สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตและการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง

ทรงยศ สุขทองคำ

ธิติมา พรหมสาขา ณ สกลนคร

วิจ.
ท1437
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83758
วัน,เดือน,ปี 15 ก.ย. 2551

b 11983401
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Production and Quality Evaluation of Yogurt Added with Red Cabbage Juice

Songyos Sukthongkham

Thitima Phromsaka Na Sakonnakorn

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Adcademic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การผลิตและการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง

(Production and Evaluation of Yogurt Fortified with Red Cabbage Juice)

นักศึกษา ทรงยศ สุขทองคำ รหัสนักศึกษา 47050509

ธิติมา พรหมสาขา ณ สกลนคร รหัสนักศึกษา 48050510

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลินจง สุขลำภู

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ทำโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ. สุขใจ ชูจันทร์	
กรรมการ	รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ	
กรรมการ	ผศ. ลินจง สุขลำภู	

.....

(รศ.ดร. นวลพรรณ ณ ระนอง)

หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การผลิตและการประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง

นักศึกษา ทรงยศ สุขทองคำ
ธิติมา พรหมสาขา ณ สกลนคร
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
สาขาวิชา จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ลินจง สุขลำภู

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่มีต่อคุณภาพของโยเกิร์ตปรุงแต่งรสแบบเซ็ทโดยแปรปริมาณของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยปริมาตร พบว่า การเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เพิ่มขึ้นยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก ($p\leq0.05$) ในระหว่างกระบวนการหมัก จากการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีคะแนนความชอบมากที่สุดในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกับโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีร้อยละ 5 ($P>0.05$) โดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (6.96) ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 เพื่อนำมาศึกษาต่อไป จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก และการแยกตัวของหางนมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความแน่นเนื้อของโยเกิร์ต มีแนวโน้มลดลง ($p\leq0.05$) สำหรับค่าสีพบว่าค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) มีค่าลดลงเล็กน้อย ($p\leq0.05$) และจากการศึกษาคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 พบว่า จำนวนของแบคทีเรียแลคติกมีจำนวนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังตรวจพบแบคทีเรียโยเกิร์ตที่รอดชีวิตมีปริมาณเท่ากับ 8.55 log cfu/g สำหรับปริมาณยีสต์และรา ที่ตรวจพบยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกฎหมายที่กำหนดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	(Production and Evaluation of Yogurt Fortified with Red Cabbage Juice)
Student	Songyos Sukthongkham
	Titima Promsaka na sakonnakorn
Department	Applied Biology
Program	Industrial Microbiology
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Asst. Prof. Linchong Suklampoo

Abstarct

The aim of this work was to study the effects of added red cabbage juice on the qualities of flavoured set yoghurt by varying the concentration of red cabbage juice at 5 10 15 and 20 % (v/v). The results showed that adding red cabbage juice supported growth of yoghurt bacteria during fermentation in compaired with plain yoghurt control and as the concentration of red cabbage juice increased, total acidity as lactic acid was significantly increased ($p \leq 0.05$). The results from sensory evaluation of yoghurt added with different concentrations of red cabbage juice showed that the yoghurt added with 5% (v/v) of red cabbage juice got the highest scores in all attributes. However, there was no significantly different ($p \leq 0.05$) between the overall liking scores of yoghurt added with 5 % and 15 % (v/v) of red cabbage juice. Yoghurt added with 15 % (v/v) of red cabbage juice obtaining the hedonic score of overall liking was like moderately (6.96). Therefore, yoghurt added with 15 % (v/v) of red cabbage juice was selected to further study. Qualities change of yoghurt added with 15 % (v/v) of red cabbage juice during stored at 7±2 $^{\circ}$ C for 16 days were studied. It was found that total acidity as lactic acid and syneresis in yoghurt product were increased whereas pH, total solid and firmness of yoghurt were decreased ($p \leq 0.05$) with storage time increased. The lightness (L*) and yellowness (b*) value of yoghurt added with 15 % (v/v) of red cabbage juice slightly increased while redness (a*) value slightly decreased during storage. Microbiological qualities of yoghurt added with 15 % (v/v) of red cabbage juice showed that contents of yoghurt bacteria decreased with increasing storage time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

However, at 16 days storage the number of surviving yoghurt bacteria was 8.55 log cfu/g. For yeast and mold, their were not excess standard regulation throughout the storage time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ผู้ควบคุม ผศ. ลินจง สุขลำภูที่ให้ความรู้ ข้อคิดเห็นในด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์ตลอดจนความช่วยเหลือ คำชี้แนะและแก้ไขให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ รศ. สุขใจ ชูจันทร์ และ รศ.ดร. สุรีย์ นานาสมบัติ ซึ่งเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบหัวข้อโครงงานพิเศษที่ให้คำชี้แนะในการแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสารเคมี ขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและประสานงาน

ขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจและเป็นผู้ตัดสินให้คะแนนโยเกิร์ต อีกทั้งยังคอยให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์สำหรับการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

และที่สำคัญ ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวสุขทองคำ และครอบครัวพรหมสาขา ณ สกลนคร ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์

สำหรับคุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้กับคุณพ่อ คุณแม่ ครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ทรงยศ สุขทองคำ

ธิติมา พรหมสาขา ณ สกลนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 โยเกิร์ต	4
2.1.1 กล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต	
2.1.1.1 คุณลักษณะของ *Streptococcus thermophilus*	4
2.1.1.2 คุณลักษณะของ *L. bulgaricus*	5
2.1.2 ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	
2.1.2.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยและคุณค่าทางโภชนาการของนม	5
2.1.2.2 โยเกิร์ตมีประโยชน์ต่อลำไส้และควบคุมชนิดของจุลินทรีย์ในลำไส้	5
2.1.2.3 โยเกิร์ตช่วยทำให้การดูดซึมของแร่ธาตุต่างๆดีขึ้น	6
2.1.2.4 โยเกิร์ตช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย	6
2.1.2.5 โยเกิร์ตช่วยในกระบวนการหายหลังการติดเชื้อที่ทางเดินอาหาร	7
2.1.2.6 โยเกิร์ตช่วยลดการติดเชื้อรา	7
2.1.2.7 โยเกิร์ตเป็นแหล่งของแคลเซียม	7
2.1.2.8 โยเกิร์ตเป็นแหล่งของโปรตีนชั้นดี	7
2.1.2.9 โยเกิร์ตช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอล	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.1.3 ชนิดของโยเกิร์ต

2.1.3.1 มาตรฐานกฎหมาย 8

2.1.3.2 กรรมวิธีการผลิต 8

2.1.3.3. ลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ 8

2.1.4 รูปแบบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆ 8

2.1.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต 9

2.1.5.1 การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น 9

2.1.5.2 การโฮโมจีไนเซชัน 9

2.1.5.3 การให้ความร้อน 10

2.1.5.4 การเตรียมจุลินทรีย์ 10

2.1.5.5 กระบวนการหมักโยเกิร์ต 10

2.1.5.6 การทำความเย็น 11

2.1.5.8 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 11

2.1.5.7 การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี 11

2.1.6 คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ต 11

2.2 อาหารเพื่อสุขภาพ 13

2.2.1ตัวอย่างของฟังชันนัลฟูดส์และการใช้ประโยชน์

2.2.1.1 โพรไบโอติกส์ 13

2.2.1.2 พรีไบโอติกส์ 16

2.2.1.3 ไฟโทเคมีคัล 18

2.3 สารประกอบฟีนอล 20

2.4 ลักษณะโครงสร้างของสารประกอบแอนโทไซยานิน 25

2.4.1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน 25

2.4.2 สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน 31

2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานิน 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.4 กะหล่ำปลีม่วง 40
2.4.5 ผลของความเป็นกรดต่อการเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานิน 41
2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 วัสดุ-อุปกรณ์
3.1.1 วัตถุดิบ 44
3.1.2 สารเคมี 44
3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ 44
3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ 44
3.2 วิธีการทดลอง 45
3.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง 45
3.2.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในการผลิตโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ 46
3.2.5 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างการเก็บรักษา 47
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย
4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง 48
4.2 การศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต 49
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งหมด 49
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 51
4.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 51
4.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด 53
4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมัก 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ	57
4.4 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างการเก็บรักษา	60
4.4.1 ค่าพีเอช	60
4.4.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก	61
4.4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด	62
4.4.4 การแยกตัวของหางน้ำนม (syneresis) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต	63
4.4.5 ค่าสีของโยเกิร์ต	65
4.4.6 ความแน่นเนื้อของโยเกิร์ต	68
4.4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15	68
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	70
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเชื้อ	79
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางเคมี	80
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางกายภาพ	85
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์	86
ภาคผนวก จ ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการหมัก	87
ภาคผนวก ฉ ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างของสารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟูดส์	13
2.2	จุลินทรีย์ที่ชนิดต่าง ๆ ที่จัดเป็นโพรไบโอดิกส์	15
2.3	เส้นใยอาหารที่พบในธัญพืช	16
2.4	ไฟโทเคมีคัลจากพืชที่มนุษย์ได้รับจากอาหาร	19
2.5	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่มีในผลไม้สุก	22
2.6	สารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่ที่พบในพืช	23
2.7	แอนโทไซยานิดินในธรรมชาติ	29
2.8	ช่วงการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน และสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์	31
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับสีของแอนโทไซยานิน	33
2.10	การเปลี่ยนแปลงค่า λ_{max} และระดับสี ของแอนโทไซยานินที่ค่าพีเอชต่างๆ	35
4.1	องค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพจากของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วง	48
4.2	ค่าเฉลี่ยความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง ที่ความเข้มข้นต่างๆ	57
4.3	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ภาคผนวก จ ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการหมัก		
1	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมัก	87
2	ค่าปริมาณกรด(ร้อยละของกรดแลคติก)ทั้งหมดในระหว่างกระบวนการหมัก	88
3	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการบวนการหมัก	89
ภาคผนวก ฉ ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา		
1	ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้จากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15	90
2	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15	90
3	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในโยเกิร์ต	91
4	การแยกน้ำของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (ร้อยละ)	91
5	ค่าสี L* a* b* ของโยเกิร์ต	92
6	ปริมาณของแอนโทไซยานินในโยเกิร์ต (ไมโครกรัมต่อกรัม)	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	สูตรโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลชนิดต่างๆ ที่พบทั่วไปในพืช	21
2.2	โครงสร้างหลักของสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์	25
2.3	โครงสร้างของ Flavylium Cation	26
2.4	โครงสร้างของpetunidinซึ่งเป็นแอนโทไซยานิดินชนิดหนึ่ง	26
2.5	โครงสร้างแอนโทไซยานิดินที่เป็นแอกไลโคนของแอนโทไซยานินที่พบบ่อยในธรรมชาติ	27
2.6	โครงสร้างของ aglycone ที่สร้างพันธะกับแอนโทไซยานินและโอลิโกแซคคาไรด์	30
2.7	UV/visible spectrum ของแอนโทไซยานินและสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์	32
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน	33
2.9	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินทั้ง 4 รูปแบบในสารละลายกรดที่ 25 องศาเซลเซียส	34
2.10	การสกัดแอนโทไซยานินจากผลแครนเบอร์รี่ด้วยน้ำที่พีเอชของสารละลายจาก 1-13	35
2.11	การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแอนโทไซยานิน	38
2.12	การเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินเมื่อได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณมาก	39
4.1	กราฟจำนวจุลินทรีย์ในแต่ละช่วงเวลาในระหว่างกระบวนการหมัก	51
4.2	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด – ด่างในระหว่างกระบวนการหมัก	52
4.3	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในระหว่างกระบวนการหมัก	54
4.4	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต	56
4.5	ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 0-20	59
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชจากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	61
4.7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	62
4.8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ต ที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	การเปลี่ยนแปลงการแยกน้ำทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	64
4.10	แสดงค่าสีในระบบ L* a* b* ในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	66
4.11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยินในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	67
4.12	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กะหล่ำปลี(Cabbage) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* L. Var.*Capitata* สามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลและสามารถขึ้นได้ดีกับดินแทบทุกชนิด กะหล่ำปลีแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่กะหล่ำปลีธรรมดา (Courmon Cabbage) นิยมปลูกและบริโภคกันมาก ลักษณะหัวกลมหลายแบบ เช่นกลมหัวแหลมเป็นรูปหัวใจและกลมแบนราบ มีสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน กะหล่ำปลีแดงหรือกะหล่ำปลีม่วง (Red Cabbage) ลักษณะหัวค่อนข้างกลม มีสีแดงทับทิม มีอายุการเก็บเกี่ยวปานกลางและนาน ต้องการอากาศหนาวเย็นพอสมควร และกะหล่ำปลีใบย่น (Savoy Cabbage) มีลักษณะ ผิวใบหยิกย่นเป็นคลื่นมาก (ราชบัณฑิตยสถาน, 2538)

กะหล่ำปลีม่วงประกอบด้วย วิตามินซี 5.66 ถึง 23.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักของผักสด เบต้าแคโรทีน 0.009 ถึง 0.124 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักผักสด ลูเทอีน 0.021 ถึง 0.258 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักผักสด วิตามินอี (DL-α-tocopherol) 0.030 ถึง 0.509 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก100 กรัมของผักสด และ มีปริมาณฟีนอลลิก 101.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับ กะหล่ำปลีธรรมดาและกะหล่ำปลีใบย่น (Byers และ Perry, 1992)

แอนโทไซยานินเป็นสารสีที่พบในกะหล่ำปลีม่วงจัดเป็นสารพวกฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารประกอบฟีโนลิคชนิดหนึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในแวคคิวโอ สีของแอนโทไซยานินมีสีตั้งแต่แดงน้ำเงิน ไปจนถึงสีม่วง สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง สารแอนโทไซยานินยังออกฤทธิ์ในการขยายเส้นเลือด ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ และอัมพาตได้อีกด้วย (Mazza และ Miniati , 1993)

ปัจจุบันนี้อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) กำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากอาหารจำพวกนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางอาหารสูง อาหารเพื่อสุขภาพหมายถึง อาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่นๆ ต่อสุขภาพนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐานคือ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ ซึ่งสมบัติพิเศษที่ได้รับนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ส่วนใหญ่เป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค เช่น ช่วยลดปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือด ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน (Osteroporosis) (Bender, 1999; Sanders, 1998) มีผลต่อการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน ตลอดจนมีผลต่อการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย อาหารหลายชนิดที่จัดเป็นฟังชันนัลฟูดส์และพบได้ในชีวิตประจำวันมีมากมายหลายประเภท เช่น โพรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ ธัญพืช เส้นใยอาหาร ตลอดจนสารเคมีพืช หรือที่เรียกว่าไฟโทเคมีคัล (Phytochemicals) หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมซึ่งผ่านกระบวนการหมัก ทำให้มีรสเปรี้ยวและมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ในโยเกิร์ตประกอบด้วยแบคทีเรียหลักๆ 2 ชนิดด้วยกันคือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาเปลี่ยนนมให้เป็นโยเกิร์ต ประโยชน์ของโยเกิร์ตทั่วๆไปคือมีคุณสมบัติย่อยง่าย เนื่องจากมีเอมไซน์ช่วยย่อยโปรตีนเคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ย่อยยาก ส่งผลให้ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ง่ายขึ้น ลดปัญหาภูมิแพ้ต่อ น้ำตาลแลคโตสอีกทั้งยังสร้างภูมิคุ้มกันกลุ่มแบคทีเรียที่ดีที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ นอกจากนี้ยังเห็นผลในการบรรเทาอาการท้องเสีย การช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจเนื่องจากจุลินทรีย์แลคโตบาซิลัส ช่วยควบคุมปริมาณโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ อย่างไรก็ตามการรับประทานโยเกิร์ตยังสามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้อีกด้วย เพราะแลคโตบาซิลลัสสามารถช่วยยับยั้งกลุ่มแบคทีเรียในลำไส้ที่สร้างสารไนเตรท ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งตัวหนึ่ง พร้อมกับช่วยเปลี่ยนสารฟลาโวนอยด์จากพืชให้เป็นสารต้านมะเร็งได้

จากข้อมูลดังกล่าวโครงงานพิเศษนี้จึงมีแนวความคิดที่จะผลิตโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพโดยเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงซึ่งประกอบไปด้วยสารสีแอนโทไซยานินเพื่อใช้เป็น functional ingredient และทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เติมในโยเกิร์ต รวมทั้งประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้ในระหว่างการเก็บรักษา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ประเมินการใช้น้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆเพื่อใช้เป็น functional ingredient และทำให้เกิดสีในโยเกิร์ตชนิดปรุงแต่งกลิ่นรสแบบเซ็ท (flavoured set yoghurt)

1.2.1.1 ศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต

1.2.1.2 ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้จากการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ

1.2.2 ศึกษาคุณภาพของโยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตชนิดปรุงแต่งกลิ่นรสแบบเซ็ท (flavorited set yoghurt) โดยใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิดฟรีสดราย (freeze-dry) ซึ่งเป็นหัวเชื้อผสมระหว่าง *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* และประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง ศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงต่อกระบวนการหมักและคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภค

1.4.2 เป็นการทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารสีต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง

1.4.3 ลดการใช้สีสังเคราะห์โดยการใช้สารสีจากธรรมชาติจากกะหล่ำปลีม่วงซึ่งมีความปลอดภัยมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 โยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมซึ่งผ่านกระบวนการหมัก ทำให้มีรสเปรี้ยวและมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ซึ่งมีต้นกำเนิดแถวเทือกเขาคอเคซัสของรัสเซีย ในโยเกิร์ตจะประกอบด้วยแบคทีเรียหลักๆ 2 ชนิดด้วยกันคือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาเปลี่ยนนมให้เป็นโยเกิร์ต นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการเติม Bifidobacteria และ *Lactobacillus casei* ในโยเกิร์ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารอีกด้วย คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ตนั้นจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณแบคทีเรียที่ยังมีชีวิตในโยเกิร์ตในขณะที่รับประทาน ดังนั้นกระบวนการผลิต การบรรจุ การเก็บ ตลอดจนการขนส่ง ล้วนแล้วแต่มีผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ต ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนในการกำหนดคุณภาพของโยเกิร์ต แต่โยเกิร์ตที่ดีควรมีแบคทีเรียที่ยังมีชีวิต 100 ถึง 1000 ล้านตัวต่อปริมาณโยเกิร์ต 1 มิลลิกรัม เนื่องจากความเป็นกรดในกระเพาะสามารถฆ่าแบคทีเรียหลายชนิดก่อนที่เชื้อโรคเหล่านี้จะผ่านไปยังลำไส้ แบคทีเรียในโยเกิร์ตก็เช่นเดียวกัน จะถูกทำลายไปจำนวนหนึ่งเมื่อผ่านไปที่กระเพาะอาหาร ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องรับประทานโยเกิร์ตในปริมาณที่มากพอ เพื่อให้แบคทีเรียที่มีประโยชน์เหล่านี้จำนวนหนึ่งเหลือรอดผ่านไปยังลำไส้ได้ อย่างไรก็ตามในลำไส้เองก็มีแบคทีเรียมากมายหลายประเภทอาศัยอยู่ บางชนิดมีประโยชน์ต่อร่างกาย บางชนิดไม่มีประโยชน์ เมื่อเรารับประทานโยเกิร์ต แบคทีเรียที่อยู่ในโยเกิร์ตจัดเป็นสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย แบคทีเรียเหล่านี้จึงไม่สามารถที่จะเกาะติดผนังลำไส้ได้ ดังนั้นจึงถูกขับออกจากลำไส้อย่างรวดเร็ว ในรูปของอุจจาระ การรับประทานโยเกิร์ตให้ได้รับประโยชน์เต็มที่นั้นต้องรับประทานเป็นประจำและต้องเป็นปริมาณที่มากพอ เพื่อให้มีปริมาณแบคทีเรียในลำไส้ปริมาณหนึ่ง ดังนั้นโยเกิร์ตจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทโพรไบโอติก ซึ่งหมายถึงอาหารที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากสามารถปรับสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้ของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ประเภทโพรไบโอติก นอกจากโยเกิร์ตแล้ว ยังได้แก่ นมเปรี้ยว คีเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 กล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต

