, WM. (2002). Actsiry and concentretrine of polyphenolic antioxidants in apple juice. 1. effect of exiching production methods. J. Analysis food chem. 50(25) :pp. 7211-7219.
- Yunfeng Li, Changjiang Guo , Jijun Yang , Jingyu Wei, Jing Xu and Shuang Cheng. (2006) *Food Chemistry*. 96 (2) : pp 254-260.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางข้อมูลการทดลอง

ตาราง 3 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์

สูตร เวลา (วัน)	ค่า pH ของ น้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด			
	1	2	3	4
0	5.27	4.97	5.23	5.06
30	4.00	3.65	4.82	4.60
60	3.58	3.98	3.83	4.20
90	3.47	3.29	3.07	3.48

ตาราง 4 ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง

สูตร เวลา(วัน)	ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
0	3.58	3.58	3.47	3.73
30	3.32	3.58	3.45	3.39
60	3.52	3.65	3.67	3.59
90	3.75	3.72	3.88	3.71

ตาราง 5 ค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร เวลา(วัน)	ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
0	3.58	3.58	3.58	3.73
30	3.49	3.52	3.43	3.66
60	3.52	3.56	3.44	3.69
90	3.60	3.62	3.52	3.76

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของน้ำหมักชีวภาพจาก
ผลมะหลอดระยะเวลาก่อนพาสเจอร์ไรส์

เวลา (วัน) สูตร	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย ($\mu\text{g/g}$) ของน้ำหมักก่อนพาสเจอร์ไรส์			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	2971.4	3167.73	3480.45	238.65
2	3265.15	3010.00	2651.14	482.58
3	818.96	804.84	653.92	459.54
4	4087.37	3532.13	3901.23	971.4

ตาราง 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์ที่เก็บรักษาที่
อุณหภูมิห้อง

เวลา (วัน) สูตร	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ย ($\mu\text{g/g}$) ของน้ำหมักเก็บที่อุณหภูมิห้อง			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	323.98	460.97	753.25	1076.36
2	2147.27	1854.41	2651.14	2212.77
3	278.86	141.37	211.74	391.16
4	3042.10	2719.7	3196.21	3371.4

ตาราง 8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

สูตร	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมักชีวภาพหลังการพาสเจอร์ไรส์ ($\mu\text{g/g}$)			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	323.98	502.49	1168.06	1676.36
2	2147.27	2510.00	2297.57	2546.39
3	278.86	245.56	396.80	367.52
4	3042.10	3171.14	3571.38	3836.22

ตาราง 9 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์

สูตร	ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ของน้ำหมักชีวภาพก่อนพาสเจอร์ไรส์			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	32.97	30.63	37.39	40.45
2	50.00	51.89	57.75	61.17
3	40.00	52.61	39.82	48.83
4	62.16	79.91	77.12	69.10

ตาราง 10 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง

สูตร	ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระโดยเฉลี่ย ของน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	54.59	48.83	6.92	4.29
2	65.50	66.76	25.21	30.93
3	52.07	47.93	9.03	9.11
4	72.79	71.98	18.06	31.68

ตาราง 11 ร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะพลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สูตร	ร้อยละการต้านอนุมูลอิสระโดยเฉลี่ย ของน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	54.59	50.54	10.69	7.00
2	65.50	67.03	33.26	29.57
3	52.07	52.97	10.61	9.11
4	72.79	74.41	28.74	32.35

ตาราง 12 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดก่อนการพาสเจอร์ไรส์

สูตร	ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด			
	ก่อนพาสเจอร์ไรส์ (g/L)			
	0วัน	30วัน	60วัน	90วัน
1	0	5.25	4.62	3.27
2	0	4.22	3.62	2.28
3	0	5.58	4.83	4.55
4	0	5.85	6.18	4.85

ตาราง 13 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิห้อง

สูตร	ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด			
	หลังพาสเจอร์ไรส์ (g/L)เก็บที่อุณหภูมิห้อง			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	0.201	0.421	0.215	0.342
2	0.562	0.906	0.601	0.938
3	0.849	1.191	1.069	1.354
4	0.669	0.995	0.783	0.778

ตาราง 14 ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดหลังพาสเจอร์ไรส์เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สูตร	ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด			
	หลังพาสเจอร์ไรส์ (g/L)เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส			
	0 วัน	30 วัน	60 วัน	90 วัน
1	0.201	0.375	0.201	0.284
2	0.562	0.652	0.562	0.594
3	0.849	0.984	0.849	1.011
4	0.669	0.635	0.669	0.730