2.1.1.1 คุณลักษณะของ *Streptococcus thermophilus*

เป็นแบคทีเรียแลคติก รูปร่างกลมต่อกันเป็นสาย สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 49 องศาเซลเซียส แต่เจริญไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ เมื่ออยู่เดี่ยวๆจะสร้างกรดทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนได้ดี จะมีกิจกรรมสูงในการปล่อยกรดแลคติคในช่วงแรกของการหมัก ดังนั้นถ้าสามารถคัดเลือกเชื้อสายพันธุ์นี้ให้สามารถสร้างกรดได้อย่างรวดเร็วจะทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการหมักให้น้อยลง สารอื่นๆ ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อ นอกจากกรดแลคติกแล้วยังมีสารที่มีความ สำคัญต่อการสร้างกลิ่นรส (aroma and flavor) ของโยเกิร์ตซึ่งสารประกอบเหล่านี้ได้จากหัวเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องให้เชื้อทั้งสองชนิดนี้เจริญ ในสัดส่วนที่สมดุลกัน ดังนั้นสิ่งที่สำคัญในหัวเชื้อโยเกิร์ตนอกจากจะให้แบคทีเรียที่มีชีวิตจำนวนมากแล้วหัวเชื้อยังจำเป็นต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกันอีกด้วย *S. thermophilus* สามารถผลิตแคปซูลและผลิตสารเมือกภายนอกเซลล์ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ ช่วยให้โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีลักษณะเนื้อเนียนข้น และทำให้ผลไม้กระจายตัวได้ดีในโยเกิร์ต (Vedamuthu, 1991)

2.1.1.2 คุณลักษณะของ *L.bulgaricus*

L. bulgaricus เป็นแบคทีเรียแลคติกรูปแท่ง อาจพบอยู่เป็นคู่หรือต่อกันเป็นสาย แบคทีเรียชนิดนี้ทนความร้อนได้ดี มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 45 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดประมาณ 43-46 องศาเซลเซียส *L. bulgaricus* เจริญได้ดีในรูปที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย หรือในรูปที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในช่วงแรกของการหมัก *L. bulgaricus* จะเจริญอย่างช้าๆจนกว่าออกซิเจนจะถูกใช้ไปหมดโดยแบคทีเรียชนิดอื่นและแบคทีเรียชนิดนี้สามารถผลิตเมือกภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ได้ เช่นเดียวกับ *S. thermophilus* ช่วยให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่เนียน และข้น (Vedamuthu, 1991)

2.1.2 ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

2.1.2.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยและคุณค่าทางโภชนาการของนม

นมหมักย่อยง่ายและมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่านมสด เนื่องจากในกระบวนการทำโยเกิร์ตนมจะถูกหมักและเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่สามารถย่อยได้ง่ายขึ้นและในกระบวนการดังกล่าวจะเกิดแลคเตส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ย่อยนม (น้ำตาลแลคโตส) นอกจากนี้ในกระบวน การหมักดังกล่าวจะจะเกิดเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนเคซีน ทำให้ง่ายต่อการดูดซึม (Sanders, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 โยเกิร์ตมีประโยชน์ต่อลำไส้และควบคุมชนิดของจุลินทรีย์ในลำไส้

เนื่องจากในโยเกิร์ตประกอบด้วยแบคทีเรียแลคโตบาซิลัสที่เป็นประโยชน์ต่อลำไส้ตลอดจนช่วยความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสโดยเฉพาะ *L.acidophilus* จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในลำไส้ใหญ่และช่วยลดการเปลี่ยนน้ำดีเป็นกรดน้ำดีซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมะเร็ง (Bradyและคณะ, 2000) ปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้จะช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นโรคต่างๆที่บริเวณลำไส้ นอกจากนี้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อลำไส้พวกนี้จะทำลายสารอันตรายต่างๆ เช่น สารไนเตรตและไนไตร์ทก่อนที่สารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งอย่างหนึ่งในนมหมักมีสารเมตาบอลไลท์ที่แบคทีเรียแลคติกขับออกมาสะสม สารเหล่านี้มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญเติมโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น กรดแลคติก กรดอะซีติก กรดฟอร์มิก และกรดเบนโซอิก มีความสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้หลายชนิดโดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมลบที่ทำให้เกิดโรค นอกจากนี้ แบคทีเรียแลคติกยังผลิตสารที่มีคุณสมบัติทางปฏิชีวนะเรียกว่า Bacteriosin สามารถยับยั้งแบคทีเรียในลำไส้ที่ทำให้เกิดโรค เช่น *Salmonella* หรือ *Shigella* ด้วย (Daeshel,1993)

2.1.2.3 โยเกิร์ตช่วยทำให้การดูดซึมของแร่ธาตุต่างๆดีขึ้น

กระบวนการหมักโยเกิร์ตจะช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมและวิตามินบี (Famularo และคณะ, 2005)นอกจากนี้กรดแลคติกในโยเกิร์ตยังช่วยย่อยแคลเซียมในนม ทำให้ดูดซึมง่ายขึ้น โดยการดูดซึมของแคลเซียมจะดีขึ้นถ้ามีแลคโตสประกอบอยู่ด้วย (Rusoff, 1987) ในกรณีของผู้สูงอายุที่มีความต้องการแคลเซียมเพิ่มขึ้น การหลั่งน้ำย่อยจากกระเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การบริโภคนมหมักจะช่วยเพิ่มการละลายและการดูดซึมของแคลเซียมและเหล็กสืบเนื่องจากความเป็นกรดของกระเพาะอาหารลดลง

2.1.2.4 โยเกิร์ตช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย

จากการศึกษาพบว่าการบริโภคโยเกิร์ตวันละ 2 ถ้วยเป็นประจำ ตลอดเวลา 3 เดือนพบว่าระดับอินเตอร์เฟอรอนซึ่งเป็นสารในระบบภูมิคุ้มกันมีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แบคทีเรียในโยเกิร์ตยังกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวในการทำลายเชื้อโรค (Reid และคณะ, 2003) บางการศึกษารายงานว่าพบสารที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งในโยเกิร์ต แบคทีเรียจำพวกบิฟิโดแบคทีเรีย และ *L. bulgaricus* มีอิทธิพลต่อระบบภูมิคุ้มกันชักนำให้เกิดสารแอลฟาอินเทอเฟอรอนขึ้น สารเหล่านี้ทำหน้าที่ต่อต้านไวรัสและการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์แปลกปลอม จึงมีสมบัติเป็นผู้ทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 โยเกิร์ตช่วยในกระบวนการหายหลังการติดเชื้อที่ทางเดินอาหาร

เชื้อไวรัสบางชนิด ตลอดจนอาการแพ้อาหารสามารถทำให้เซลล์เยื่อบุผนังลำไส้เสียหายได้ โดยเฉพาะเซลล์ที่ทำหน้าที่ผลิตแลคเตส จึงส่งผลให้เกิดความผิดปกติในการดูดซึมน้ำตาลแลคโตส ชั่วคราว นี่คือเหตุผลว่าทำไมในเด็กที่มีโรคติดเชื้อบริเวณทางเดินอาหารจะไม่สามารถย่อยนมได้ตามปกติหลังจากติดเชื้อ 1-2 เดือน และเนื่องจากโยเกิร์ตประกอบด้วยน้ำตาลแลคโตสน้อยลง แต่มีเอนไซม์แลคเตสมากขึ้น ดังนั้นจึงนิยมใช้โยเกิร์ตเป็นอาหารเพื่อรักษาอาการท้องเสีย เพราะจะช่วยให้อาการท้องเสียหายเร็วขึ้น สำหรับบุคคลที่ได้รับยาปฏิชีวนะ การรับประทานโยเกิร์ตจะช่วยลดผลกระทบของยาต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ (เนื่องจากยาปฏิชีวนะไม่ได้ออกฤทธิ์ทำลายเฉพาะแบคทีเรียที่เป็นอันตราย แต่จะทำลายแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกายด้วย) ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้กินโยเกิร์ตวันละ 1 ถ้วยในขณะที่ได้รับยาปฏิชีวนะ และรับประทานต่อเนื่องอีก 2 สัปดาห์หลังจากหยุดยาแล้ว จากการศึกษาในปี 1999 โดยกุมารแพทย์พบว่าแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสจะช่วยลดอาการท้องเสียหลังจากได้รับยาปฏิชีวนะ

2.1.2.6 โยเกิร์ตช่วยลดการติดเชื้อรา

จากการศึกษาพบว่าการกินโยเกิร์ตวันละ 8 ออนซ์ทุกวันสามารถลดปริมาณเชื้อราที่ช่องคลอดได้ และยังช่วยลดการติดเชื้อราที่ช่องคลอดได้อีกด้วย

2.1.2.7 โยเกิร์ตเป็นแหล่งของแคลเซียม

ในโยเกิร์ต 8 ออนซ์จะมีแคลเซียมมากถึง 450 มิลลิกรัม (ปริมาณเท่ากับแคลเซียมครึ่งหนึ่งที่ RDA แนะนำให้เด็กได้รับภายใน 1 วัน และเท่ากับร้อยละ 30-40 ของปริมาณแคลเซียมที่แนะนำให้ผู้ใหญ่บริโภคภายใน 1 วัน และเนื่องจากแบคทีเรียในโยเกิร์ตจะช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมเป็นไปได้มากขึ้น ดังนั้นการกินโยเกิร์ตจะช่วยให้คุณได้รับแคลเซียมมากกว่าการกินนมในปริมาณเท่ากัน

2.1.2.8 โยเกิร์ตเป็นแหล่งของโปรตีนชั้นดี

ในโยเกิร์ต 8 ออนซ์ประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 10-14 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณเท่ากับร้อยละ 20 ของความต้องการโปรตีนในแต่ละวัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างนมกับโยเกิร์ตปริมาณเท่ากัน ในโยเกิร์ตจะมีโปรตีนปริมาณมากกว่า นอกจากโยเกิร์ตจะเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยโปรตีนแล้ว โปรตีนในโยเกิร์ตยังเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย

2.1.2.9 โยเกิร์ตช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอล

จากการศึกษาพบว่าโยเกิร์ตสามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอลได้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตสามารถกำจัดคลอเลสเตอรอลได้ และทั้งนี้โยเกิร์ตก็สามารถรวมตัวกับกรดน้ำดีซึ่งเป็นสารตั้งต้นของคลอเลสเตอรอลได้ (Sanders , 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ชนิดของโยเกิร์ต (Type of Yoghurt)

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตสามารถแบ่งได้โดยอาศัยหลักการต่อไปนี้

2.1.3.1 มาตรฐานกฎหมาย (Legal Standard)

ตามมาตรฐานขององค์กรการอาหารและเกษตร(Food and Agriculture Organization, FAO)และองค์กรการอนามัยโลก (WHO) ปี ค.ศ. 1973 ได้กำหนดให้แบ่งชนิดโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้

1) Full fat yoghurt	มีปริมาณไขมันมากกว่าร้อยละ 3
2) Medium fat yoghurt	มีปริมาณไขมันระหว่างร้อยละ0.5-3
3) low fat yoghurt	มีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5

2.1.3.2 กรรมวิธีการผลิต (Method of Yoghurt Processing)

สามารถแบ่งโยเกิร์ตตามกรรมวิธีการออกได้เป็น 2 ชนิดโดยขึ้นกับระบบการผลิตและโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน (coagulum) ดังนี้

1)โยเกิร์ตแบบอยู่ตัว (Set yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ถูกบรรจุทันทีหลังจากการเติมจุลินทรีย์ลงในนม การหมักเกิดภายในภาชนะบรรจุ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นเนื้อเดียวกันต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว

2) โยเกิร์ตชนิดคน (Stirred yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการหมักเกิดขึ้นในถังที่มีการหมักเรียบร้อยแล้ว หลังจากกระบวนการหมักจะมีการกวนหรือคนโยเกิร์ตผสมกับกลิ่นรสผลไม้ตามต้องการ ลักษณะของ ตะกอน ที่ได้จะแตกหรือแยกออกจากกันก่อนที่จะนำไปผ่านการให้ความเย็นหรือบรรจุ

2.1.3.3. ลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Flavour)

การแต่งกลิ่นรสในโยเกิร์ต ทำให้เกิดลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันดังนี้ (Tamime และ Robinson, 1985)

1.โยเกิร์ตชนิดธรรมดา (Plain หรือ Natural yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ตามวิธีดั้งเดิม มีรสเปรี้ยว เป็นโยเกิร์ตธรรมดาที่ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้ลงไป

2. โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยผลไม้ (Fruit yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีการเติมผลไม้และสารให้ความหวานลงไปในโยเกิร์ตชนิดธรรมดา

3. โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์ (Flavoured yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ได้จาการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ ซึ่งอาจแบ่งได้อีก 2 แบบคือ แบบสวิสซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ผสมรวมกระจายอยู่ในเนื้อ โยเกิร์ต มีการปรุงแต่งสีเนื้อให้เกิดรสชาติที่ดีและสวยงาม และแบบซันเดย์ จะมีเนื้อผลไม้อยู่บริเวณก้นภาชนะ เช่น ส้ม สับปะรด สตรอเบอร์รี่ ลิ้นจี่ แอปเปิ้ล ลูกพีช เวลารับประทานจะต้องคนให้เนื้อและโยเกิร์ตเข้ากันเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 รูปแบบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดต่างๆ (ลูกจันทร์, 2524)

2.1.4.1 โยเกิร์ตชนิดเซ็ต (set yoghurt) คือ โยเกิร์ตที่ผลิตโดยนำน้ำนมที่ผ่านกระบวนการปรับมาตรฐานการโฮโมจิไนซ์ การให้ความร้อนและเพาะเชื้อเริ่มต้นเป็นที่เรียบร้อย แล้วมาบรรจุลงในภาชนะย่อยที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค แล้วนำไปหมักให้นมตกตะกอนในภาชนะนั้นจึงทำการแช่เย็นเพื่อเก็บรักษาโดยไม่มีการกวน

2.1.4.2 โยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yoghurt) คือ โยเกิร์ตที่หมักให้นมตกตะกอนในถังหมักให้เรียบร้อยแล้วจึงนำโยเกิร์ตมาบรรจุลงในภาชนะที่จะใช้จำหน่ายหรือบริโภค

2.1.4.3 โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ (swiss style fruit yoghurt) โยเกิร์ตชนิดนี้ เมื่อหมักนมจนเป็นโยเกิร์ตในถังหมัก และผสมผลไม้ลงไปในถังหมักกวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้กวนมาบรรจุภาชนะที่ใช้จำหน่าย

2.1.4.4 นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (drinking yoghurt or yoghurt drink) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังหมักมาเจือจางด้วยน้ำเชื่อม และ/หรือ น้ำผลไม้แล้วปรุงแต่งโดยเติมสารเจือปนอาหาร เช่น สี กลิ่นผลไม้และสารเสริมความคงตัว เป็นต้น จึงมีลักษณะเหลวสามารถดื่มได้

2.1.5 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

2.1.5.1 การเตรียมส่วนผสมเบื้องต้น

การผลิตโยเกิร์ตให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ และได้มาตรฐาน ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำนมก่อนการหมัก โดยปรับปริมาณไขมันในน้ำนมให้มีปริมาณไขมันในน้ำนมร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนัก และปรับปรุงปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในนม โยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากน้ำนมที่มีปริมาณของแข็งร้อยละ 15-15 ของแข็งที่เติมเพื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมด ได้แก่ นมผงปราศจากไขมัน สารให้ความหวาน โซเดียมเคซีนเนต สารที่ทำให้โยเกิร์ตเกิดความคงตัว (stabilizer)

2.1.5.2 การโฮโมจีไนเซชัน (กระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน)

หลังจากการปรับส่วนผสมแล้ว จะมีการนำนมที่ได้มาผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยการให้นมผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ การโฮโมจีไนเซชันน้ำนมก่อนที่ใช้ผลิตจะมีส่วนทำให้ความสม่ำเสมอและความคงตัวของเนื้อนมเปรี้ยวดีขึ้นความแน่นของเนื้อนมเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้นถ้าเพิ่ม ความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ ความดันปกติที่ใช้ คือ 100-200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 50 – 60 องศาเซลเซียส จึงจะให้ผลดี (Tamime และ Robinson , 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 การให้ความร้อน

การให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนที่ใช้ผลิตนมเปรี้ยวมีประโยชน์หลายประการคือ

1. ทำให้น้ำนมมีความเหมาะสมในการเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ยิ่งขึ้น

2 ทำให้การตกตะกอนของน้ำนมสมบูรณ์ และทำให้ตกตะกอนมีความแน่เพียงพอ

3. ทำให้หางนมไม่แยกออกจากตะกอนที่ตกแล้ว อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้กับน้ำนมคือ 90 – 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งอุณหภูมินี้เพียงพอกับการทำให้โปรตีนของหางนมตกตะกอน ทำให้เนื้อนมเปรี้ยวแน่นยิ่งขึ้น

2.1.5.4 การเตรียมจุลินทรีย์

ขั้นตอนนี้เป็นตอนที่สำคัญ เพราะการเตรียมจุลินทรีย์ที่จะใช้ต้องมีการควบคุมด้านสุขลักษณะเป็นอย่างดี การเตรียมจุลินทรีย์จะต้องทำด้วยความระมัดระวังที่ไม่ให้จุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์แปลกปลอมเข้าไป จุลินทรีย์ที่ใช้ได้แก่แบคทีเรีย *Streptococcus thermophillus* และ *Lactobacillus bulgaricus* อัตราส่วนของปริมาณของแบคทีเรียระหว่างทั้งสองชนิด อาจจะเป็น 1:1 หรือ 2:1 สัดส่วนนี้อาจจะไม่เป็นผลถ้าการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ไม่แน่นอน จุลินทรีย์ที่เตรียมไว้จะต้องมีชุดใหม่อยู่ตลอดเวลา เพราะถ้าใช้ชุดเก่า จุลินทรีย์นั้นอาจจะไม่แข็งแรง และอัตราส่วนของจุลินทรีย์ก็อาจจะเปลี่ยนแปลงไป เพราะเมื่ออยู่ด้วยกันนานๆ แลคโตบาซิลลัสมักจะมีปริมาณมากกว่า ซึ่งจะมีผลทำให้นมเปรี้ยวมีรสเปรี้ยวจัดเพราะมีกรดสูง

การเตรียมจุลินทรีย์ต้องปราศจากจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรีย การที่มีจุลินทรีย์อื่นเข้าไป เช่น สปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นประเภทที่ทนทานต่อความร้อนสูง จะทำให้นมเปรี้ยวมีรสขมได้ หลังจากการผลิตนมเปรี้ยวได้มาตรฐานแล้ว จะมีกรดอยู่ประมาณร้อยละ 0.9 – 1.0 และกรดจะเพิ่มขึ้นระหว่างที่มีการนำไปจัดจำหน่าย โดยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1.5 ความเป็นกรดเป็นด่างจะวัดได้ 4.4 –4.2 ปริมาณของกรดจะควบคุมได้ด้วยอุณหภูมิที่ใช้บ่ม (incubation) และการทำให้เย็นลงเมื่อได้กรดพอเพียง การมีกรดสูงมักจะทำให้นมเปรี้ยวมีรสชาติและกลิ่นหอมมากขึ้น (เรณู, 2535)

2.1.5.5 กระบวนการหมักโยเกิร์ต

นมที่ผ่านการให้ความร้อนจะต้องทำให้เย็นลง หลังจากนั้นจะมีการถ่ายเชื้อโยเกิร์ตลงในส่วนผสมโดยจะต้องทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ ใช้ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 5-10 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการหมักหรือบ่มโยเกิร์ตคืออุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักคือ

1. น้ำตาลแลคโตสในนมถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติคโดยแบคทีเรียแลคติค

2. กรดแลคติคที่เพิ่มขึ้นทำให้น้ำนมมีค่าพีเอช ลดลง

3. พีเอช ที่ลดลงทำให้โปรตีนในนมตกตะกอนรวมตัวเป็นก้อนนิ่มๆ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรตีนนมถูกย่อยสลายได้เป็น เปปไทด์ และกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

5. จุลินทรีย์โยเกิร์ต เพิ่มจำนวนขึ้น จาก100-1000 เท่า จนมีปริมาณ 1000 ล้านตัวต่อมิลลิลิตร

6. แบคทีเรียแลคติคบางชนิดผลิตวิตามิน เช่น โฟลิก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

7. แบคทีเรียแลคติคบางชนิดสามารถผลิตสารโพลีแซคคาไรด์ได้ ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตได้

8. แบคทีเรียแลคติคทำให้เกิดกลิ่นและรสเฉพาะของโยเกิร์ต จากการผลิตสารพวกอัลดีไฮด์

2.1.5.6 การทำความเย็น (cooling)

เพื่อควบคุมกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตและเอนไซม์ ซึ่งการให้ความเย็นโดยจะทำเมื่อโยเกิร์ตมีระดับค่าพีเอชตามความต้องการ

2.1.5.7 การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี

ได้แก่ผลไม้ สารให้กลิ่นรส สี และองค์ประกอบอื่นๆ เช่น น้ำผึ้ง กาแฟและถั่วต่างๆ เป็นต้น

2.1.5.8 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ปกติโยเกิร์ตมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน ที่ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ต จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ดังนั้น การผลิตจึงควรระมัดระวังการปนเปื้อนของเชื้อยีสต์และรา รวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย

2.1.6 คุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ต

น้ำนมโคจัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะว่ามีสารอาหารที่ร่างกายของมนุษย์มีความจำเป็นอยู่เกือบจะสมบูรณ์ ยกเว้นการขาดแคลนธาตุเหล็กและวิตามินซีของน้ำนมโค แต่เมื่อนำมาทำโยเกิร์ตจะปรากฏว่าคุณค่าทางอาหารของโยเกิร์ตจะมีสูงกว่านมโค (Deeth และ Tamime, 1981)

คุณค่าทางอาหารของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตในโยเกิร์ตจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูป คือ คาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้กับย่อยไม่ได้ ในกรณีที่เป็นโยเกิร์ตที่ไม่ได้ปรุงแต่งสี กลิ่น และรสนั้นจะปรากฏว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้ ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่อยู่น้อยมาก แต่หลังการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักจะมีแลคโตสอยู่ในปริมาณที่มากพอสมควร โดยจะพบราวๆร้อยละ 4-5 (Tamime, 1977) เพราะในการทำโยเกิร์ตนั้นจะมีการเติมหางนมผง เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมให้อยู่ในระดับร้อยละ 14- 16 ทำให้ปริมาณของแลคโตสสูงตามไปด้วย แต่ภายหลังการหมักจุลินทรีย์ได้ใช้แลคโตสบางส่วนไปในการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดแลคติก จึงทำให้ปริมาณของแลคโตสเหลืออยู่ใกล้เคียงกับน้ำนมสดซึ่งเมื่อบริโภคแล้ว จะถูกแลคโตสในลำไส้เล็กทำการย่อย สำหรับผู้บริโภคซึ่งขาดน้ำย่อยแลคเตสมาตั้งแต่กำเนิด หรือไม่ได้ดื่มนมสดมาเป็นเวลานานจนต่อมสร้างแลคเตสฝ่อไป เมื่อดื่มนมสดอาจเป็นโรคแพ้น้ำตาลนมได้ แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตอาการแพ้น้ำตาลนมจะไม่เกิดขึ้นเลย ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ

1. จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตจะยังคงทำหน้าที่ในการย่อยแลคโตสต่างไปอีก หลังจากบริโภคแล้ว ทำให้ปริมาณของแลคโตสมีเหลืออยู่น้อยมาก เมื่อเข้าไปถึงส่วนของลำไส้เล็ก

2.หลังจากที่บริโภคแล้ว ลักษณะของเคิร์ดยังคงมีอยู่อย่างสมบูรณ์ ทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเป็นไปอย่างช้าๆ ผลเสียหายที่เกิดจากกการย่อยแลคโตส จึงไม่เกิดขึ้นรุ่นแรงมากนัก

ด้วยเหตุผลดังกล่าว โยเกิร์ตเป็นอาหารนมที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้น้ำตาลนม สำหรับคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ได้แก่ พวก สารคงตัว ซึ่งเติมลงไปในโยเกิร์ตเพื่อป้องกันการแยกตัวของเวย์ สารคงตัวที่ใช้กันอยู่เป็นพวกคอมเพล็กซ์คาร์โบไฮเดรต เช่น กัวกัม โลคัสบีนกัม เพคติน คาราจีแนน เป็นต้น โดยสารคงตัว ในโยเกิร์ตจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในแง่อื่นๆคือ

1.กระตุ้นให้ลำไส้เล็กมีการบีบหดตัว

2.ช่วยดูดซับสารพิษบางอย่าง ที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน ของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่

3.ช่วยลดการกระจาบตัวของแลคโตส ไม่ให้เข้าสู่ผนังลำไส้เล็กเร็วเกินไป

คุณค่าทางอาหารของโปรตีน

โปรตีนของนมจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางชีวภาพมากทั้ง เคซีนและเวย์ โปรตีน โดยจะให้ กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายได้อย่างสมบูรณ์ (Deeth และ Tamime, 1981)

คุณค่าทางอาหารของไขมัน

ไขมันนมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง เช่นเดียวกับไขมันจากแหล่งอื่นๆ แต่ไขมันนมยังมีกรดลิโนเลอิก ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีอยู่เป็นจำนวนมากอีกทั้งไขมันนมยังเป็นแหล่งของวิตามิน เอ ดี อี และเค และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโยเกิร์ตทำให้มีรสชาติอร่อยกลมกล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Foods : Foods for Health)

ฟังชันนัลฟูดส์หมายถึง อาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วให้ประโยชน์หรือคุณสมบัติอื่น ๆ ต่อสุขภาพนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการ พื้นฐาน คือ คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่ ซึ่งสมบัติพิเศษที่ได้รับนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ส่วนใหญ่เป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค เช่น ช่วยลดปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือด ลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน (Osteroporosis) (Bender, 1999; Sanders, 1998) มีผลต่อการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน ตลอดจนมีผลต่อการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย อาหารหลายชนิดที่จัดเป็นฟังชันนัลฟูดส์และพบได้ในชีวิตประจำวันมีมากมายหลายประเภท เช่น โพรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ ธัญพืช เส้นใยอาหาร ตลอดจนสารเคมีพืช หรือที่เรียกว่าไฟโทเคมีคัล (Phytochemicals) หลายชนิด ดังนั้นคำว่าฟังชันนัลฟูดส์จึงรวมถึงกลุ่มของสารอาหารตามหลักโภชนาการ และกลุ่มที่ไม่จัดเป็นสารอาหาร เช่น สารไฟโทเคมีคัล สารต้านออกซิเดชัน ตัวอย่างของกลุ่มอาหารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟูดส์โดยทั่วไปแสดงในตารางที่ 2.1

2.2.1ตัวอย่างของฟังชันนัลฟูดส์และการใช้ประโยชน์

2.2.1.1 โพรไบโอติกส์ (Probiotics)

โพรไบโอติกส์ หมายถึงกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งพบได้ในบริเวณลำไส้ที่เรียกว่า Gastrointestinal (GI) Tract และยังรวมถึงจุลินทรีย์ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในอาหารในรูปที่มีชีวิต อาหารประเภทโพรไบโอติกส์โดยทั่วไปมีส่วนผสมของจุลินทรีย์หนึ่งชนิดหรือมากกว่าก็ได้ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ต้องได้รับการศึกษาและตรวจสอบอย่างแน่ชัดแล้วว่าไม่มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกส์ส่วนใหญ่ได้แก่ แบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น แลคโทบาซิลลัส (*Lactobacillus*) เมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วจะเป็นตัวช่วยควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ที่ร่างกายไม่ต้องการให้อยู่ในปริมาณที่ไม่ก่อให้เกิดโรค หรือก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ให้แก่ร่างกายได้ เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ส่วนใหญ่ได้รับจากการบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบของโพรไบโอติกส์ เช่น ผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดต่าง ๆ แหนมสด แบคทีเรียที่เป็นโพรไบโอติกส์มีคุณสมบัติปกป้องร่างกายไม่ให้ได้รับอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และยังสามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยสารอาหารบางประเภทที่ระบบการย่อยในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ให้เป็นสารที่มีประโยชน์และร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกส์แสดงในตารางที่ 2 .2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของสารที่จัดเป็นฟังชันนัลฟูดส์

ฟังชันนัลฟูดส์	ตัวอย่าง
โพรไบโอติกส์	แบคทีเรียกรดแลคติก
	บิฟีโดแบคทีเรีย
พรีไบโอติกส์	เส้นใยอาหาร โอลิโกแซคคาไรด์
วิตามิน	วิตามินบี 6 บี 12 วิตามินดี และเค
แร่ธาตุ	แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี
สารต้านออกซิเดชัน	วิตามินอี วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์
	โพลีฟีนอล
โปรตีน เปบไทด์และกรดอะมิโน	ไตรเปบไทด์จากโปรตีนในนม
ลิปิด	โอเมกาทรี
ไฟโทเคมีคัล	ไฟโทสเตอรอล เบต้า-กลูแคน
	ไอโซฟลาโวน ลิกแนน

ที่มา : Holm (2003)

ประโยชน์ของโพรไบโอติกส์

โพรไบโอติกส์ เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต (Friendly Microorganisms) ช่วยในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ การบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีโพรไบโอติกส์ทำให้ร่างกายจะได้รับประโยชน์หลายประการ เช่น ช่วยในเรื่องระบบการย่อยอาหาร และสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย ประโยชน์ของโพรไบโอติกส์ที่สำคัญพอกล่าวได้ 3 ประการ คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย โดยแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์ผลิตสารยับยั้งแบคทีเรียที่เรียกกันว่า แบคเทอริโอซินมาช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคได้ นอกจากนั้นการสร้างกรดของแบคทีเรียในบริเวณลำไส้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง ส่งผลให้เกิดสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แบคทีเรียกรดแลคติกมีคุณสมบัติยับยั้งพิษที่จุลินทรีย์อื่นสร้างขึ้นและยับยั้งปฏิกิริยาของสารก่อมะเร็งได้ แบคทีเรียบางสายพันธุ์ผลิตสารที่มีลักษณะเป็นเมือกในลำไส้ซึ่งจะช่วยให้จับกับสารพิษบางอย่างและขับถ่ายออกจากร่างกายได้ ซึ่งประโยชน์ของโพรไบโอติกส์ส่วนนี้จะช่วยให้ผู้ที่บริโภคอาหารที่มีโพรไบโอติกส์มีโอกาสเกิดโรคต่าง ๆ ได้น้อยลง

3. ช่วยลดความอ่อนแอของร่างกายจากการติดเชื้อโรคต่าง ๆ โดยเมแทบอลิซึมของโพรไบโอติกส์มีผลต่อการควบคุมการติดเชื้อในลำไส้ ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดปริมาณคอเลสเทอรอลในเลือดและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (Gilliland, 1990; Fooks และคณะ, 1999)

ตารางที่ 2.2 จุลินทรีย์ที่ชนิดต่าง ๆ ที่จัดเป็นโพรไบโอติกส์

ชนิดของจุลินทรีย์	ประโยชน์ต่อสุขภาพ
Lactobacillus acidophilus *Lactobacillus casei* *Lactobacillus immunitus* *Lactobacillus plantarum* *Lactobacillus lactis* *Bifidobacterium lactis* *Bifidobacterium lonhum*	1. มีผลต่อระบบการย่อยอาหาร บรรเทาอาการท้องเสียและท้องผูก 2. เพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายโดยการผลิตแบคเทอริโอซิน 3. ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรค เช่น ลดระดับคอเลสเทอรอล ลดเชื้อก่อโรคในลำไส้ใหญ่ และป้องกันมะเร็ง

ที่มา : Holm (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 พรีไบโอติกส์ (Prebiotics)

หมายถึงส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ดังนั้นสารอาหารกลุ่มนี้จึงผ่านระบบทางเดินอาหารไปสู่บริเวณลำไส้ใหญ่ในรูปที่สมบูรณ์ และกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มที่เป็นโพรไบโอติกส์ จากการย่อยสารอาหารกลุ่มนี้จะได้สารบางชนิดที่เป็นประโยชน์ซึ่งร่างกายนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด (Gibson และ Roberfroid, 1995) เช่น กรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty Acid) และผลจากการย่อยยังทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในลำไส้ลดลง ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางอย่าง อาหารที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ ได้แก่ ธัญพืช ผัก ผลไม้ ตัวอย่างของพรีไบโอติกส์ที่มนุษย์ควรได้รับเป็นประจำจากอาหารที่บริโภค ได้แก่ เส้นใยอาหาร (Dietary Diber)ซึ่งเป็นคำที่ใช้เรียกกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากพืช เป็นส่วนประกอบที่ไม่ถูกย่อยโดยลำไส้ของมนุษย์ การบริโภคอาหารที่มีเส้นใยสูงพบว่ามีผลในการลดระดับคอเลสเทอรอลในเลือด ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันการเกิดมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และเป็นแนวทางหนึ่งของการบริโภคเพื่อลดน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการบริโภคเพื่อรักษาโรคในปัจจุบัน เส้นใยที่มีสมบัติดังกล่าวได้แก่ เส้นใยชนิดที่ละลายน้ำ ส่วนเส้นใยอีกชนิดคือเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเส้นใยกลุ่มหลังนี้จะช่วยเพิ่มมวลของอุจจาระ ทำให้ระบบการขับถ่ายเป็นไปอย่างปกติ อาหารหลายชนิดที่ให้เส้นใยได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ และรำข้าว ตามตัวอย่างในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เส้นใยอาหารที่พบในธัญพืช

ตัวอย่างธัญพืช	เส้นใยทั้งหมด (%,น้ำหนักแห้ง)
ถั่ว	13.6-28.9
ข้าวไรน์	15.5
ข้าวโพด	15
ข้าวโอ๊ต	14
ข้าวสาลี	12
ข้าวฟ่าง	10.7
ข้าวบาร์เลย์	10
ข้าวฟ่างนก	6.2-7.2
ข้าว	1.9±2

ที่มา : Charalampopoulod และคณะ (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการบริโภคเส้นใยอาหารจากธัญพืชมีหลายแบบด้วยกัน เช่น การนำธัญพืชชนิดเดียว หรือหลายชนิดมาผสมเพื่อเป็นเครื่องดื่มเป็นอาหารเสริมสุขภาพสำหรับสตรี ซึ่งอาหารรูปแบบนี้ในท้องตลาดมีจำหน่ายโดยมีให้เลือกทั้งชนิดที่ผลิตขึ้นในประเทศและชนิดที่นำเข้าจากต่างประเทศ สำหรับผลิตภัณฑ์ในเมืองไทยมีหลายชนิด เช่น เครื่องดื่มข้าวกล้องผสมงาดำ เครื่องดื่มที่นำมาเตรียมเพื่อบริโภคเอง เช่น น้ำอาร์ซี (นำธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าวมันปู ลูกเดือย ถั่ว ข้าวฟ่าง มาต้ม แยกส่วนของน้ำใช้ดื่มเช่นเดียวกับน้ำข้าว ส่วนของเมล็ดธัญพืชที่ต้มสุกแล้วใช้บริโภคเช่นเดียวกับข้าวต้ม) ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งของการบริโภคเส้นใยอาหารคือ ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมปัง คุกกี้ ไอศกรีม โยเกิร์ต และใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นต้น Garcia และคณะ (2002) ได้ศึกษาถึงแนวทางการใช้ฟังชันนัลฟูดส์ในกลุ่มของเส้นใยมาเป็นส่วนผสมในอาหาร ซึ่งเป็นอาหารประเภทไขมันต่ำ อย่างไรก็ตามการใช้เส้นใยเป็นส่วนผสมในอาหารแต่ละชนิดต้องมีการศึกษาอย่างละเอียดถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อสัมผัสในอาหารแต่ละประเภท ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเข้ามาช่วย จึงจะได้ผลิตภัณฑ์อันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอย่างแท้จริง

การเข้าใจถึงบทบาท และหน้าที่ที่สำคัญของเส้นใยอาหารเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสนใจบริโภคเส้นใยอาหารกันมากขึ้น ซึ่งปิ่นมณี (2547) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเส้นใยอาหารที่สำคัญพอกล่าวได้ดังนี้

1.เส้นใยอาหารกับการลำเลียงในลำไส้ใหญ่

สำหรับผู้ที่มีปัญหาเรื่องระบบขับถ่ายสามารถแก้ไขได้ด้วยการบริโภคอาหารประเภทเส้นใย ทั้งเส้นใยชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ เช่น เส้นใยจากรำข้าวสาลีและเซลลูโลสซึ่งเป็นเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถอุ้มน้ำได้ดี มีผลต่อการเพิ่มมวลของอุจจาระ ช่วยทำให้อุจจาระอ่อนนุ่มและเคลื่อนตัวได้เร็ว ลดระยะเวลาในการขับถ่าย เส้นใยจากธัญพืชจะมีผลต่อการเพิ่มมวลอุจจาระได้มากกว่าเส้นใยจากผลไม้ ส่วนเส้นใยประเภทละลายน้ำ เช่น เพคตินจะไม่มีผลต่อการขับถ่ายเพราะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้

2.เส้นใยอาหารกับโรคมะเร็ง

การศึกษาเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่มีเส้นใยและองค์ประกอบอื่น ๆ กับการเกิดมะเร็งในลำไส้ของสตรีที่มีอายุสูงกว่า 60 ปี ของ Willette และคณะ (1990) พบว่า การบริโภคเส้นใยจากผลไม้ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมากกว่าเส้นใยจากแหล่งอื่น ๆ เช่น เส้นใยจากธัญพืช เส้นใยจากผัก โดยมีเหตุผลสนับสนุนว่าเส้นใยจากผลไม้มีสารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณเล็กน้อย (Micronutrients) ที่มีประโยชน์หลายชนิด เช่น วิตามินอี วิตามินซี และเบต้า-แคโรทีน ซึ่งสารเหล่านี้พบอยู่ร่วมกับเส้นใยอาหาร และเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

83758

3.เส้นใยอาหารกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย

ในระบบเมแทบอลิซึมของไขมัน ซึ่งศึกษาโดย Glore และคณะ (1994) รายงานว่าเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีผลต่อการลดระดับคอเลสเทอรอลทั้งหมด และลดปริมาณของไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein, LDL) ในเลือด พบว่าการดูดซึมกรดเกลือของเส้นใยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของคอเลสเทอรอล ทำให้เกิดการสูญเสียคอเลสเทอรอลออกจากร่างกาย โดยขั้นแรกเพิ่มการขับกรดเกลือทำให้การสังเคราะห์กรดเกลือจากคอเลสเทอรอลเพิ่มขึ้น จากนั้นกรดเกลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในลำไส้จะเกิดเป็นไมเซลล์ ซึ่งไมเซลล์จะไปยับยั้งการดูดซึมไขมันและคอเลสเทอรอล นอกจากนั้นแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้จะย่อยเส้นใยอาหารได้เป็นกรดไขมันสายสั้น ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอลได้นอกจากนั้นเส้นใยอาหารยังมีผลต่อระบบเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการดูดซึมแร่ธาตุ โดยพบว่าเส้นใยที่ละลายน้ำและเส้นใยที่มีความหนืดสูงจะเป็นตัวช่วยลดระดับกลูโคสและคอเลสเทอรอลหลังรับประทานอาหารได้ดี ส่วนเส้นใยมีผลต่อการยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็กและสังกะสีเนื่องจากเส้นใยมีองค์ประกอบของไฟเทต (Phytate) อยู่ด้วย ดังนั้นแนวทางแก้ปัญหาในส่วนนี้ทำได้โดยกำจัด ไฟเทตออกจากเส้นใยอาหารในระหว่างกระบวนการแปรรูป ซึ่งจะช่วยให้ร่างกายมีการดูดซึมธาตุเหล็ก สังกะสี และแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

2.2.1.3 ไฟโทเคมีคัล (Phytochemicals)