ตาราง 15 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดช่วงระยะเวลา 30 วัน

สูตร	ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด		
	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดอะซิติก
1	0	0.41	3.91
2	0	0.71	6.61
3	0	0.84	1.10
4	0	0.64	4.13

ตาราง 16 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดช่วงระยะเวลา 60 วัน

สูตร	ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด		
	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดอะซิติก
1	0	0.57	4.01
2	0.28	1.15	5.94
3	0	0.56	1.28
4	0	0.79	5.33

ตาราง 17 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดช่วงระยะเวลา 90 วัน

สูตร	ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด		
	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดอะซิติก
1	0.14	0.96	5.67
2	0	0.87	12.67
3	0	0.94	8.72
4	0	0.64	6.48

ตาราง 18 ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด หลังการพาสเจอร์ไรส์

สูตร	ปริมาณกรดในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดหลังพาสเจอร์ไรส์		
	กรดซิตริก	กรดมาลิก	กรดอะซิติก
1	0	.94	14.09
2	0	0.74	17.15
3	0	0.95	17.62
4	0	0.55	14.55

ตาราง 19 ระดับความพึงพอใจกลิ่นในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด

สูตร	ร้อยละระดับความพึงพอใจกลิ่นในน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	0	15	37	40	8
2	0	11	42	43	4
3	0	15	36	44	5
4	0	20	34	41	5
ค่าเฉลี่ย	0	15	38	42	5

ตาราง 20 ระดับความพึงพอใจรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด

สูตร	ร้อยละระดับความพึงพอใจ รสชาติ ของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	0	20	47	33	0
2	0	21	37	38	4
3	0	11	45	39	5
4	0	13	46	36	5
ค่าเฉลี่ย	0	16	44	36	4

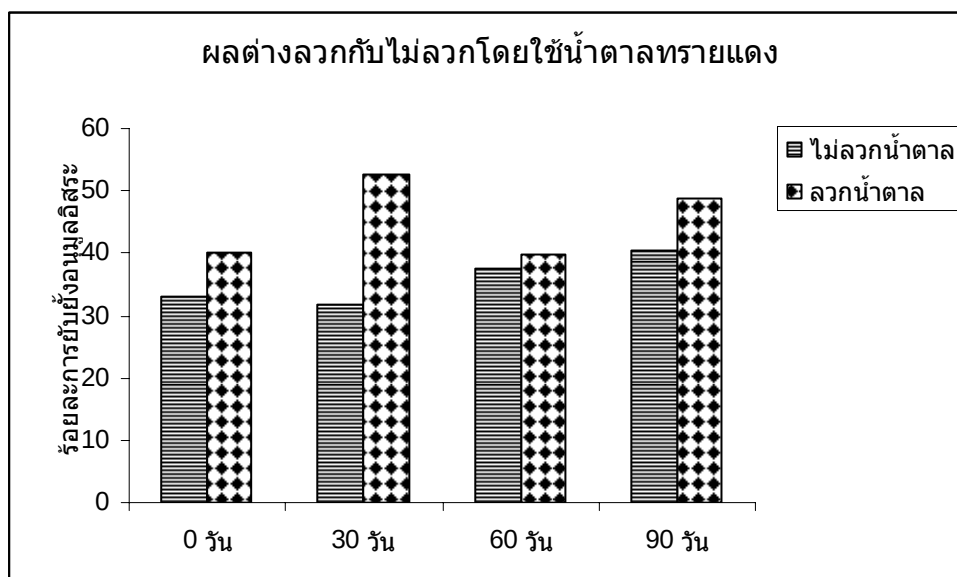
ตาราง 21 การเปรียบเทียบความพึงพอใจกลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ

สูตร	ร้อยละระดับความพึงพอใจ กลิ่นของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	0	15	37	40	8
2	0	11	42	43	4
3	0	15	36	44	5
4	0	20	34	41	5
ค่าเฉลี่ย	0	15	38	42	5
ลูกยอ	0	24	48	28	0

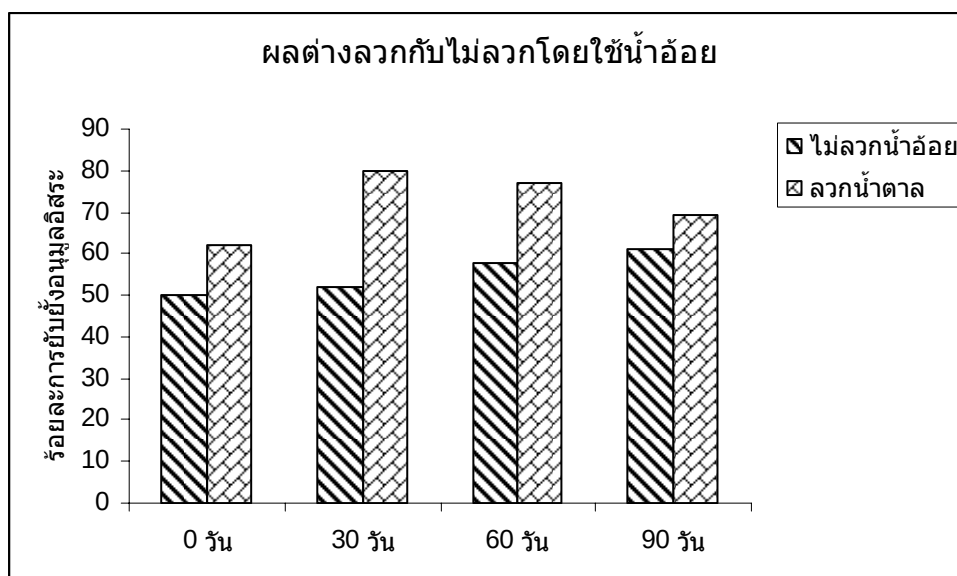
ตาราง 22 การเปรียบเทียบความพึงพอใจรสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดกับน้ำลูกยอ

สูตร	ร้อยละระดับความพึงพอใจ รสชาติของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	0	20	47	33	0
2	0	21	37	38	4
3	0	11	45	39	5
4	0	13	46	36	5
ค่าเฉลี่ย	0	16	44	36	4
ลูกยอ	0	22	48	30	0