ไฟโทเคมีคัล หมายถึงสารประกอบทางชีวรูปที่สังเคราะห์จากพืช เป็นสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (Secondary Metabolites) จากพืช โดยสารกลุ่มนี้อาจได้จากพืชชนิดที่ให้สี กลิ่น รสชาติ และยังเป็นสารที่มีความเป็นพิษต่อแมลงศัตรูพืช ไฟโทเคมีคัลจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ และไฟโทเอสโทรเจน สารประกอบกลูโคไซโนเลต และแคโรทีนอยด์ (Johnson, 2003) สารเคมีพืชเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในด้านการรักษาและการป้องกันโรค เช่น ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน เป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย และยังส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ประโยชน์ของไฟโทเคมีคัลโดยทั่วไปพบว่ามีฤทธิ์ในการรักษาโรคภัยไข้เจ็บ หรือใช้เป็นสารป้องกันปัญหาสุขภาพของมนุษย์ ตัวอย่าง เช่น ไอโซฟลาโวนที่พบในถั่วเหลืองมีฤทธิ์เป็นฮอร์โมนตามธรรมชาติเช่นเดียวกับฮอร์โมนเอสโทรเจน ซึ่งเรียกว่าไฟโทเอสโทเจน เป็นตัวช่วยลดการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก ช่วยลดอาการที่เกิดจากหมดประจำเดือน สารไลโคพีนซึ่งเป็นสารสีแดงที่พบในมะเขือเทศ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันเป็นตัวช่วยป้องกันการถูกทำลายของเซลล์ต่าง ๆ จากอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดมะเร็งต่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกหมาก มะเร็งกระเพาะอาหารและมะเร็งปอด (ปิ่นมณี, 2547) ตัวอย่างของไฟโทเคมิคัลที่มนุษย์ได้รับจากพืชแสดงในตารางที่ 2.4

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ การบริโภคผักและผลไม้เป็นประจำทำให้เราได้รับสารไฟโทเคมีคัล โดยเฉพาะพืชในกลุ่มที่เป็นสมุนไพร ตัวอย่างของสารไฟโทเคมีคัลที่เราได้รับตามตารางที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าผักหลายชนิดที่เราบริโภคในรูปของอาหาร เช่น บรอคโคลี กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี แคนตาลูป ผักใบเขียว มีองค์ประกอบของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ในถั่วเหลืองและถั่วเมล็ดแห้งมีไฟโทเอสโทเจน พืชในกลุ่มหอม กระเทียม มีสารอัลลิลิกซัลไฟด์ซึ่งช่วยควบคุมความดันโลหิต ยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอลตลอดจนช่วยยับยั้งการเจริญของเนื้องอก และลดการเกิดสารก่อมะเร็งเนื่องจากไนไตรท์ในกระเพาะอาหาร

ตารางที่ 2.4 ไฟโทเคมีคัลจากพืชที่มนุษย์ได้รับจากอาหาร

อาหารจากพืช	ไฟโทเคมีคัล	ประโยชน์ต่อสุขภาพ
แครอท บรอกโคลี ฟักทอง แคนตาลูป มะม่วง ผักใบเขียว มันเทศ	แคโรทีนอยด์	เป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันโรคที่เกี่ยวกับระดับคอเลสเทอรอลสูง
ถั่วเหลือง เต้าหู้	ไฟโทเอสโทรเจน	ยับยั้งการสังเคราะห์
ถั่วเมล็ดแห้ง	ไอโซฟลาโวน	คอเลสเทอรอล ป้องกันโรคที่เกี่ยวกับกระดูก
ถั่วเหลือง เต้าหู้ นมถั่วเหลือง	แซบโปนีน	ป้องกันการดูดซึมคอเลสเทอรอล ช่วยขับคอเลสเทอรอล
ส้ม แตงโม กีวี มะเขือเทศสด พริก สับปะรด สตอเบอรี	วิตามินซี ไลโคพีน	ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ช่วยในการขยายตัวของเส้นเลือด
กระเทียม หอม ขิง	อัลลิลิกซัลไฟด์	ช่วยควบคุมความดันโลหิต และช่วยยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอล
ส้ม มะนาว เลมอน	ฟลาโวนอยด์	ป้องกันการเกาะตัวของเลือดและมีผลช่วยยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเทอรอล

ที่มา : Holm (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอล (phenolic compound หรือ phenolics) ได้แก่ สารประกอบที่มี aromaticring และ อย่างน้อย 1 hydroxyl group และรวมไปถึงอนุพันธุ์ของสารประกอบฟีนอลซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่เคมี ต่างๆ ตัวอย่างสารประกอบฟีนอล ได้แก่ flavonoids , lignin, ฮอร์โมน abscisic acid, cinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, กรดอะมิโน tyrosine phenylalanine และ dihydroxyphenylalanine(DOPA) coenzyme Q และผลผลิตจากเมแทบอลิซึมอีกหลายชนิด สารประกอบฟีนอล เป็นตัวแทนของสารในธรรมชาติที่นับว่ามีปริมาณมากชนิดหนึ่งและมีความสำคัญต่อสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับสีและกลิ่นรส ความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลแตกต่างกันไปอย่างมากมายในผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเช่น ในผลไม้สุกอาจมีปริมาณตั้งแต่น้อยมากไปจนถึงร้อยละ 8.5 ของน้ำหนักแห้ง ในผลพลับ (persimmon, *Diospyros kaki,* L.f.) สารประกอบฟีนอลในพืชโดยทั่วไปแสดงคุณสมบัติเป็นกรด ซึ่งจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอื่นอย่างรวดเร็วและพบบ่อยที่ทำปฏิกิริยากับพันธะเปปไทด์ของโปรตีน และเมื่อโปรตีนนี้เป็นเอนไซม์ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมักทำให้เอนไซม์หมดสภาพ ซึ่งมักเป็นปัญหาที่เกี่ยว ข้องกับการศึกษาเอนไซม์ในพืช โดยรวมแล้วสารประกอบฟีนอลจะไวต่อการเกิดออกซิเดชั่นโดยเอนไซม์ phenolases ซึ่งเปลี่ยน monophenols ไปเป็น diphenols และเปลี่ยนต่อไปเป็น quinones นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลบางตัวยังสามารถ chelate กับโลหะ สารประกอบฟีนอลภายในเซลล์ที่อยู่ในรูปอิสระนั้นพบน้อยมาก ส่วนใหญ่มักพบรวมอยู่กับโมเลกุลอื่น หลายชนิดพบในรูป glycosides โดยเชื่อมต่อกับมอโนแซคคาไรด์หรือไดแซคคาไรด์ โดยเฉพาะกลุ่มของ flavonoids ซึ่งมักรวมกับน้ำตาล นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิดเช่น hydroxycinnamic acid อาจพบรวมกับ organic acids, amino groups, lipids, terpenoids,phenolics และกลุ่มอื่นๆ นอกเหนือจากน้ำตาล การรวมตัวในลักษณะนี้ภายในเซลล์เป็น monophenolsและ diphenols ทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืช (phytotoxic) น้อยกว่าในรูปอิสระ

การแบ่งชนิดของสารประกอบฟีนอล แบ่งเป็น 3 ชนิด ตามจำนวน phenol rings ที่มีอยู่ได้แก่

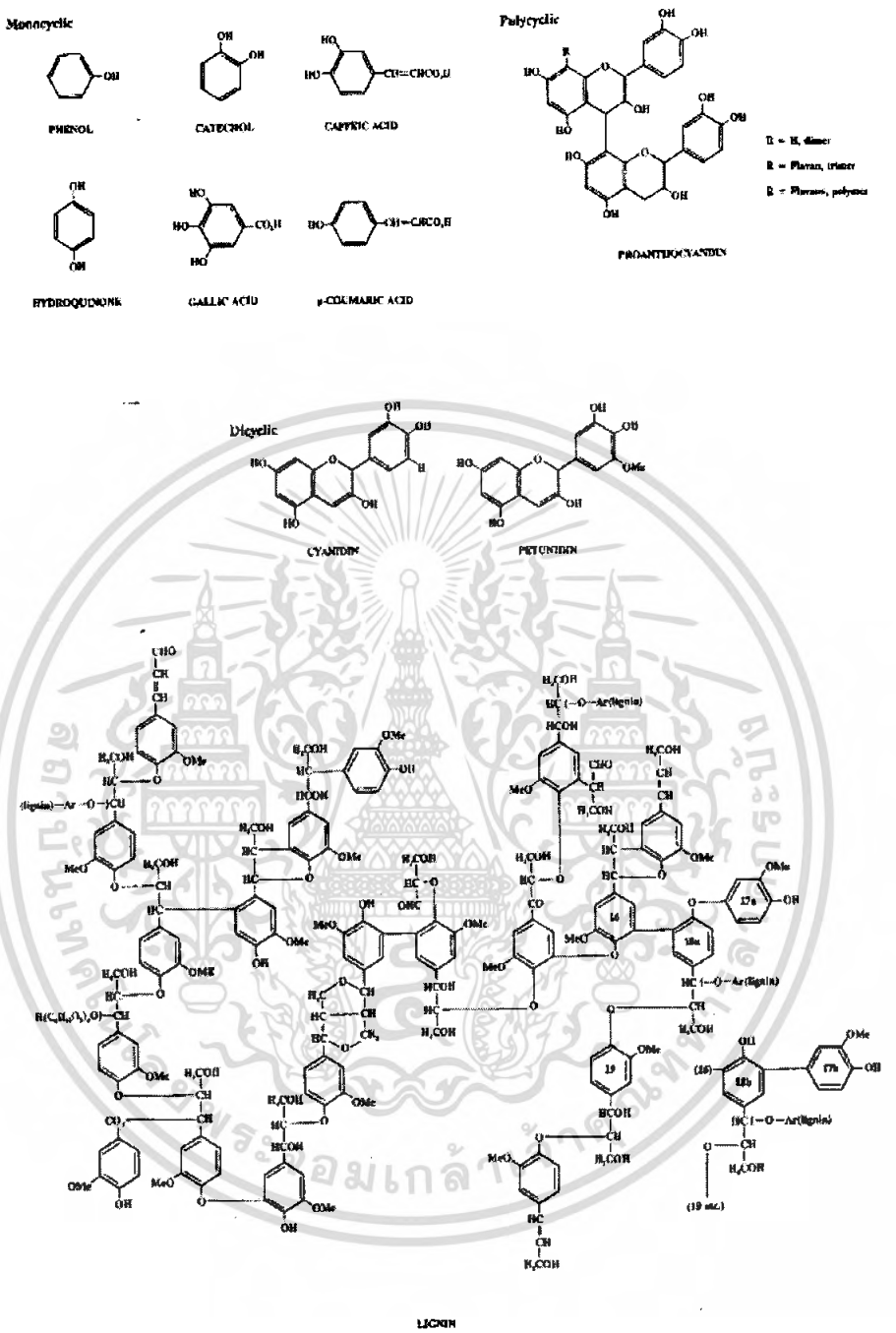
1. Monocyclic phenols มี 1 phenol ring ที่พบทั่วไปในพืชได้แก่ phenol, catechol, hydroquinoneและ p-hydroxycinnamic acid

2. Dicyclic phenols มี 2 phenol rings ได้แก่ flavonoids และ lignans

3. Polycyclic phenols หรือ polyphenol ได้แก่ lignins, catechol melanins, flavolans

โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลที่พบโดยทั่วไปในพืชแสดงในรูปที่ 2.1 สารประกอบฟีนอลเหล่านี้ยังอาจแบ่งย่อยลงไปอีกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนและรูปแบบโครง สร้างของคาร์บอนในโมเลกุลดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลชนิดต่างๆ ที่พบทั่วไปในพืช

ที่มา: Kays (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่มีในผลไม้สุก

	ปริมาณสารประกอบฟีนอล
Apple (*Malus sylvestris*,Mill.)	
Various cultivars	0.10-1.0 g/100 g FW
'Cox' s Orange Pippin'	2.0-5.5 g/100 g DW
'Baldwin'	0.25 g/100 g FW
Cider apple 'Launette'	1.1 g/100 g FW
Cider apple 'Waldhofler'	0.46 g/100 g FW
Banana (*Musa* spp).	0.53 g/100 g DW
Date (*Phoenix dactylifera*, L.)	0.5 g/100 g FW
Cherry (*Prunus cerasus*, L.)	
Montmorency	0.5 g/100 g FW
Grape (*Vitis* spp.)	
Riesling, cluster	0.96 g/100 g FW
'Tokay', cluster	0.48 g/100 g FW
'Muscat' , skin	0.35 g/100 g FW
'Muscat' , pulp	0.10 g/100 g FW
'Muscat' , seed	4.5 g/100 g FW
Passion fruit (*Passiflora edulis*, Sims.)	1.4 mg/100 g FW
Peach (*Prunus persica*, (L.) Batsch.)	
Mixed cultivars	0.028-0.141 g/100 g FW
'Elberta'	0.069-0.180 g/100 g FW
'Elberta'	0.240 g/100 g FW
Pear (*Pyrus communis* , L.)	
'Muscachet'	0.4 g/100 g FW
Persimmon (*Diospyros kaki*, L.f.)	8.5 g/100 g DW
Plum (*Prunus americana*, Marsh.)	
'Victoria' , flesh	2.1 g/100 g DW
'Victoria' , skin	5.7 g/100 g DW

หมายเหตุ : FW = น้ำหนักสด (fresh weight)
DW = น้ำหนักแห้ง (dry weight)

ที่มา: Kays (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 สารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่ที่พบในพืช

จำนวนอะตอมของคาร์บอน	โครงสร้างพื้นฐาน	ชนิด	ตัวอย่าง
6	C_6	Simple phenols	Catechol, hydroquinone
		Benzoquinones	2,6-Dimethoxybenzoquinone
7	$C_6—C_1$	Phenolic acids	p-Hydroxybenzoic, salicylic
8	$C_6—C_2$	Acetophenones	3-Acetyl-6-methoxybenzaldehyde
		Phenylacetic acids	p-Hydroxyphenylacetic
9	$C_6—C_3$	Hydroxycinnamic acids	Caffeic, ferulic
		Phenylpropenes	Myristicin, engenol
		Coumarins	Umbelliferone, aesculetin
		Isocoumarins	Bergenin
		Chromones	Eugenin
10	$C_6—C_4$	Naphthoquinones	Juglone, plumbagin
13	$C_6—C_1—C_6$	Xanthones	Mangiferin
14	$C_6—C_2—C_6$	Stilbenes	Lunularic acid
		Anthraquinones	Emodin
15	$C_6—C_3—C_6$	Flavonoids	Quercetin, cyanidin
		Isoflavonoids	Genistein
18	$(C_6—C_3)_2$	Lignans	Pinoresinol
		Neolignans	Eusiderin
30	$(C_6—C_3—C_6)_2$	Biflavonoids	Amentoflavone
n	$(C_6—C_3)_n$	Lignins	
	$(C_6)_n$	Catechol melanins	
	$(C_6—C_3—C_6)_n$	Flavolans (condensed tannins)	

ที่มา:Kays (1991)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ทางชีววิทยาโดยทั่วไปของสารประกอบฟีนอลในพืชจะปรากฏในหลายลักษณะเช่น รงควัตถุ ฮอร์โมน abscisic acid, lignin , coenzyme Q หรือบางชนิดอาจมีส่วนเกี่ยวข้องในการเป็น allelopathic agents , feeding deterrents , antifungal agents และ phytoalexin อย่างไรก็ตาม หน้าที่ที่แน่นอนของสารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่ในพืชนั้นยังเป็นที่สงสัย แต่ทั้งนี้อาจจำแนกหน้าที่ความสำคัญของสารประกอบฟีนอลออกเป็น 3 ประการดังนี้ (จริงแท้, 2538)

1.การต้านทานโรค

สารประกอบฟีนอลหลายชนิดสามารถป้องกันหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิดได้ เช่น protocatechuic acid ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีมากในหอมหัวใหญ่สีม่วง จะต้านทานต่อโรค smudge ที่เกิดจาก *Colletotrichum circinan* ได้ดีแต่ในหอมพันธุ์สีขาวจะไม่มีสารตัวนี้จึงอ่อนแอต่อโรค smudge สารสกัดที่ได้จากหัวหอมนี้สามารถป้องกันการงอกและยับยั้งการเจริญของเชื้อราชนิดนี้ด้วย

2.รสฝาด

รสฝาดของผลไม้หลายๆ ชนิด จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบฟีนอลในผล ช่วงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลที่จะให้ความฝาดนั้นอยู่ในช่วง 500-3,000 ซึ่งสามารถที่จะรวมตัวกับโมเลกุลของโปรตีนในปากทำให้รู้สึกฝาดได้ เมื่อผลไม้พัฒนาเข้าสู่การบริบูรณ์ สารประกอบฟีนอลจะลดลงนอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังเกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ (polymerization) และการรวมตัวของสารประกอบฟีนอลเป็นโมเลกุลใหญ่จะเกิดขึ้นเรื่อยๆ จากโมเลกุลที่ละลายน้ำกลายเป็น โมเลกุลที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งทำให้ความฝาดลดลงเมื่อผลไม้บริบูรณ์เต็มที่ ส่วนรสขมในผลไม้ตระกูลส้ม นั้นเป็นผลจาก naringin ซึ่งพบมากและเป็นสารประกอบฟีนอลที่ให้รสขมสูง ส่วนรสขมของแตงกวาซึ่งเกิดจาก cucurbitacin หรือ รสขมซึ่งเกิดจาก limonoids ในพวกส้มไม่ใช่สารประกอบฟีนอลแต่เป็นสารประกอบพวก triterpenoid

3.สี

สีของผักผลไม้ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานินก็เป็นสีของสารประกอบฟีนอล นอกจากนี้การที่ผักหรือผลไม้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเปลี่ยนโมเลกุลของฟีนอลไปเป็น quinone แล้วเกิด polymerization และมีสีน้ำตาล การยับยั้งปฏิกิริยานี้ทำได้โดยเก็บไว้ภายใต้รูปที่มีออกซิเจนน้อยหรือใช้ กรดแอสคอบิกไป reduce quinone ไม่ให้เกิด polymerizationปริมาณของ PPO จะมีมากในผลไม้ เมื่อผลยังเล็กและจะลดลงเมื่อผลบริบูรณ์และสุก สันนิษฐานว่า quinone ที่ได้จากการทำงานของ PPO มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

สารประกอบฟีนอลในพืชมีความสำคัญอย่างมากในช่วงหลังจากเก็บเกี่ยว เนื่องจากบทบาทที่มีต่อกลิ่นรส (flavour) และสี (colour) ขณะที่สารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่ในระดับความเข้มข้นที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารไม่มีนัยสำคัญต่อรสชาติ แต่ก็มีหลายชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์บางอย่าง ส่วน phenolic acid ในปริมาณความเข้มข้นที่สูงมีผลต่อรสเปรี้ยว หรือกรณีของ naringin ในส้มทำให้มีรสขม และสารประกอบฟีนอลในผลไม้ดิบ (immature fruits) หลายชนิดทำให้เกิดรสฝาด (astringent)

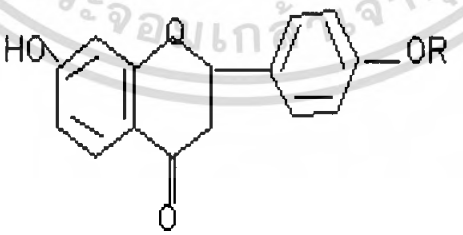
2.4 ลักษณะโครงสร้างของสารประกอบแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน (Anthocyanin)เป็นสารสีที่พบในผัก ผลไม้ และดอกไม้บางชนิดเช่น กระเพรา โหระพา ใบแบงลัก แครนเบอร์รี่ องุ่น พลัม บลูเบอร์รี่ หว้า ดอกอัญชัน กลีบดอกกระเจี๊ยบแดง และอื่นๆที่มีสีม่วงแดง แอนโทไซยานินจะละลายอยู่ในเซลล์แซป (sap cell; ของเหลวที่อยู่ในแวคิวโอล ประกอบด้วยสารต่างๆที่ละลายน้ำได้เช่น น้ำตาล เกลืออนินทรีย์ กรดอินทรีย์ต่างๆ กรดไขมัน กรดอะมิโน แอนโทไซยานิน เป็นต้น) ของพืช แอนโทไซยานินละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ไม่มีหมู่ไฮดรอกไซด์ เช่น อีเทอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซีน

แอนโทไซยานิน มีส่วนของสีชมพูแดง ม่วงแดงไปจนถึงน้ำเงิน (Green และ Mazza, 1986) โดยที่สารพวกนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ ตามธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งโครงสร้างของสารประกอบหลักของ ฟลาโวนอยด์ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แต่แอนโทไซยานินมีความแตกต่างจากฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นๆที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงวิซิเบิล (visible) ได้เป็นอย่างดี

2.4.1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ชนิดหนึ่งมีสูตรหลักเป็น $C_6C_3C_6$ ของเกลือฟลาวินเลียม (flavylium salt) หรือ 2-phenylbenzopylium มีสมบัติเป็นเกลือดังรูปที่2.2