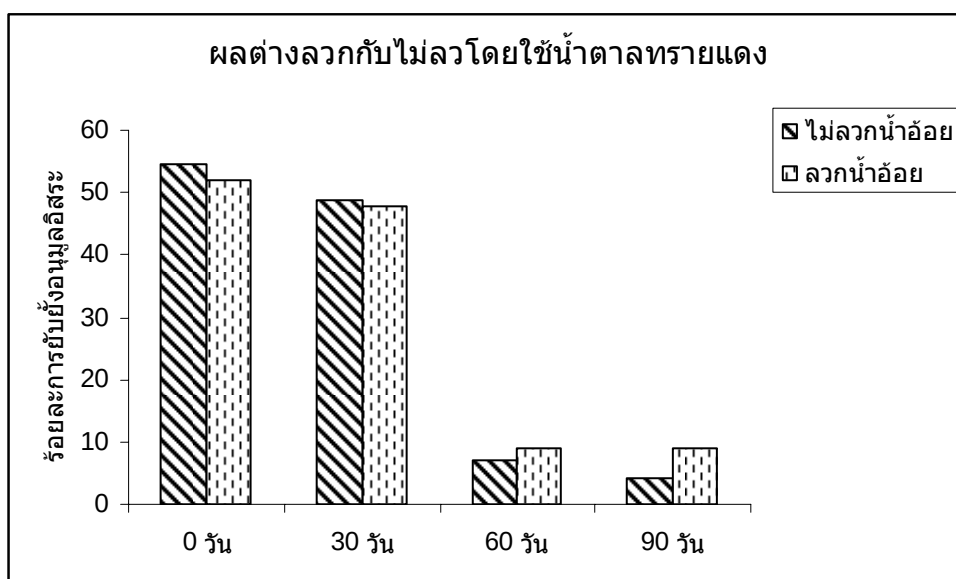
ภาคผนวก ข
ภาพประกอบข้อมูลการทดลอง



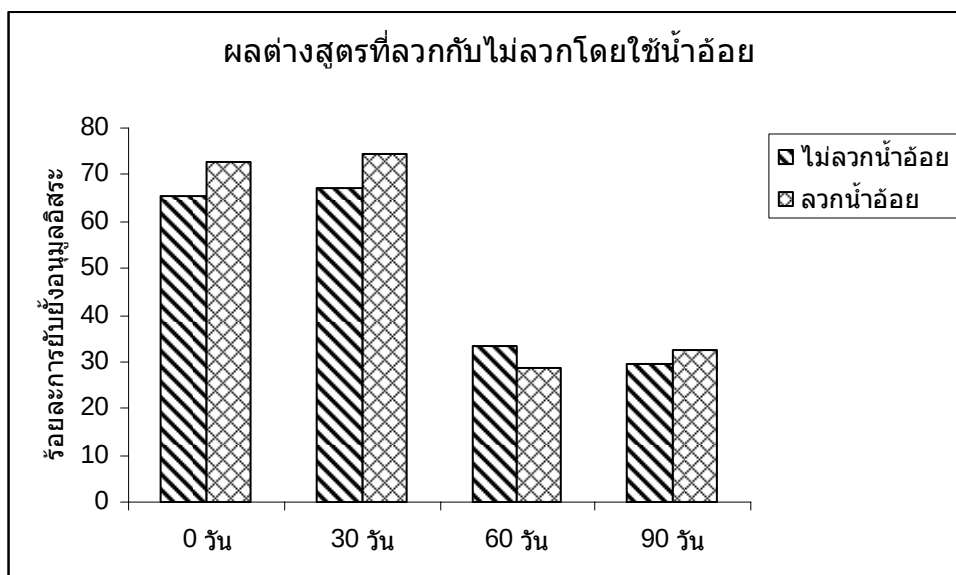
ภาพประกอบ 33 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่lovakกับไม่lovakโดยใช้น้ำตาลทรายแดงก่อนพาสเจอร์ไรส์



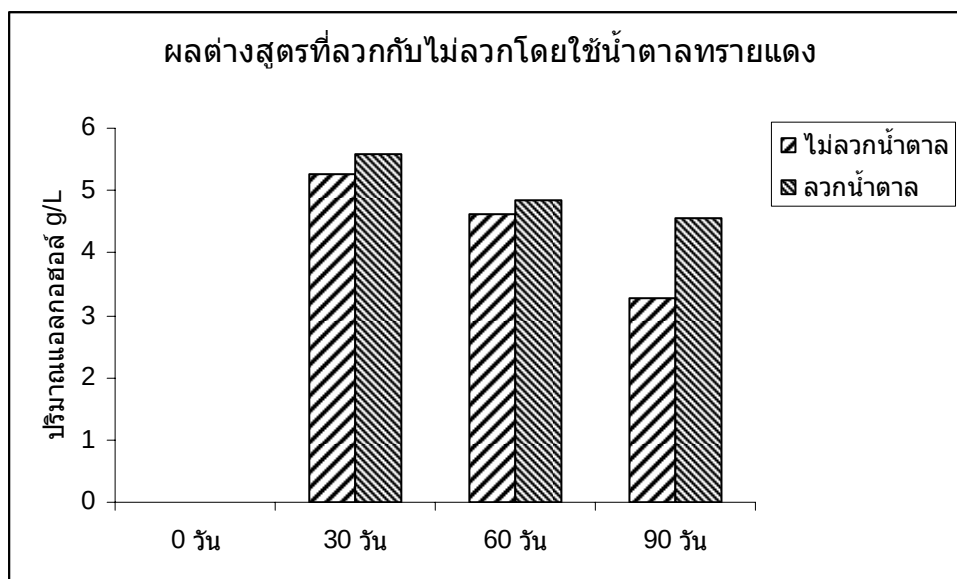
ภาพประกอบ 34 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่lovakกับไม่lovakโดยใช้น้ำอ้อยก่อนพาสเจอร์ไรส์



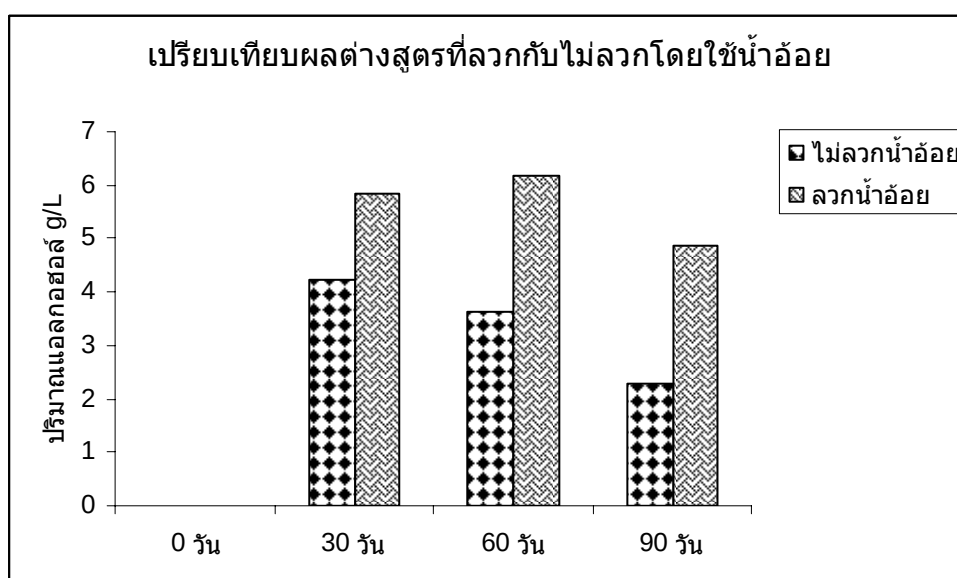
ภาพประกอบ 35 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง หลังพาสเจอร์ไรส์