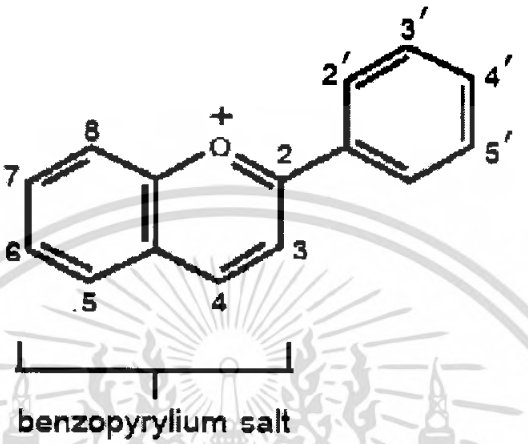
Liquirtin; R = Glucosyl
Liquirtigenin; R = H

รูปที่ 2.2 โครงสร้างหลักของสารประกอบพวกฟลาโวนอยด์

ที่มา : http://www.metabolome.jp/software/FlavonoidViewer/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

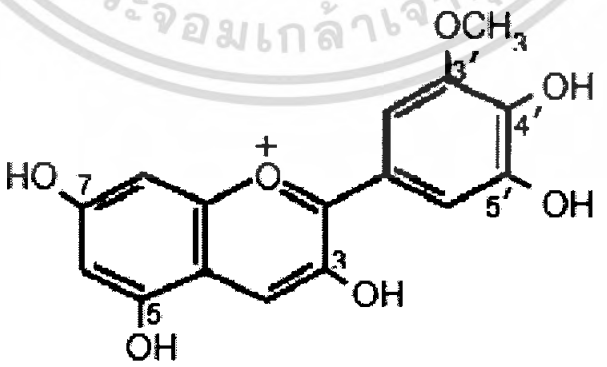
แอนโทไซยานินนั้นเป็นสารจำพวกไกลโคไซน์ของแอนโทไซยานิดินซึ่ง แอนโทไซยานิดินนี้คืออนุพันธุ์พวกโพลีไฮดรอกซีและโพลีเมททอกซีของ 2-ฟีนิลเบนโซไพรีเลียม หรือที่มักเรียกรวมกันทั่วไปว่า ฟลาวิเลี่ยม ซอลท์ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ Flavylium Cation

ที่มา : จงรักษ์ และคณะ (2544)

ซึ่งถ้ามีหมู่ไฮดรอกไวด์ หรือหมู่เมทอกซิล (methoxyl,-OCH3) มาเกาะที่ตำแหน่ง 3,5,7,3',4'และ5' เรียกโครงสร้างนี้ว่า แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin หรือ aglycone) แสดงตัวอย่างของแอนโทไซยานิดินชนิดหนึ่งในรูปที่ 2.4



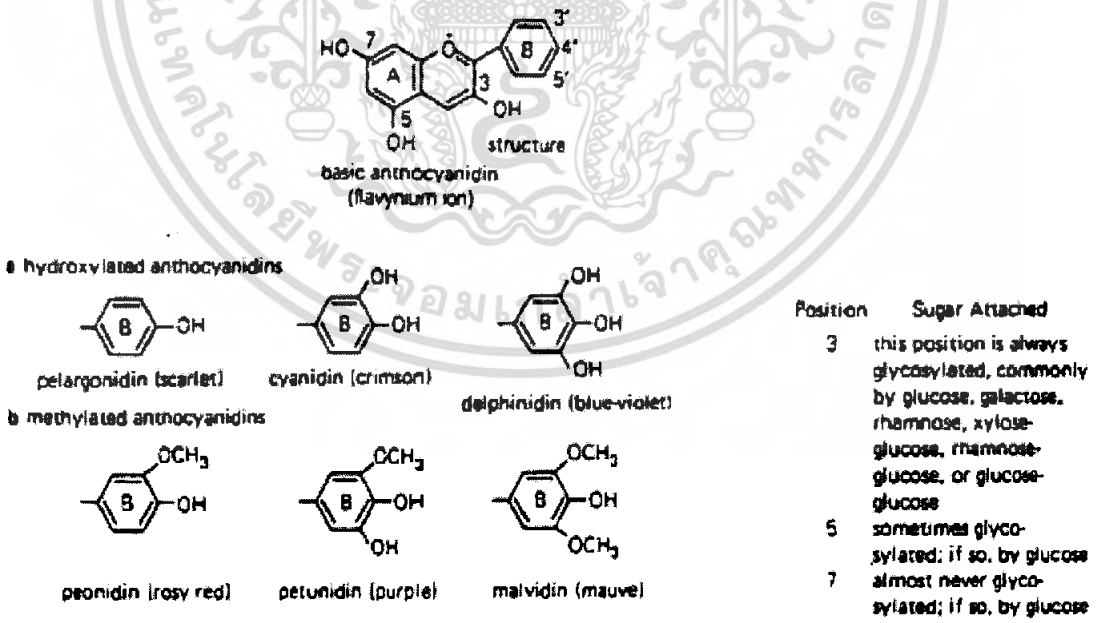
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของpetunidinซึ่งเป็นแอนโทไวยานิดินชนิดหนึ่ง

ที่มา : จงรักษ์ และคณะ (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าการที่มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระในตำแหน่งที่ 3 จะเป็นการลดเสถียรภาพ อีกทั้งยังทำให้การละลายในตัวทำละลายที่มีน้ำเป็นหลักลดลงกว่าที่จะเกิดพันธะไกลโคไซด์กับโมเลกุลของน้ำตาล ดังนั้นที่มีหมู่ไฮดรอกซีตำแหน่งที่ 3 ของแอนโทไซยานินมักจะมีน้ำตาลอยู่เสมอ

ลักษณะและตำแหน่งของน้ำตาลที่เกาะอยู่ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินที่พบบ่อยๆ สามารถจัดเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ 3-โมโนไซด์ 3-ไบโอไซด์ 3,5-ไดไกลโคไซด์ และ 3,7-ไดไกลโคไซด์ ซึ่งโดยส่วนมากมักจะพบสองกลุ่มแรก และน้ำตาลที่พบกันมากจะเป็นพวกไพราโนส ฟอร์ม โดยมักจะพบกลูโคสเป็นส่วนมาก ในกรณีที่พบว่าน้ำตาลที่เกาะอยู่ในโมเลกุลเหล่านี้จะถูกอะซิเลททิดด้วยกรดอินทรีย์ประเภทกรดฟีโนลิค และมักนิยมเรียกแอนโทไซยานินที่มีน้ำตาลที่เกาะอยู่ในโมเลกุลอะซิเลททิดนี้ว่า แอนโทไซยานินแบบอะซิเลท (Acylated anthocyanin)(Francis และ Clydesdale, 1975)จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่ามีอยู่ทั้งหมด 18 ชนิด แต่ที่มักพบเป็นแอกไลโคน ของแอนโทไซยานินจะมีอยู่ 6 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งปัจจุบันมีการค้นพบแอนโทไซยานินในพืชมากกว่า 150 ชนิด และบรรดาแอนโทไซยานิดินทั้ง 6 ชนิดจะพบชนิดไซยานิดินมากที่สุด



รูปที่ 2.5 โครงสร้างแอนโทไซยานิดินที่เป็นแอกไลโคนของแอนโทไซยานินที่พบบ่อยในธรรมชาติ

ที่มา : จริงแท้ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในธรรมชาติจะพบแอนโทไซยานิดินมากกว่า 15 ชนิด เรียกชื่อแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหนงของหมู่ไฮดรอกซิล และหมู่เมทอกซิล ดังตารางที่ 2.7

สารประกอบแอนโทไซยานินทำให้เกิดส่วนประกอบต่างๆของพืชที่มีสารเหล่านี้อยู่มีสีสันถ้าส่วนนั้นเป็นดอกหรือผลสีที่เกิดขึ้นเชื่อว่าจะเป็นส่วนช่วยให้เกิดการถ่ายละอองเกสรและการแพร่กระจายของเมล็ดโดยสัตว์ สำหรับในใบที่มีแอนโทไซยานินเสมือนเป็นแผ่นกันแสงที่ช่วยต้านทานอันตรายจากแสงอุลตร้าไวโอเลต นอกจากนี้แล้วยังพบว่าในพืชบางชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี ดอกทานตะวัน เมล็ดถั่วแดง และข้าวโพด แอนโทไซยานินมีส่วนช่วยในการต่อต้านกับพวกพยาธิและสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรคต่างๆได้ (Pathogen)

แอนโทไซยานินนั้นมีสูตรโครงสร้างต่างๆกันหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของแอนโทไซยานิดิน และน้ำตาลที่มาสร้างพันธะกัน โดยทั่วไปพบโครงสร้างของแอนโทไซยานิดินในผลไม้ได้ 6 ชนิดคือ cyaniding (Cy),delphindin (Dp),malvidin (Mv) ,peonidin (Pn) และ petunidin (Pt) ซึ่งจะสร้างพันธะกับน้ำตาลประเภทโมโนแซคคาไรด์หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ ที่ตำแหนง R_3 และ R_4 อาจเป็นน้ำตาลเพนโตส ได้แก่ ไซโลส และอะราบิโนสหรือน้ำตาลเฮกโซส และที่พบบ่อยได้แก่ กลูโคส และ กาแลคโตส บางครั้งจะพบที่ตำแหนง 5 ด้วย ตำแหนงที่พบน้อยคือ 7,3'และ5' (ประสิทธิ์, 2539;สุภาพรรณและอรไท, 2533) น้ำตาลเหล่านี้จะช่วยให้ aglycone หรือแอนโทไซยานิดินมีเสถียรภาพดีขึ้น ดังรูปที่ 2.6

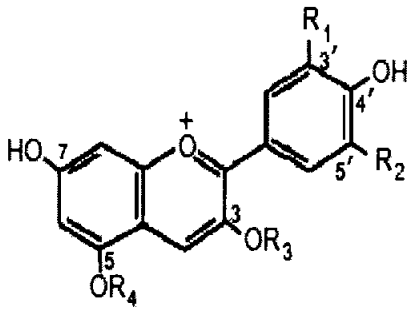
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แอนโทไซยานิดินในธรรมชาติ

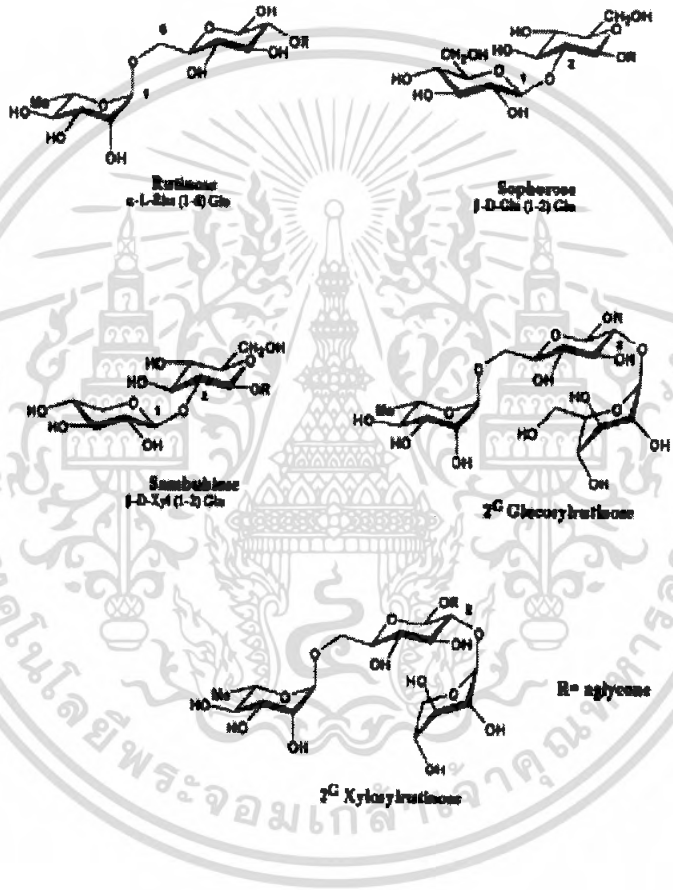
Name	Substitution							Color
	3	5	6	7	3′	4′	5′	
Apigenindin (Ap)	H	OH	H	OH	H	H	H	orange
Aurantinidin (Au)	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	orange
capensinidin (Cp)	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OMe	bluish - red
cyanidin (Cy)	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	orange - red
Delphinidin (Dp)	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	bluish - red
Europinidin (Eu)	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OH	bluish - red
hirsutidin (Hs)	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	OMe	bluish - red
6-hydroxycyanidin (6-OHCy)	OH	OH	OH	OH	OH	H		red
luteolinidin (Lt)	H	OH	H	OH	OH	OH	H	orange
malvidin (Mv)	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OMe	bluish - red
5-methylcyanidin (5-Mcy)	OH	OMe	H	OH	OH	H		orange - red
pelargonidin (Pg)	OH	OH	H	OH	H	OH	H	orange
peonidin (Pn)	OH	OH	H	OH	OMe	OH	H	orange - red
petunidin (Pt)	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OH	bluish - red
Pulchellidin (Pl)	OH	OMe	H	OH	OH	OH	OH	bluish - red
rosinidin (Rs)	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	H	red
tricetinidin (Tr)	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	red

ที่มา Mazza และ Miniati (1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



R_1	R_2	aglycone	abbreviate
H	H	pelargonidin	Pg
OH	H	cyanidin	Cy
OMe	H	peonidin	Pn
OH	OH	delphinidin	Dp
OMe	OH	petunidin	Pt
OMe	OMe	malvidin	Mv



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ aglycone ที่สร้างพันธะกับแอนโทไซยานิน และ โอลิโกแซคคาไรด์ที่มา; Goiffon และคณะ (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สมบัติการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน

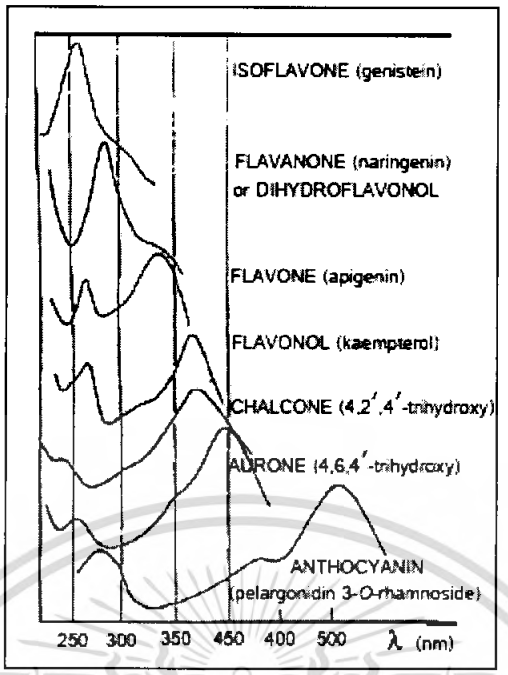
แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์จะให้ค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ที่ความยาวคลื่น 2 ช่วง คือ 270-280 นาโนเมตร และ 465-560 นาโนเมตร ดังตารางที่ 2.8และรูปที่ 2.7 นอกจากนี้ Watadaและ Abbott, 1975;Sims และ Moris,1984 ใช้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 520 นาโนเมตร ของแอนโทไซยานิน เป็นดัชนีที่แสดงถึงปริมาณของแอนโทไซยานิน เนื่องจากที่ความยาวคลื่นดังกล่าวจะให้แสงสีแดงของแอนโทไซยานินอย่างชัดเจน

ตารางที่ 2.8 ช่วงการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน และสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์

Band I (nm)	Band II (nm)	Flavonoid compound
250 - 280	310 - 350	flavone
250 - 280	330 - 360	flavonols (3-OH substituted)
250 - 280	350 - 385	flavonols (3-OH free)
245 - 275	310 - 330	isoflavones
275 - 295	310 - 330	flavanones & dihydroflavanols
230 - 270	340 - 390	chalcones
230 - 270	380 - 430	aurones
270 - 280	465 - 560	anthocyanidin & anthocyanins

ที่มา; Markham (1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 UV/visible spectrum ของแอนโทไซยานินและสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่มา; Markham (1982)

2.4.3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานิน

การใช้แอนโทไซยานินในอาหารพบว่า แอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงระดับสีได้ง่าย เนื่องจากผลของการขาดอิเล็กตรอนของโมเลกุลแอนโทไซยานิน จึงทำให้โครงสร้างหลักซึ่งเป็นเกลือฟลาวินเลียมมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสี การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากสภาวะต่างๆ ในกระบวนการแปรรูปและในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (Sim และ Moris,1984) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินได้แก่

1. ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

แอนโทไซยานินมีสมบัติการบอกค่าพีเอช (pH indicator) อย่างคร่าวๆได้ โดยแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าพีเอชต่างๆดังตารางที่ 2.9

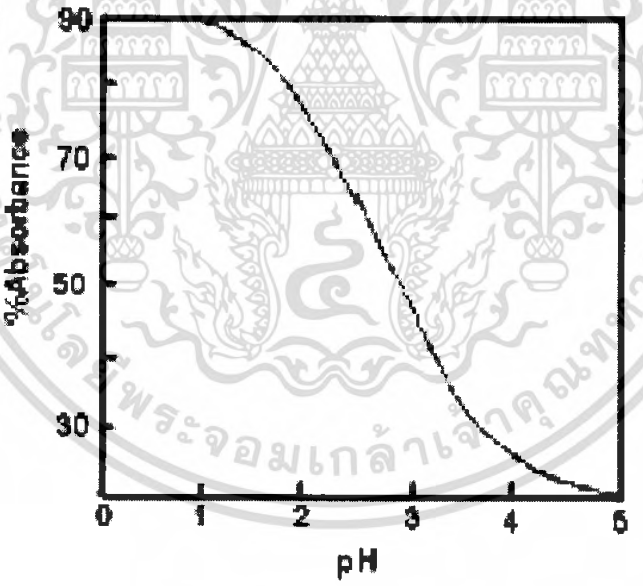
นอกจากการเปลี่ยนแปลงระดับสีตามค่าพีเอชแล้ว ค่าความเข้มสี ยังแปรผันตามค่าพีเอชด้วย กล่าวคือ ที่พีเอชเท่ากับ1.0 แอนโทไซยานินมีความเข้มสีมากที่สุด และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น แสดงให้เห็นได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับค่าการดูดกลืนแสง ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับสีของแอนโทไซยานิน

pH	สี
1.0	แดง
4.0	น้ำเงินแดง
6.0	ม่วง
8.0	น้ำเงิน
12.0	เขียว
13.0	เหลือง

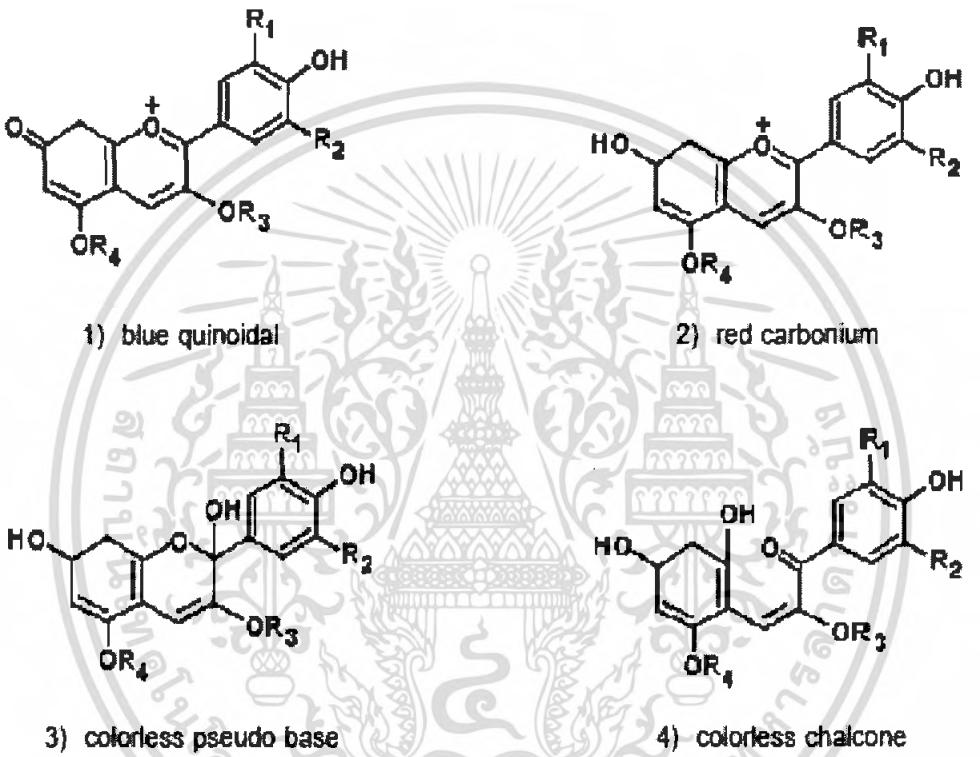
ที่มา; จงรักษ์ และคณะ (2544)



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน
ที่มา; Henry (1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เป็นกลาง และเป็นเบส โครงสร้างแอนโทไซยานิน จะมีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ เมื่อพีเอชสูงขึ้นจาก 3.0 เป็น7.0 แอนโทไซยานินเปลี่ยนจาก red carbonium ซึ่งมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรดไปเป็น colorless pseudo base ซึ่งไม่มีสี ในสารละลายที่เป็นกลาง เนื่องจาก conjugate bond หายไป สารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นเบสอ่อนพีเอชประมาณ 9 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้มเกือบดำ และที่พีเอชมากกว่าหรือเท่ากับ 11 แอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ blue quinoidal ซึ่งมีสีน้ำเงินดังรูปที่ 2.9

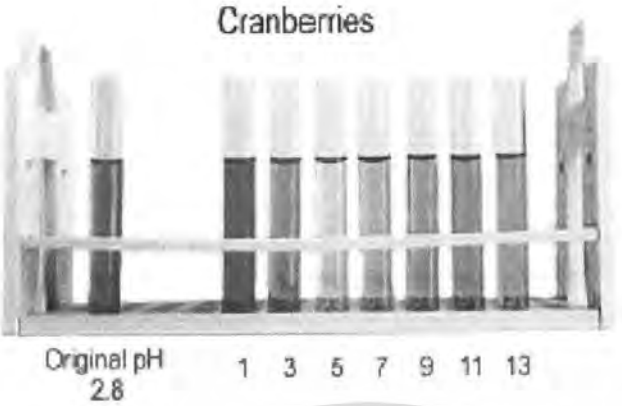


รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินทั้ง 4 รูปแบบ ในสารละลายกรดที่ 25 องศาเซลเซียส

ที่มา; Brouillard และ Delaporte (1977)

นอกจากนี้ Scarman (2001) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานินในน้ำคั้นผลแครนเบอร์รี่ที่พีเอชต่ำ (พีเอชเท่ากับ1) มีสีแดงเข้ม และสีจะหายไปเมื่อพีเอช เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่พีเอช 4-5 แต่สีของแอนโทไซยานินที่หายไปนี้จะค่อยๆเข้มขึ้นอีกครั้งเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเป็นเบสสูง ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การสกัดแอนโทไซยานินจากผลแครนเบอร์รี่ด้วยน้ำที่พีเอช ของสารละลายจาก 1-13
ที่มา; Scaman (2001)

สำหรับค่า λ_{max} แปรผันตามค่าพีเอชด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ค่า λ_{max} จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชสูงขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงค่า λ_{max} และระดับสีของแอนโทไซยานินที่ค่าพีเอชต่างๆ

pH	λ_{max}(nm)	shade
4	520	red
4 - 6	525 - 550	violet red to violet blue
6.5	570 - 575	blue
9	590 - 600	blue

ที่มา; Counsell (1981)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิ

ปฏิกิริยาที่อยู่ในสภาวะสมดุลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โครงสร้างของแอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ โดยเปลี่ยนสีจาก blue quinoidal ไปเป็น red carbonium , colorless pseudo base และ colorless chalcone ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้สมดุลของปฏิกิริยาย้อนกลับจาก colorless chalcone มากขึ้น ส่วนการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับจาก colorless chalcone ไปเป็น red carbonium มีอัตราการเกิดขึ้นได้น้อยและที่อุณหภูมิ 80- 100 องศาเซลเซียส จะพบ colorless chalconeในสมดุลมากกว่าที่อุณหภูมิห้อง(Timberlake,1980) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินในน้ำส้มคั้นที่ผลิตจากสายพันธุ์ Moro จะเพิ่มเป็น 2 เท่า เมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส (Maccarone และคณะ ,1985) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานินจะมีค่าลดลงเช่น ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานิน มีค่า 1300 ชั่วโมง แต่ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ค่าครึ่งชีวิตของแอนโทไซยานิน มีค่าลดลงเหลือเพียง 245 ชั่วโมง (สุภาพรรณ และอรไท, 2533)

มีการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยต่างให้ผลสรุปทั่วๆไป คือ แอนโทไซยานินจะถูกทำลายด้วยความร้อนระหว่างผ่านกระบวนการต่างๆและการเก็บรักษา Darravingas และ Cain (1965) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในcannedred raspberries ที่เก็บในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 21 และ 38 องศาเซลเซียส เก็บเป็นเวลา 0 30 60 และ 90 วัน พบว่า เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลง และในสภาวะที่อุณหภูมิในการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินลดลงมากขึ้น Palamidis และ Markakis (1975) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในเครื่องดื่ม โดยเก็บที่อุณหภูมิ 10 20 และ38 องศาเซลเซียส ในที่มืด พบว่า อุณหภูมิในการเก็บเพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของแอนโทไซยานินลดลง

Brouillard และคณะ (1982) พบว่า การเกิดสมดุลของปฏิกิริยาระหว่างโครงสร้างของแอนโทไซยานิน เป็นแบบดูดความร้อน สมดุลเปลี่ยนจากซ้ายไปขวา blue quinonoid red Flavylium colorless Carbinol base colorless-chalcone ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนสมดุลจะเลื่อนไปทาง chalcone ซึ่ง chalcone จะเปลี่ยนเป็น flavylium ช้าลง Brouillard พบว่า ถ้าเป็นแอนโธไซยานิดินชนิดเดียวกันแต่จำนวนน้ำตาลที่มาเกาะไม่เท่ากัน เช่น 3,5-diglycosides จะใช้เวลาในการเกิดสมดุลระหว่าง chalcone กับ flavylium ที่ 25 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง แต่ถ้าเป็น 3-glycosides จะใช้เวลา 6 ชั่วโมง (เวลาที่ใช้จะนานมากขึ้น ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้) เนื่องจากการวัดความเข้มข้นของแอนโทไซยานินทั้งหมดนั้นมักวัดเมื่อแอนโทไซยานินอยู่ในรูปของflavylium ดังนั้นถ้าศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานิน จะต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนของ chalcone ไปเป็น flavylium จนหมดก่อนวัด Maccarone และคณะ (1985) ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคงตัวของ แอนโทไซยานินในน้ำส้มที่เก็บในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 15 25 และ 35 องศาเซลเซียสพบว่า อัตราการเสื่อมเสียเกิดเป็น 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส Fossen และคณะ (1998) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน (petanin และ Cyanidin-3-glucoside) ใน pH 1-9 เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 1 2 5 8 15 และ 60 วัน พบว่า ที่ทุกระดับ pH ในสภาวะที่มีอุณหภูมิเดียวกัน เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลง ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงอย่างรวดเร็ว

3. ประจุบวก

ผลจากประจุบวกบางชนิดโดยเฉพาะไดวาเลนท์ และไตรวาเลนท์ เมททอล ไอออน จะทำให้ค่าความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการเกิด blueing ของสีทำให้โมเลกุลของสีตกตะกอน ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แอนโทไซยานินสัมผัสกับโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง และเหล็กผสม โดยเฉพาะกรรมวิธีการผลิตอาหารกระป๋องที่มีการให้ความร้อน และมีความเป็นกรดร่วมด้วย จะทำให้เกิดการรวมตัวกันระหว่างโลหะดังกล่าวกับหมู่ฟีนอลของแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในผักและผลไม้ที่นำมาผ่านกรรมวิธีการผลิต

4. ความร้อนและแสงสว่าง

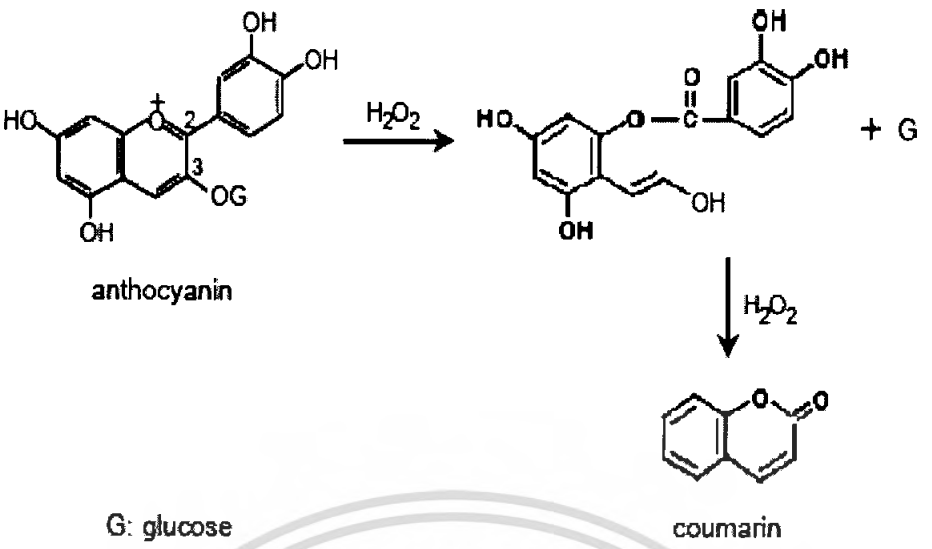
แอนโทไซยานินมีสมบัติในการทนความร้อนได้ดี การเกิด acylation กับน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของแอนโทไซยานินทำให้แอนโทไซยานินมีสมบัติในการทนความร้อน และแสงสว่างได้ดีขึ้น จะเห็นได้จากการปลูกกะหล่ำปลีสีแดงที่ประกอบไปด้วย maonacylated และ diacylated anthocyanins ซึ่งได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ตลอดวัน แสดงให้เห็นว่ากะหล่ำปลีสีแดงสามารถทนความร้อนละแสงสว่างได้ดีมาก และผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินจะไม่มีผลกระทบใดๆเมื่อได้รับแสงสว่าง

5. ออกซิเจน

แอนโทไซยานินมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้น อัตราของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจะขึ้นอยู่กับพีเอชของสารละลายในผลิตภัณฑ์อาหาร ค่าของอุณหภูมิ และค่าความเข้มของแอนโทไซยานิน แต่แอนโทไซยานินมีอัตราการออกซิไดซ์ช้าลง เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลว และมีความเสถียรสูงที่สุดเมื่อมีค่าความชื้น (Aw) เท่ากับ 0.63- 0.79

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้พันธะคู่ของไพรูเลียมลิงหายไป ส่งผลให้แอนโทไซยานินไม่มีสีและเกิดอนุพันธ์ของ coumarin ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



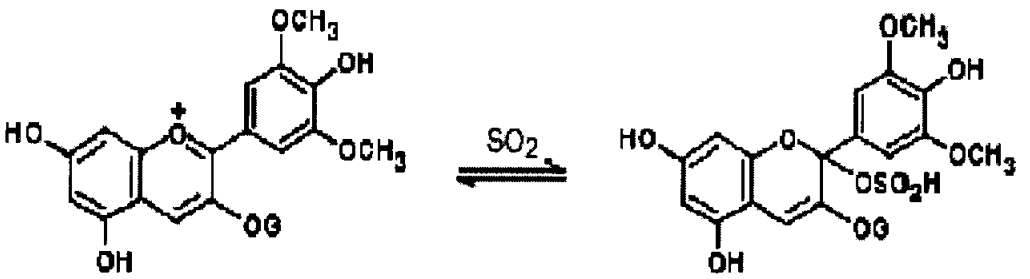
รูปที่ 2.11 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแอนโทไซยานิน
ที่มา: Kurt และ Torssell,(1983) ; artey และ Ashurst, (2001)

นอกจากนี้การผลิตน้ำองุ่นเข้มข้นและน้ำผลไม้อื่นๆที่มีสารสีม่วงแดงของแอนโทไซยานิน จะต้องบรรจุขวดหรือเทใส่ภาชนะและปิดทันทีในขณะร้อนที่อุณหภูมิ 71-76 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนและลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำผลไม้เกิดการ browning (Arthey และ Ashurst, 2001)

6. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสีเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.12 จากรูปที่ 3.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับได้ การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินไปพร้อมกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมตัวกับแอนโทไซยานิน เกิดเป็นแอนโทไซยานินที่มีสีซีดจาง ดังจะเห็นได้จากกระบวนการต้มผลไม้ที่ใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารยืดอายุการเก็บรักษา ในการทำผลไม้เชื่อมหรือดอง ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานิน แต่ควรใช้สารที่เป็นส่วนประกอบของ เบนโซเอท ไบซัลไฟต์ และ ซอร์เบท แทน ซึ่งจะมีความเหมาะสมมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



anthocyanin
red color

anthocyanin-4-bisulfite
colorless

รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินเมื่อได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณมาก
ที่มา: สืบศักดิ์ (2534)

7. โปรตีน

โปรตีนได้แก่ เจลาติน สามารถทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานินที่สกัดได้จากองุ่นเกิดเป็นตะกอนหรือทำให้เกิดความขุ่น แต่ปฏิกิริยานี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากสารประกอบชนิดอื่นที่ไม่ใช่สารสี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลลิก มากกว่าเกิดจากแอนโทไซยานิน ซึ่งมักจะสร้างพันธะกับสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดซิตริก วิตามินซี และ แป้ง ทั้งนั้นเนื่องจากแอนโทไซยานินที่มีความบริสุทธิ์เท่านั้นที่จะทำปฏิกิริยากับเจลาตินได้

8. เอนไซม์

เอนไซม์ในกลุ่มของแอนโทไซยานิน ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชได้แก่ ไกลโคซิเดส และโพลีฟีนอล ออกซิเดส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของแอนไทซยานิน โดยไกลโคซิเดส จะทำลายพันธะของแอนโทไซยานิดินที่เชื่อมต่อกับน้ำตาล ได้สารผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลและอะไกลโคลน (aglycone) ซึ่งมาเสถียรจะเปลี่ยนรูปไปเป็นอนุพันธ์ที่ไม่มีสี ส่วนโพลีฟีนอลออกซิเดส จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแอนไทซยานินที่หมู่ฟีนอล ได้สารผลิตภัณฑ์คือ โอ-ไดฟีนอล (O-diphenols) ซึ่งจะรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆเช่นหมู่อะมิโน และโปรตีน เกิดเป็น quinine compound ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาล (browning) ผลจากการใช้เอนไซม์บางชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำผลไม้คั้น อาจเป็นสาเหตุให้แอนโทไซยานินมีสีซีดจางได้ ดังนั้นในการผลิตน้ำผลไม้มักจะมีการลดทำงานของ โพลีฟีนอล ออกซิเดส โดยเติมสารจำพวก dithiothreitol, phenylhydrazine และ systeine ลงไปในส่วนผสมที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังรายงานของ Arthey และ Ashurst (2001) ซึ่งการทดลองทำลิ้นจี่กระป๋อง หลังจากปอกเปลือกลิ้นจี่และคว้านเมล็ดออกแล้ว จะแช่ลิ้นจี่ใน ไบซัลไฟต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีการผลิต บางรายงานได้รายงานว่าการแช่ผลิตภัณฑ์ในสารละลายกรดทาร์ทาริก ร้อยละ 30 กรดซิตริกที่พีเอช 4.5 หรือแช่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเชื่อมเข้มข้น ร้อยละ 0.15 จะช่วยลดการเกิดสีซีดจางของลิ้นจี่ได้

9. น้ำตาล

การสังเคราะห์แอนโทไซยานินในพืชจำเป็นต้องอาศัยน้ำตาลอิสระเป็นสารตั้งต้น โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลและแอนโทไซยานินจะมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน จากการวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลและแอนโทไซยานิน ที่บริเวณผิวของผลองุ่นในช่วงที่กำลังพัฒนาเป็นผลสุก พบว่ามีการสะสมน้ำตาลเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ก่อนที่จะปรากฏสีของแอนโทไซยานิน นอกจากนี้มีรายงานว่าก่อนการเกิดสีแดงของผลลิ้นจี่จะมีการสะสมของน้ำตาล rhamnose ที่บริเวณเปลือกเป็นจำนวนมาก (Gross, 1987)

2.4.4. กะหล่ำปลีม่วง

กะหล่ำปลี (Cabbage) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ ว่า *Brassica oleracea* L. Var.*Capitata* กะหล่ำปลีแต่เดิมเป็นพืชในเขตเมดิเตอเรเนียนแถวยุโรป และได้แพร่มาที่ประเทศไทย เมื่อก่อนกะหล่ำปลีปลูกได้ดีเฉพาะฤดูหนาวของทางภาคเหนือและอีสานเท่านั้น ต่อมาได้มีพันธุ์ทนร้อนเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทย ปัจจุบันเราสามารถปลูกกะหล่ำปลีได้ทุกฤดูกาล กะหล่ำปลีสามารถขึ้นได้ดีกับดินแทบทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนโปร่ง และชอบแดดเต็มที่ตลอดทั้งวัน กะหล่ำปลีเป็นผักที่ปลูกได้ผลดีในช่วงของเดือน ตุลาคม-มกราคม ถ้านอกเหนือจากนี้ก็เลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ การเก็บเกี่ยวกะหล่ำปลีในแต่ละพันธุ์จะไม่เหมือนกัน พันธุ์เบาที่นิยมปลูกในบ้านเราอายุประมาณ 50-60 วัน พันธุ์หนักจะมีอายุถึง 120 วันกะหล่ำปลีแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1) กะหล่ำปลีธรรมดา (Courmon Cabbage) เป็นที่นิยมปลูกและบริโภคกันมาก ลักษณะหัวกลมหลายแบบ กลมหัวแหลมเป็นรูปหัวใจและกลมแบนราบ มีสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน ทนความร้อน อายุการเก็บเกี่ยวสั้น

2)กะหล่ำปลีใบย่น (Savoy Cabbage) มีลักษณะ ผิวใบหยิกย่นเป็นคลื่นมาก ปลูกในที่มีอากาศหนาวเย็นมาก

3)กะหล่ำปลีแดงหรือกะหล่ำปลีม่วง (Red Cabbage) ลักษณะหัวค่อนข้างกลม มีสีแดงทับทิม มีอายุการเก็บเกี่ยวปานกลางและนาน ต้องการอากาศหนาวเย็นพอสมควร (ราชบัณฑิตยสถาน. 2538)

เม็ดสีสีแดงในกะหล่ำปลีม่วงได้มีการสนใจศึกษากันมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 โดยครั้งนั้นได้เรียกสารชนิดนี้ว่า รูโบบลาสไซซิน ซึ่งวิเคราะห์ออกมาได้ว่าเป็นไซยานิดินที่ถูกเอสเทอริฟลายด์ด้วยกรดซินาปิก และได้มีการศึกษากันต่อมาเรื่อยๆโดย Timberlake (1980)ได้ยืนยันว่าซินาปิกเอสเตอร์ของไซยานิดินริง โดยที่มีอยู่ 2 ชนิดคือ Cyanidin 3-sophoroside-5-glusoside ซึ่งเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอซิเลทกับกรดซีนาปิก และจากการศึกษากะหล่ำปลีสีม่วงพันธุ์ Red Danish ของ Hrazdina และคณะ (1978) ก็ยืนยันการศึกษาต่างๆก่อนหน้านี้อีกทั้งยังวิเคราะห์โครงสร้างได้เพิ่มอีกจากเดิม โดยพบว่ามีโครงสร้างที่เป็น Cyanidin 3-sophoroside-5-glusoside (Nakatani และคณะ ,1987) ซึ่งเกิดการแอซิเลทกับกรดมาโลนิกและ กรดซัลฟูริกด้วยรวมแล้วในกะหล่ำปลีสีม่วงมีแอนโทไซยานินอยู่ 8 ชนิด

ในปี 1987 Idaka ได้ลงสิทธิบัตรเรื่องการใช้ HPLC และเทคนิคทางสเปกโตรสโกปีในการวิเคราะห์โครงสร้างของแอนโทไซยานินในกะหล่ำปลีสีม่วงพบว่ามีทั้งหมด 15 ชนิดและที่มีผลสรุปแน่ชัดสามารถระบุโครงสร้างได้มี 11 ชนิดในปีเดียวกัน Idaka และคณะ ได้ตีพิมพ์เรื่องวิเคราะห์โครงสร้างของแอนโทไซยานินในกะหล่ำปลีสีม่วงโดยระบุว่ามีแอนโทไซยานินชนิดแอซีเลททั้งที่เป็นโมโนและไดแอซิเลทโดยพบว่ามีองศาการเกิดอะซิเลชั่นมากเสถียรภาพจะยิ่งดีขึ้น