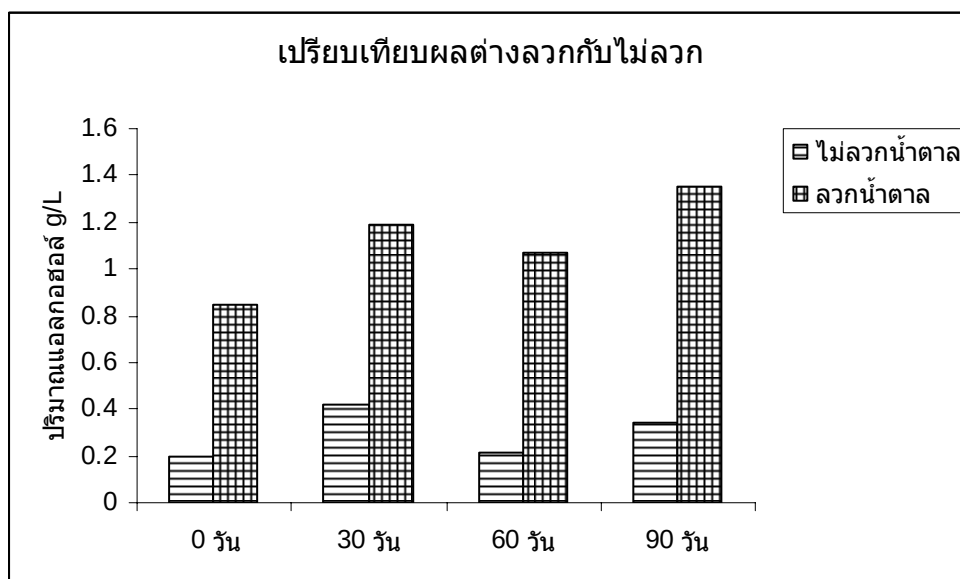
ภาพประกอบ 36 ผลต่างการยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อย หลังพาสเจอร์ไรส์



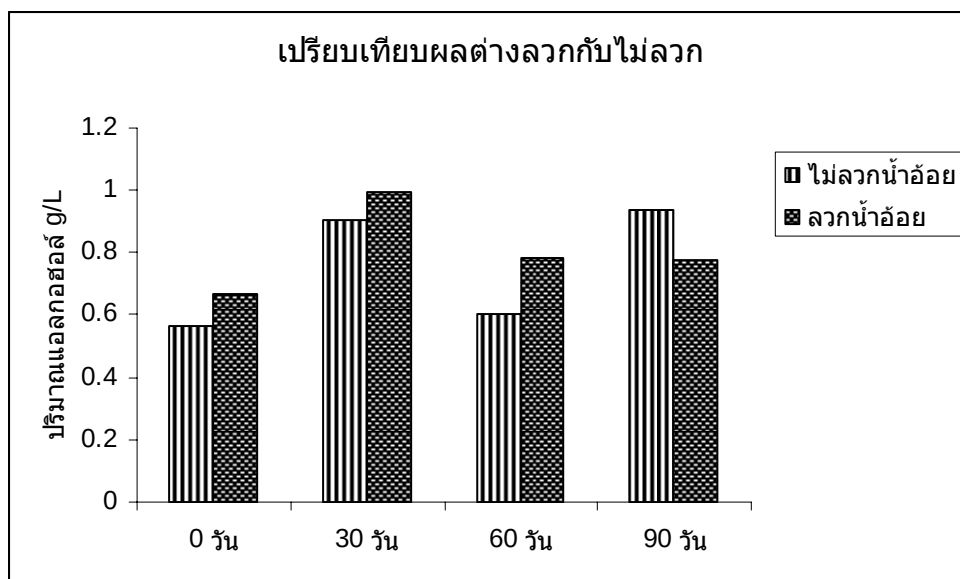
ภาพประกอบ 37 เปรียบเทียบผลต่างแอลกอฮอล์จากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำตาลทรายแดง ก่อนพาสเจอร์ไรส์



ภาพประกอบ 38 เปรียบเทียบจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้น้ำอ้อยก่อนพาสเจอร์ไรส์

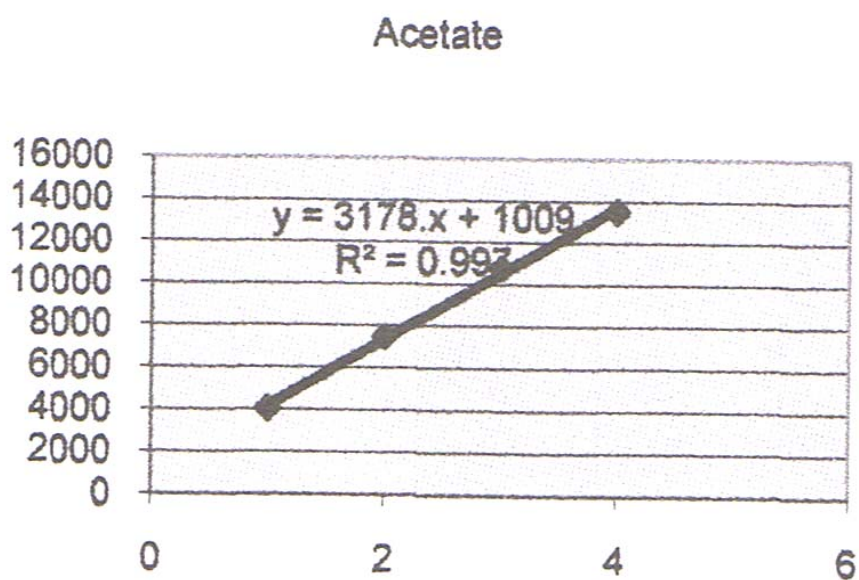


ภาพประกอบ 39 เปรียบเทียบผลต่างแอลกอฮอล์จากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้ น้ำตาลทรายแดงหลังพาสเจอร์ไรส์

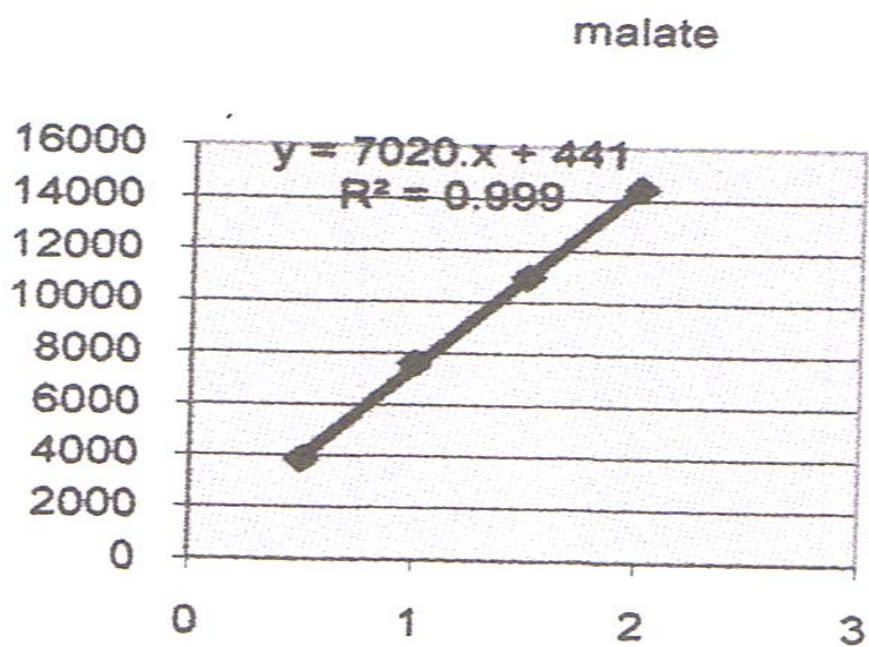


ภาพประกอบ 40 เปรียบเทียบผลต่างจากสูตรที่ลวกกับไม่ลวกโดยใช้ น้ำอ้อยหลังพาสเจอร์ไรส์