การนำแอนโทไซยานินจากกะหล่ำปลีม่วงไปประยุกต์ใช้นั้น ได้เริ่มสนใจตั้งแต่ประมาณ ค.ศ. 1975 โดยเห็นว่าน่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นแหล่งของสีในธรรมชาติสำหรับใช้เป็นสีผสมอาหาร ในปี 1987 Idaka ได้รายงานการประสบความสำเร็จครั้งแรกในการแยกเม็ดสีโดยใช้ SO_2 350 ppm ในน้ำ จากนั้นทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนและเตรียมเม็ดสีให้อยู่ในรูปผงโดยใช้วิธีฟรีสดราย อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าสีที่ได้มีเสถียรภาพดีกว่าสีแดงเบอร์ 40 ซึ่งนิยมใช้ในเครื่องดื่ม ต่อมาได้มีการนำมาศึกษาอีกมากมายทั้งนำมาทดลองใช้จริง รวมถึงวิธีการหาวิธีสกัดแยก การทำให้สารสีที่สกัดได้บริสุทธิ์ รวมถึงกระบวนการผลิตเม็ดสีที่จะให้มีคุณภาพดี

ในปี 1990 บริษัท San-Ei Chemical Industries, Ltd., ได้ผลิตสีผสมอาหารจากสารที่สกัดได้จากกะหล่ำปลีม่วงออกสู่ตลาดภายใต้ชื่อการค้าที่ว่า San Red RC โดยนำกะหล่ำปลีม่วงมาตัดและบดจากนั้นทำการกรองโดยใช้ Centrifugal Separator และทำการปรับค่าพีเอชโดยใช้ McIlvaines's buffer ให้มีพีเอชเท่ากับ 3.0 จากนั้นนำผ่านกรรมวิธี Microfiltration โดยใช้ MF membrane PW-303 ภายใต้ความดัน และทำ Ultrafiltration ต่อจะได้สารละลายใส แล้วทำ Reverse Osmosis เพื่อให้สารที่ได้เข้มข้นขึ้นและเป็นการขจัดกลิ่นปิดท้ายด้วยการทำให้เข้มข้นขึ้นอีกด้วย Vacuum ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะให้สีน้ำเงินเข้มปนแดงที่ค่าพีเอช 3.0 หรือต่ำกว่าและเมื่อพีเอชสูงขึ้นจะมีสีน้ำเงินขึ้นจนถึงค่าพีเอชเท่ากับ 4.0 หรือมากกว่า ซึ่งทางผู้ผลิตแนะนำว่าเหมาะแก่การใช้เป็นสีผสมอาหารในเครื่องดื่ม หมากฝรั่ง ลูกอม ไอศกรีมพวกเชอร์เบท น้ำสลัดและโยเกิร์ต จากการทดสอบ heat และ Light stability พบว่าสีที่ได้มีเสถียรภาพดีกว่าสีที่ผลิตจากน้ำองุ่นและน้ำจากหัวบีท

2.4.5 ผลของความเป็นกรดต่อการเปลี่ยนสีของแอนโทไซยานิน

สมบัติอันหนึ่งของสารประกอบพวกแอนโทไซยานินที่น่าสนใจ คือ เป็นสารที่ว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชโดยจะประพฤติตัวเป็น pH indicator ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ซึ่งสมบัติอันนี้ได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางเพื่อหากลไกการเปลี่ยนรูป จลน์ศาสตร์ของปฏิกิริยาและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมดุลของการเปลี่ยนสีแต่ละรูป โดยแอนโทไซยานินเมื่ออยู่ในตัวกลางที่เป็นกรดหรือกลางจะมีโครงสร้าง 4 แบบที่เกิดสมดุลกันอยู่ คือ โครงสร้างที่เป็น Flavylium cation โครงสร้างที่เป็น Quinonoidal anhydrobase โครงสร้างที่เป็น Carbinol Pseudobase และรูป Chalcone ที่พีเอชต่ำกว่า 2 แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูป Flavylium cation (จะเป็นสีแดงถ้าเกิดพันธะไกลโคไซด์ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และจะเป็นสีเหลืองถ้าคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ไม่มีหมู่เกาะเลย(ไฮโดรเจน) ซึ่งมีความเสถียรเนื่องจากมี Resonance form มากถึง 6 รูป ทำให้ประจุบวก Delacalize ไปได้ทั่วตลอดทั้งโครงสร้างที่เป็น Heterocyclic o เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้นการสูญเสียโปรตรอนอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดรูป Quinonoidal anhydrobase สีออกแดงหรือน้ำเงิน โดยโครงสร้างของ Anhydrobase ที่เกิดขึ้นจะมีผสมกันหลายรูป (รูปที่ 2.5) โดยที่ pK_a ของหมู่ไฮดรอกซีที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ,7 และ 5 จะมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อตั้งทิ้งไว้จะเกิดปฏิกิริยาต่อไปโดย Flavylium cation จะเกิดปฏิกิริยา Hydration ให้รูป Carbinol base หรือ Pseudonase ที่ไม่มีสี แล้วจะเกิดการแตกวงต่อไปเกิดสมดุลกับรูป Chalcone ที่ไม่มีสี โดยปริมาณของทั้ง 4 รูปนี้ที่สมดุลจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับโครงสร้างของแอนโทไซยานินและค่าพีเอช

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผักและผลไม้ประกอบด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหลากหลายชนิด นอกเหนือจากสารอาหารต่างๆที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดี ได้แก่ สารอนุพันธ์ของ hydroxybenzoic และ hydroxycinncamic acids, flavonol, flavones, isoflavones, flavonones, anthocyanins, catechin, tannin และ isocatechin (Kahkonen และคณะ, 2000) ผักและผลไม้จึงจัดเป็นแหล่งอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ในแง่ของสุขภาพ และการต้านทานต่อโรคภัยที่เป็นผลมาจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขององค์ประกอบ พวก ไขมัน โปรตีน และ กรดนิวคลีอิก ในร่างกาย รวมถึงองค์ประกอบต่างๆของอาหารที่บริโภค ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นไปทำลายและก่อให้เกิดการเสื่อมสลายของอวัยวะส่วนต่างๆ และทำให้เสียสมดุลในร่างกายส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย เช่น โรคหัวใจ โรคไขมันในเส้นเลือด โรคความดันสูง โรคมะเร็ง โรคไต รวมถึงโรคที่เป็นความผิดปรกติที่เกิดจากการเสื่อมสลายของเซลล์ เช่น โรค Parkinson's และ Ahlzeimer's diseases (Wang และคณะ, 1999; Shrikhande, 2000; Rodrigo และคณะ, 2002; Saint-Cricq deGaulejac และคณะ, 1999)

Prior และคณะ (1998) พบว่าความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ rabbiteye blueberriesสายพันธุ์ต่างๆมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณแอนโทไซยานินและ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด เมื่อผลไม้มี maturity เพิ่มขึ้น ค่าความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ปริมาณแอนโทไซยานินและ สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ก็เพิ่มขึ้นด้วย

Wang และคณะ (1996) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของผลไม้ชนิดต่างๆ พบว่า สตรอเบอรี่ มีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้สูงที่สุด รองลงมาเป็น พลัม ส้ม องุ่นแดง ผลกีวี เกรฟฟรุทสีชมพู องุ่นเขียว กล้วย แอปเปิล มะเขือเทศ แพร์ และ แตง honeydew ตามลำดับ เมื่อวัดค่าการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของน้ำผลไม้ชนิดต่างๆที่มีขายในท้องตลาดพบว่า น้ำองุ่นมีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็น น้ำเกรฟฟรุท น้ำมะเขือเทศ น้ำส้ม และน้ำแอปเปิล ตามลำดับ

Coision และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษา *Euterpe oleracea Mart* (Arecaceae) หรือที่รู้จักกันในชื่อของ Acai ในชาวบราซิลแถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอน ที่มีสีม่วงเข้มซึ่งมีปริมาณของแอนโทไซยานินและฟีนอลลิกในปริมาณที่สูง แอนติออกซิแดนซ์และแอนติเรดิคอล ของ *Euterpe oleracea* เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านเคมีของสารประกอบฟีนอลลิกที่มีศักยภาพสูงเหมาะสำหรับที่จะใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเนื่องจากเป็นสารสีที่สามารถพบได้อยู่แล้วทั่วไปในธรรมชาติ จุดประสงค์ของการทดลองนี้ก็คือ ใช้น้ำจาก *Euterpe oleracea* เป็นสารสีเพื่อผสมในโยเกิร์ตโดยใช้ในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับโยเกิร์ตที่ผสม bilbery ที่มีขายอยู่ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัดถุดิบ

3.1.1.1 นมผงมันเนยตรามิสชัน

3.1.1.2 แป้งดัดแปร

3.1.1.3 หัวเชื้อแบคทีเรียโยเกิร์ตชนิดฟรีสดราย (YC-380) ซึ่งเป็นเชื้อผสมระหว่าง *Lactobacillus delbruekii* subsp. *bulgaricus* และ *Sterptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*

3.1.1.4 กะหล่ำปลีม่วง(*Brassica oleracea* L. Var. *Capitata*)

3.1.1.5 นมสดพร่องมันเนย ยี่ห้อโฟร์โมสต์

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Mreck)

3.1.2.2 Phenolphthalein 1%

3.1.2.3 กรดไฮโดรคอลริกความเข้มข้น 1 N (Mreck)

3.1.2.4 โซเดียมเมตตาไบซัลไฟต์

3.1.2.5 เอทานอล

3.1.2.6 เปปโตน (Difco)

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.3.1 อาหารMRS (Difco)

3.1.3.2 อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) (Oxoid)

3.1.3.3 กรดทาร์ทาริก

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.4.1 เครื่องวัดพีเอช (Cyberscan 2000)

3.1.4.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius BP2115)

3.1.4.3 เครื่องนึ่งความดันไอ (TOMY รุ่น SS-245)

3.1.4.4 เครื่องระเหย (BUCHI Vacuum Controller V-800)

3.1.4.5 ตู้เขี่ยเชื้อ (ISSCO Model BVT123)

3.1.4.6 ตู้บ่ม (Memmert)

3.1.4.7 ตู้แช่เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.8 รีแฟลกโตมิเตอร์ (Hand-held Refractometer) (Atago, Japan)

3.1.4.9 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Shimadzu UV-1607)

3.1.4.10 เครื่องคั้นน้ำผลไม้

3.1.4.11 ชุดไทเทรท

3.1.1.12 เครื่องวัดสี (Minolta CR-300)

3.1.1.13 โถดูดความชื้น (Desicator)

3.1.1.14 ไมโครปิเปตขนาด 100 และ 20 ไมโครลิตร (Eppendorf Research ,Germany)

3.1.1.15 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Food Texture Analyzer TA PLUS LLOYD ,Instruments)

3.2วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง

นำกะหล่ำปลีม่วงมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำเข้าเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก น้ำคั้นที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

3.2.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่

1. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solid) โดยใช้รีแฟรกโตมิเตอร์

2. ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3. ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)

4. ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acidity) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

5. ปริมาณแอนโทไซยานิน (Total Anthocyanin Content) ตามวิธีการของ Bae และ Suh (2007)

6. ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้ pH-meter

3.2.1.2 วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่

1. การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta CR-300) ในระบบ L* a* b*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในการผลิตโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ

3.2.2.1 การเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

โดยนำนมสดพร่องมันเนย (ปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 13) มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งให้น้ำนมเย็นลงประมาณ 40 องศาเซลเซียส จึงใส่เชื้อโยเกริต์ชนิด Freeze-dried (YC-380) ลงไปในน้ำนมร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร จากนั้นผสมน้ำนมและเชื้อโยเกิร์ตให้เข้ากัน นำไปบ่มที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 42 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ชั่วโมง (Tamine และ Robinson , 1999)

3.2.2.2 การเตรียมโยเกิร์ต

นำนมสดมาให้ความร้อนประมาณ 40 องศาเซลเซียสเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงลงไปในส่วนผสมของนมที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 เติมหางนมผงร้อยละ 6 น้ำตาลร้อยละ 5 และเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 0.5 เพิ่มอุณหภูมิจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 65 องศาเซลเซียสและคงอุณหภูมินี้เป็นเวลา 15 นาทีทิ้งให้ส่วนผสมเย็นลงที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียส เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตที่เตรียมไว้ในปริมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดที่ได้บ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 42 ± 1 องศาเซลเซียส

3.2.2.3 การศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการหมัก

โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการหมักทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 ชั่วโมงได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งหมด (Total number of cells) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ด้วยเทคนิค spraed plate

2.. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้แก่ พีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด

3. การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวน การหมัก โดยการใช้เครื่องวัดสี

3.2.2.4 การประเมินคุณภาพของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในความเข้มข้นต่างๆ

เพื่อประเมินความเข้มข้นของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เหมาะสม ทำการเตรียมผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตตามข้อ 3.2.2.2 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 ± 1 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้พีเอชประมาณ 4.5 นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืนก่อนนำไปประเมินคุณภาพ โดยประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ ความแน่นเนื้อ ลักษณะเนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ประเมินความชอบโดยใช้ 9 – point hedonic scale โดย 9 หมายถึงชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design และทดสอบความแตกต่างของทรีทเมนต์ด้วย DMRT (Duncan 's new multiple range test)

3.2.5 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในความเข้มข้นที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.4 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 ± 2 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในทุกๆ 4 วันเป็นเวลา 16 วัน ได้แก่

1. ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งหมด (total starter culture) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ปริมาณยีตส์และรา โดยวิธี spread plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Acidified PDA (oxiold)

2. พีเอช ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

3. ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส LLOYD โดยใช้หัววัดรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 มิลลิเมตร ทำการกดลงในตัวอย่างลึกร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์ ทำการวัดเนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ (firmness) การแยกตัวของน้ำหางนม โดยวิธีของจงกลนี (2540) และค่าสี ในระบบ L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 การศึกษาองค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง

นำตัวอย่างน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพ จากของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วง

องค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพ	ค่าที่ได้
ค่าสีระบบ CIE L* a* b* [1]	
L*	25.1
a*	22.7
b*	-7.99
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)	5
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	2.03
ความชื้น (ร้อยละ)	97.97
ความเป็นกรด-ด่าง	6.25
ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปของกรดซิตริกร้อยละ)	0.07
ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่าง)	0.36

[1] L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ;+ = สีดำ ,– =สีขาว

a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสีแดง /สีเขียว ;+ =สีแดง, - = สีเขียว

b* เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสีเหลือง / น้ำเงิน ; + =สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน

จากการศึกษาพบว่าน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ได้มีค่าสี L* a* และ b* เป็น 25.1 22.7 และ -7.99 ตามลำดับ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากับ 5 °Brix ปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.03 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 97.97 ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.25 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงเท่ากับร้อยละ 0.07 และมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดซึ่งเป็นสารสีที่เป็นองค์ประกอบในกะหล่ำปลีม่วงมีค่าประมาณ 0.36 ไมโครกรัมต่อกรัม สำหรับปริมาณแอนโทไซยานินในกะหล่ำปลีม่วงพบว่ามีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเช่น ฤดูกาล พบว่ามีความเข้มข้น 215 มิลลิกรัมต่อวันในฤดูร้อน และ 180 มิลลิกรัมต่อวันในฤดูหนาว (Kuhnau, 1976) สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้ยัง ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ และอัมพาตได้อีกด้วย (Mazza, 2000) ดังนั้นน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นสารสีธรรมชาติในโยเกิร์ตต่อไป

4.2 การศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต

จากการศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่มีต่อโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมักโดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างกระบวนการหมักทุกๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโยเกิร์ตทั้งหมด และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งหมด

จากการศึกษาพบว่าการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมักเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยที่ในระยะเวลาการหมักชั่วโมงแรก พบว่าจำนวนแบคทีเรียโยเกิร์ตมีปริมาณใกล้เคียงกันโดยในโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีปริมาณแบคทีเรียโยเกิร์ตเท่ากับ 4.6×10^5 cfu/g และในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 มีปริมาณแบคทีเรียโยเกิร์ตเท่ากับ 4.6×10^5 4.6×10^5 4.7×10^5 และ 4.6×10^5 cfu/g ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นโดยในช่วง 2 ชั่วโมงนั้นจะพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโยเกิร์ตอย่างรวดเร็วมากกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติโดยในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 20 มีจำนวนสูงสุด เท่ากับ 8.1×10^6 cfu/g รองลงมาคือโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.6×10^6 และ 7.5×10^6 cfu/g ตามลำดับ โดยโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีจำนวน แบคทีเรียโยเกิร์ตต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.7×10^6 cfu/g แต่หลังจากชั่วโมงที่ 2 แล้วโยเกิร์ตรสธรรมชาติจะเริ่มมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโยเกิร์ตซึ่งมีค่า

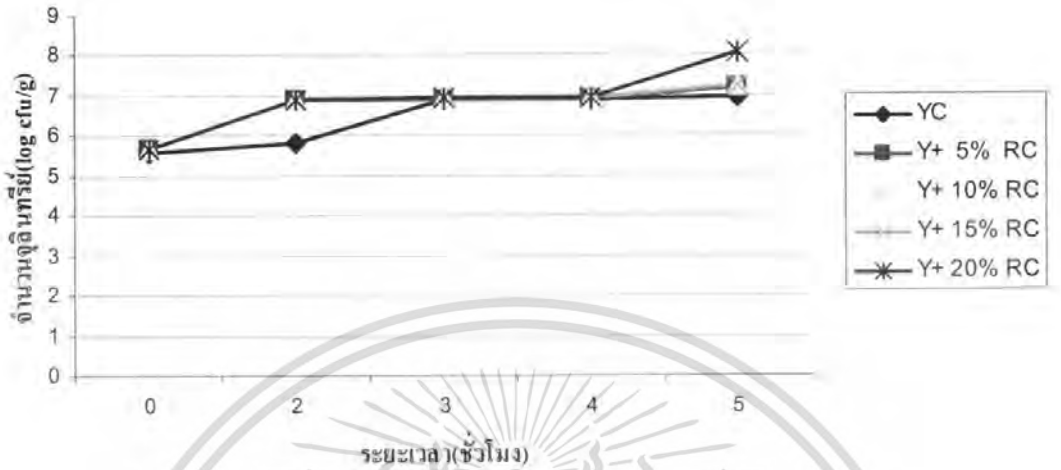
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 7.8x 10^6 cfu/g และมีค่าใกล้เคียงกับโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง โดยในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้น ร้อยละ 20 มีค่าสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.5x 10^6 cfu/g รองลงมาคือร้อยละ 15 10 และ5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.4 x 10^6 8.4 x 10^6และ 8.2 x 10^6 cfu/g ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 4 โยเกิร์ตทุกตัวอย่างมีปริมาณแบคทีเรียโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 8.2x 10^6 cfu/g และในโยเกิร์ตที่เติม น้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ร้อยละ5 10 15 และ20 มีค่าเท่ากับ 8.3 x 10^6 8.5 x 10^6 8.5 x 10^6 และ 8.9 x 10^6 cfu/g ตามลำดับโดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่ามากที่สุด

ในระยะเวลาการหมัก 5 ชั่วโมงนั้น โยเกิร์ตที่มีการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีการเจริญของแบคทีเรียโยเกิร์ตมากที่สุดเท่ากับ 1.8x10^7 cfu/g รองลงมาคือร้อยละ 15 10 และ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ1.75 x 10^7 1.75 x 10^7 และ 1.50 x 10^7 cfu/g ตามลำดับส่วนโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีอัตราการเจริญของแบคทีเรียโยเกิร์ตน้อยที่สุด ซึ่งมีจำนวน 8.9x10^6 cfu/g ที่ระยะเวลาในการหมัก 5 ชั่วโมง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียโยเกิร์ตโดยสังเกตจากในช่วงเวลาเดียวกันยิ่งเติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นที่มากขึ้นแบคทีเรียโยเกิร์ตมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เนื่องจากน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงประกอบไปด้วยวิตามินซี เบต้าแคโรทีน ลูเทอีน วิตามินอี และปริมาณฟีนอลลิก (Byers และ Perry, 1992)