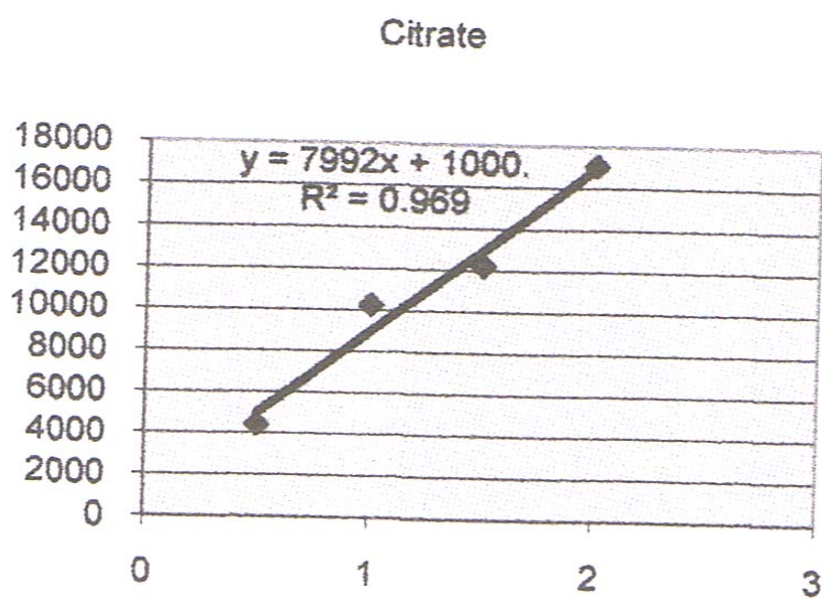
ภาคผนวก ค
แสดงกราฟมาตรฐาน



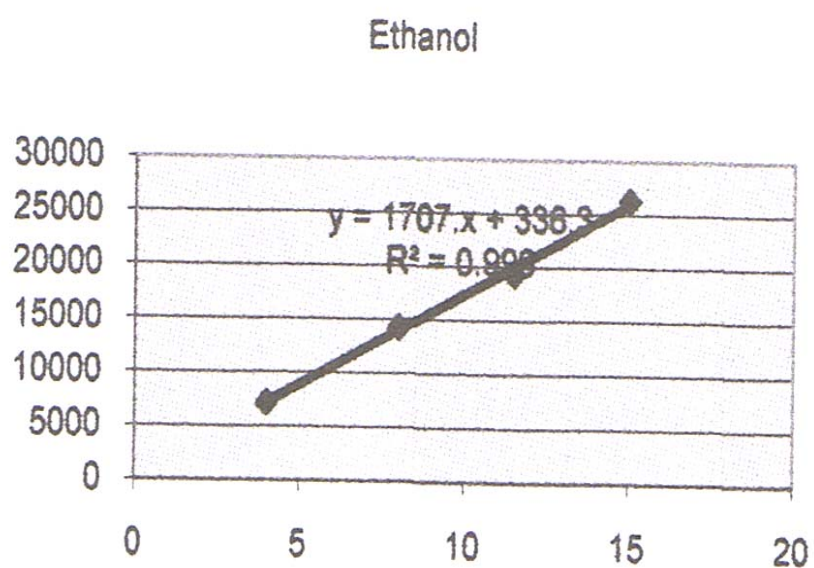
ภาพประกอบ 41 แสดงกราฟมาตรฐานกรด Acetate



ภาพประกอบ 42 แสดงกราฟมาตรฐานกรด malate



ภาพประกอบ 43 แสดงกราฟมาตรฐานกรด Citrate



ภาพประกอบ 44 แสดงกราฟมาตรฐาน Ethanol

ภาคผนวก ง
พืชและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก



ภาพประกอบ 45 ผลมะหลอดสุกก่อนนำมาหมัก



ภาพประกอบ 46 ช่วงระยะเวลาการหมัก 0 - 90 วัน



ภาพประกอบ 47 ระยะเวลากการหมักครบ 90 วัน



ภาพประกอบ 48 น้ำหมักชีวภาพจากมะหลอดก่อนการพาสเจอร์ไรส์



ภาพประกอบ 49 น้ำหมักชีวภาพจากมะหลอดหลังการพาสเจอร์ไรส์และเก็บที่อุณหภูมิห้อง

ภาคผนวก จ

โครงการเรื่อง การทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อบริโภคจากผลมะหลอด

โครงการเรื่อง การทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อบริโภคจากผลมะหลอด

ภูมิหลัง

เนื่องจากในอำเภอบ่อเกลือมีผลมะหลอดเกิดขึ้นเกือบทุกหมู่บ้าน โดยเฉพาะในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ ถึง เดือน มีนาคม มีผลมะหลอดออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ราคาจำหน่ายผลมะหลอดมีราคาที่ตกต่ำบางครั้งปล่อยให้ผลมะหลอดร่วงหล่นไป โดยไม่เห็นคุณค่าของผลมะหลอด ดังนั้นจึงนำผลมะหลอดมาแปรรูปทำเป็นน้ำหมักชีวภาพเพื่อบริโภค โดยทำการศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดเพื่อให้เยาวชนและชุมชน มองเห็นคุณค่าและประโยชน์จากผลมะหลอด โดยไม่ปล่อยให้ผลมะหลอดร่วงหล่นไป โดยไม่นำมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เยาวชนและชุมชนมีความรู้ความเข้าใจในการทำน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอด
2. เพื่อให้เยาวชนและชุมชนสามารถผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผลมะหลอดได้
3. เพื่อนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม
- 4.

วิธีดำเนินการ

1. เตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการหมัก
2. ขั้นตอนการดำเนินการหมัก
- 3.

อุปกรณ์การผลิต

1. พืช ผลมะหลอด
2. น้ำสะอาด หรือน้ำดื่ม
3. น้ำตาลทราย หรือน้ำอ้อย
4. ผ้าขาวบาง สำหรับกรองหรือ กรวยกรอง
5. ถังหมัก ขนาด 20 ลิตร หรือโอแก้ว
6. สายยางพลาสติก
7. หม้อ
8. ทัพพี
9. ขวดบรรจุน้ำหมัก

ขั้นตอนการดำเนินการ

การเตรียมพืช

1. คัดเลือกพืช (ผลมะหลอด)
2. ทำความสะอาด โดยนำมาล้าง
3. ลวกผลมะหลอด เพื่อทำลายเชื้อที่ติดมากับ ผลมะหลอด

การเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการหมัก

ทำความสะอาดอุปกรณ์ โดยล้างด้วยน้ำสะอาด หรือลวกด้วยน้ำร้อน

วิธีการหมัก

1. นำผลมะหลอดที่ทำความสะอาดแล้ว มาบรรจุลงในภาชนะที่ทำการหมัก 3 ส่วน
2. เตรียมน้ำตาลทรายแดง หรือน้ำอ้อย 1 ส่วน
3. เตรียมน้ำสะอาด 10 ส่วน
4. นำผลมะหลอด น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำอ้อย และน้ำสะอาด ผสมบรรจุในภาชนะหมัก
5. ปิดฝาภาชนะที่นำมาหมัก ให้สนิท
6. การบรรจุภาชนะควรให้มีช่องว่างระหว่างถังหมัก 1 ใน 5 ส่วน (แบ่งถังหมักเป็น 5 ส่วน อีกส่วนหนึ่ง เป็นช่องอากาศ เพื่อการควบคุมให้มีอากาศ ออกซิเจน ไม่ให้มากเกินไป)

การนำมาใช้

เมื่อหมักใช้ระยะเวลาครบ 90 วัน ขึ้นไป จึงนำมาบริโภค เพราะในช่วง 90 วันขึ้นไป จุลินทรีย์ ที่ก่อโรค จะลดลง โดยมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมาแทนที่ หากการหมักถูกสุขลักษณะ และขั้นตอนการหมัก ไม่ติดเชื้อจากภายนอก

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เยาวชนและชุมชนมีความรู้เรื่องการหมักผลมะหลอด
2. ใช้กรรมวิธีทำกระบวนการหมักได้ถูกต้อง
3. นำความรู้ไปพัฒนากระบวนการหมักพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่น

ประเมินผล

1. ให้เยาวชนและชุมชนทำน้ำหมักชีวภาพ
2. ทำแบบทดสอบเรื่องน้ำหมักโดยมีใบงาน

ใบงานที่ 1

น้ำหมักชีวภาพคืออะไร

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ใบงานที่ 2

ขั้นตอนการทำน้ำหมักชีวภาพ

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.

ใบงานที่ 3

ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ

[illegible]

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ประวัติย่อผู้ทำสารนิพนธ์

ชื่อ ชื่อสกุล	นายสมหมาย ปัตตาลี
วันเดือนปีเกิด	2 กันยายน 2497
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	111 หมู่ 3 ตำบลกลางเวียง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู/ชำนาญการ โรงเรียนบ้านฝักเหือก
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านฝักเหือก อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2522	มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนปรีดิรัฐสรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
พ.ศ. 2527	ปริญญาตรี สาขาศึกษาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง
พ.ศ. 2551	ปริญญาโท (การศึกษามหาบัณฑิต) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