โดยทั่วไปในกระบวนการหมักโยเกิร์ต หัวเชื้อที่ใช้จะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน ซึ่งเชื้อทั้งสองจะมีความสัมพันธ์ในลักษณะพึ่งพากัน โดยระหว่างกระบวนการหมัก พบว่าเชื้อ *S. thermophilus* เติบโตได้ดีในระยะแรกของการหมัก และสร้างกรดแลคติกขึ้นเป็นจำนวนมาก รวมทั้งยังสร้างกรดฟอร์มิกเพื่อไปกระตุ้นการเติบโตของเชื้อ *L. bulgaricus* อีกด้วย โดยเชื้อ *L. bulgaricus* จะนำกรดฟอร์มิกนี้ไปใช้ในการสร้างสารให้กลิ่นรส ได้แก่ ไดอะเซทิล (diacetyl) และอะเซทิลดีไฮด์ (acetyldehyde) ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* YC คือ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

Y +5% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y +10% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y +15% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y +20% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

รูปที่ 4.1 กราฟจำนวนจุลินทรีย์โยเกิร์ตในแต่ละช่วงเวลาในระหว่างกระบวนการหมัก

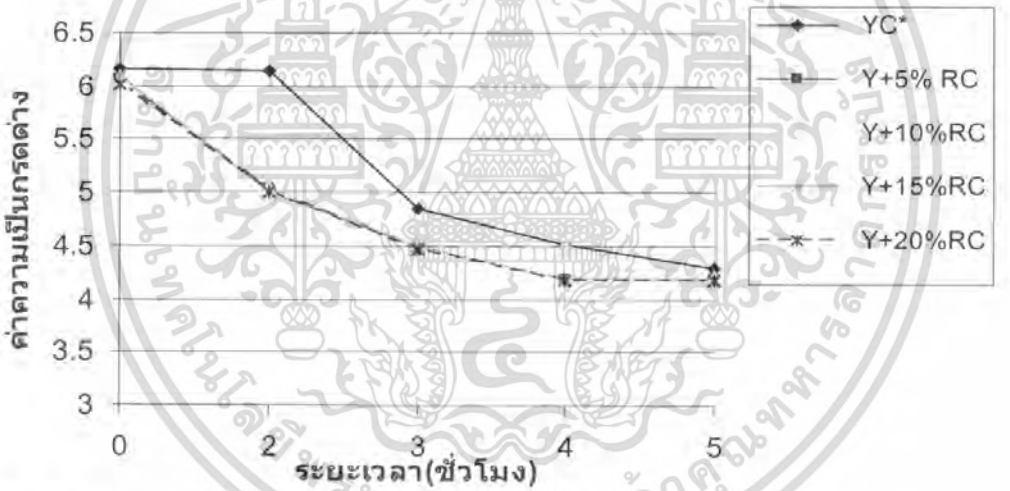
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

4.2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมักที่อุณหภูมิที่ 42 ± 1 องศาเซลซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมงสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.2 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงเริ่มต้นมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.2-6.3 และเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงนั้นมีแนวโน้มลดลงมากกว่าโยเกิร์ตรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติโดยโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีค่าเท่ากับ 4.3 ที่ระยะเวลาในการหมัก 5 ชั่วโมงและโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ20 นั้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.19 4.19 4.19 4.18 ตามลำดับ หลังจากการหมักเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 20 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สุดท้ายน้อยที่สุด เท่ากับ 4.18 เนื่องจากในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีการเจริญของเชื้อโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติ ซึ่งในระยะเวลา 0-3 ชั่วโมง โยเกิร์ตจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.6- 4.7 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้เกิดการการตกตะกอนเคซีอีนได้ดี (วราวุฒิ และ รุ่งนภา,2532) ซึ่งกรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อยๆนี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีน และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำนมสูญเสียธรรมชาติไปด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เติมลงไปในส่วนผสมของโยเกิร์ตมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็วกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติ



* YC คือ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

Y +5% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y +10% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y +15% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y +20% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

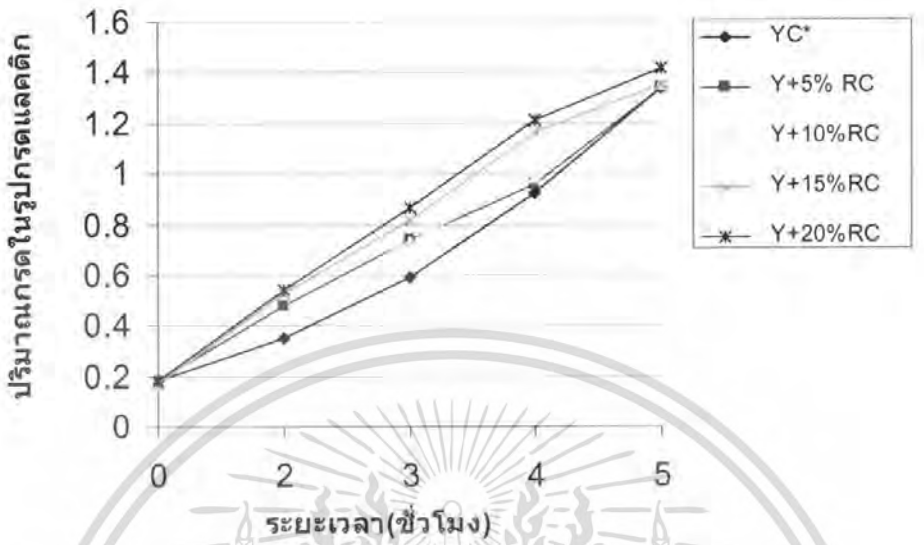
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด - ด่างในระหว่างกระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติกในโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมักมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้นและใช้น้ำตาลแลคโตสซึ่งเป็นองค์ประกอบในนมและผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจึงส่งผลทำให้ ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น (Tamine และ Robinson, 1999) จากรูปที่ 4.3 พบว่าปริมาณกรดในส่วนผสมของนมก่อนเกิดกระบวนการหมัก โยเกิร์ตรสธรรมชาติ มีเท่ากับร้อยละ0.18 และปริมาณกรดทั้งหมดของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.18 0.17 0.17 และ 0.18 ตามลำดับ กรดที่ได้จากกระบวนการหมักประกอบด้วยกรดหลายชนิด เช่น กรดแลคติก กรดไพรูวิก กรดโพรพิโอนิก กรดซิตริก และกรดอะซิติก (Garcia และคณะ,2002) และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีปริมาณกรดน้อยกว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง โดยโยเกิร์ตรสธรรมชาติมีค่าปริมาณกรดเท่ากับ 1.34 ส่วนโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 มีปริมาณกรดเท่ากับ 1.34 1.35 1.35 และ 1.4 ตามลำดับ โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดรวดเร็วมากกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 20 มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณความเป็นกรดที่สูงสุด Tamine และ Robinson (1999) ได้กล่าวไว้ว่า โยเกิร์ตจะมีคุณภาพดีและเป็นที่ยอมรับเมื่อมีค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายอยู่ในช่วง 3.8-4.2 และ ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.9 - 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* YC คือ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

Y +5% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y +10% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y +15% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y +20% RC คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในระหว่างกระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมัก

จากผลการทดลองพบว่า ค่าสี L* a* b*ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีการเปลี่ยนแปลงไปในระหว่างกระบวนการหมัก โดยค่า L^* (รูปที่ 4.4 (a)) ซึ่งแสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีแนวโน้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ระยะเวลาเริ่มต้นของกระบวนการหมักพบว่าค่า L^* ของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ20 มีค่าเท่ากับ 78.68 73.56 70.14 และ 70.10 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะพบว่าค่า L* ของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ 20 มีค่าเท่ากับ 80.18 75.69 72.45 และ 70.31 ตามลำดับ ในระยะเวลาการหมัก 5 ชั่วโมง

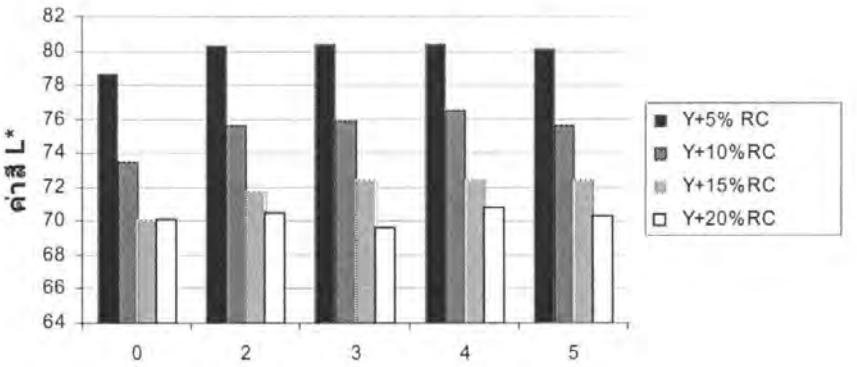
ในขณะที่ค่า a^* (รูปที่ 4.4 (b)) ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีแดง- สีเขียวนั้นพบว่าในระหว่างกระบวนการหมักค่า a* ของแต่ละทรีทเมนท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อระยะเริ่มแรกของกระบวนการหมักโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ20 มีค่า a^* เท่ากับ 1.56 3.91 5.92 และ 9.42 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักพบว่าค่า a^* ของทุกทรีตเมนท์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 5 10 15 และ20 มีค่า a* เท่ากับ 14.85 10.41 8.38 และ3.86 ตามลำดับ

สำหรับค่า b^*(รูปที่ 4.4 (c)) ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีเหลือง- น้ำเงิน นั้นจะพบว่าในระหว่างกระบวนการหมักค่า b* ของแต่ละทรีทเมนท์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงเมื่อระยะเวลาการหมักผ่านไปค่า b^* ของโยเกิร์ตทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่า a^* เมื่อระยะเริ่มแรกของกระบวนการหมักโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 5 10 15 และ20 มีค่า b^* เท่ากับ 2.09 -1.48 -4.27 และ-7.52 ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ5 10 15 และ 20 มีค่า b* เท่ากับ 3.71 0.52 -1.59 และ -4.48 ตามลำดับ

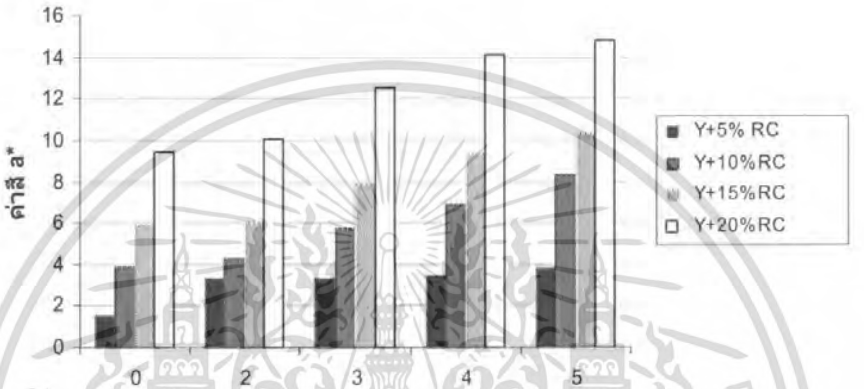
การเปลี่ยนแปลงของค่าสีในระหว่างกระบวนการหมักอาจเนื่องมาจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นและ ค่าความเป็นกรด – ด่างมีผลกระทบต่อโครงสร้างและความเข้มข้นแอนโทไซยานิน (Cabrita และคณะ, 2002)และการเปลี่ยนสีของสารที่มีคุณสมบัติออกไซด์ (จินตนา, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

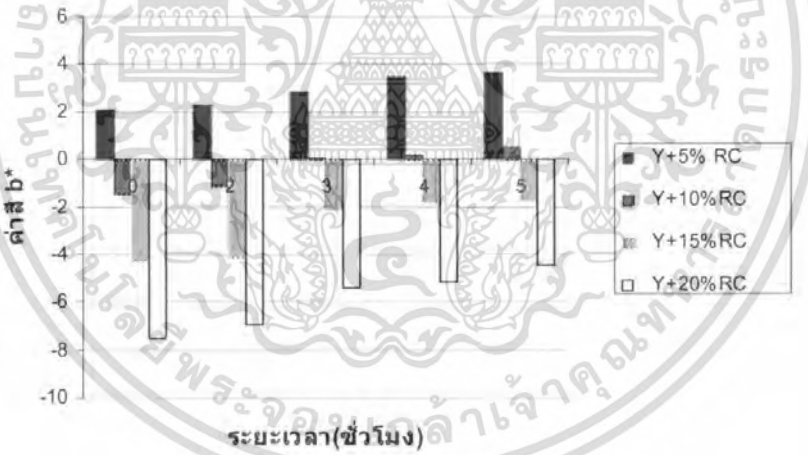
(a)



(b)



(c)



L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ;+ = สีดำ ,– =สีขาว

a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสีแดง /สีเขียว ;+ =สีแดง, - = สีเขียว

b* เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสีเหลือง / น้ำเงิน ; + =สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* ในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ

หลังจากที่บ่มโยเกิร์ตครบ 5 ชั่วโมงแล้วนำแต่ละทรีทเมนต์มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 8 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่งโมงก่อนทำการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ hedonic scale scoring test แบบ 9-point ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลี ม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของน้ำคั้นในกะหล่ำปลีม่วง (ร้อยละ)	คุณลักษณะคุณภาพ				
	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
5	7.06[a]	7.23[a]	7.23[a]	7.0[a]	7.43[a]
10	6.96[a]	6.60[b]	6.03[b]	6.66[ab]	6.93[a]
15	7.23[a]	6.56[b]	6.33[b]	6.40[b]	6.96[a]
20	6.90[b]	6.30[b]	5.26[c]	5.80[c]	5.46[b]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

จากตารางที่ 4.2 พบว่า โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 15 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีสูงสุดเท่ากับ 7.23 รองลงมาคือร้อยละ 5 10 และ 20 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของความชอบเท่ากับ 7.06 6.96 6.9 ตามลำดับ เมื่อนำคะแนนความชอบที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ร้อยละ 5 – 15 ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การที่ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านสีของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 มากที่สุดอาจเนื่องมาจากมีสีชมพู่ที่สวยงามไม่เข้มมากเกินไปทำให้เป็นที่ยอมรับได้โดยผู้ชิมซึ่งให้คะแนนเฉลี่ยของความชอบปานกลางถึงชอบมาก(7.06) โดยที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่าต่ำสุด ซึ่งผู้ชิมให้คะแนนชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กน้อยถึงปานกลาง (6.90) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีสีม่วงเข้มของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่มากเกินไป จนทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ

ด้านกลิ่นรสผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ5 มากที่สุดซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.23 โดยผู้ชิมรู้สึกชอบมากถึงปานกลาง รองลงมาได้แก่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ15 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.60 และ 6.56 ตามลำดับ ส่วนโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสต่ำที่สุดคือ ผู้ชิมรู้สึกเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.3 ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ของกะหล่ำปลีม่วงมากเกินไป ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ แต่เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 10-20 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)ในด้านกลิ่นรส แต่มีความแตกต่างจากที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

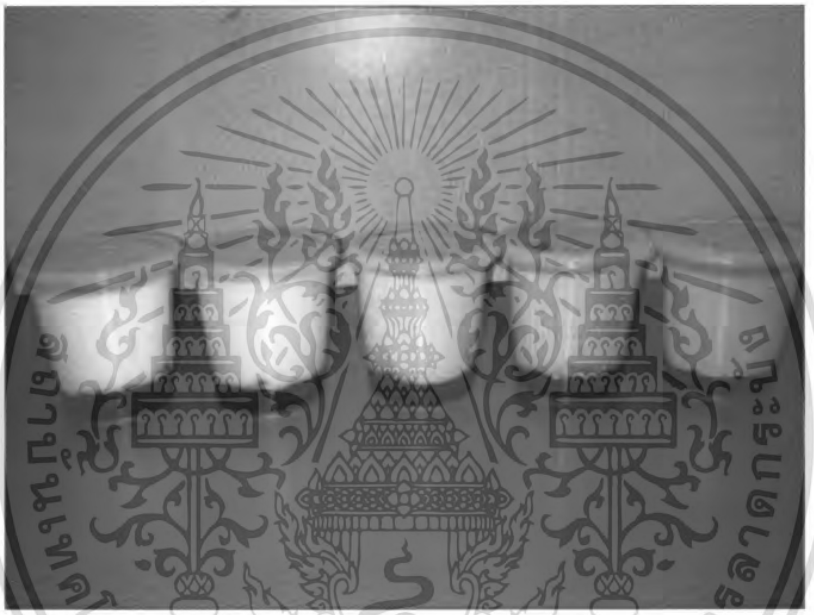
ด้านรสชาติมีคะแนนความชอบสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.23 รองลงมาคือที่ความเข้มข้นร้อยละ15 และ 10 โดยมีค่าเท่ากับ 6.33 6.03 ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสต่ำที่สุดคือ ผู้ชิมรู้สึกเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.26 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีความเข้มข้นน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมากเกินไป ทำให้ส่งผลต่อรสชาติของโยเกิร์ต และอาจเนื่องมาจากมีรสชาติเปรี้ยวมากเกินไปทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ

สำหรับด้านเนื้อสัมผัสมีคะแนนความชอบสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.0 โดยผู้ชิมรู้สึกชอบปานกลางถึงมาก รองลงคือที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.66 6.4 และ 5.8 ตามลำดับ สำหรับที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่าการยอมรับทางเนื้อสัมผัสที่ต่ำที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของโยเกิร์ตที่เหลวเกินไปเนื่องจากมีปริมาณน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เติมลงไปมากที่สุด และเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ

เมื่อพิจารณาทางด้านการยอมรับโดยรวมพบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 ผู้ชิมให้คะแนนความชอบสูงสุดซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 7.43 รองลงมาได้แก่ โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 และ10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.96 6.93 และเมื่อนำคะแนนความชอบไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)กับที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 มีค่าการยอมรับรองลงมา ส่วนโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.46 คือ ผู้ชิมรู้สึกเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยและมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)กับโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ โดยรวมแล้วผู้ชิมยอมรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 มากที่สุดรองลงมาคือโยเกิร์ตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 ซึ่งมีค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับคะแนนสูงสุด โดยมีการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ดังแสดงในรูป 4.5



รูปที่ 4.5 ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 0- 20

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในปริมาณที่มากที่สุดแต่ยังคงได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตเพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงได้ทำการเลือกโยเกิร์ตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 เพื่อนำมาศึกษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

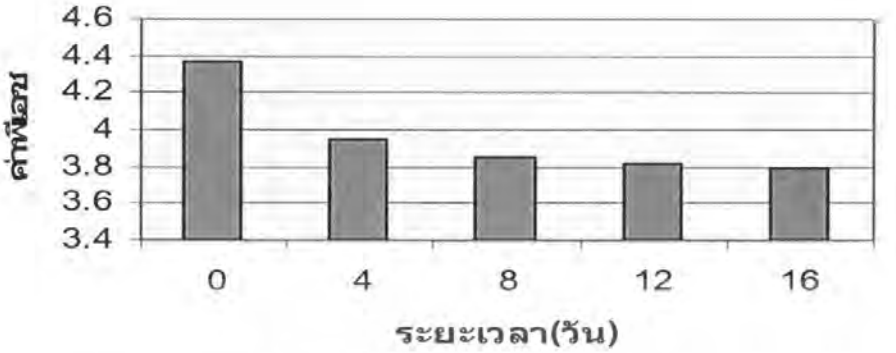
4.4 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของผู้ชิมคนผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มากที่สุดรองลงมาคือโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นการศึกษาในตอนนี้จึงนำโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี การเจริญและการเหลือรอดของเชื้อโยเกิร์ตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ±1 องศาเซลเซียส 16 วัน ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเป็นดังนี้

4.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าพีเอชยังคงมีแนวโน้มลดลง ทั้งเป็นผลจากการสร้างกรดแลคติกของจุลินทรีย์โยเกิร์ต แสดงว่า หัวเชื้อโยเกิร์ตยังคงมีกิจกรรมอยู่แม้ว่าจะทำการเก็บที่อุณหภูมิ 4องศาเซลเซียส โดยทั่วไปแล้ว เมื่อโยเกิร์ตมีความเป็นกรดสูงขึ้น จำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกก็จะลดลงตามไปด้วย (Birollo และคณะ, 2000) สอดคล้องกับผลการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ พบว่า จำนวนแบคทีเรียโยเกิร์ตมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บ โดยในโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงปริมาณร้อยละ 15 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาที่วันที่ 0 4 8 12 และ 16 วันค่าของค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็น 4.37 3.95 3.87 3.83 และ 3.8ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



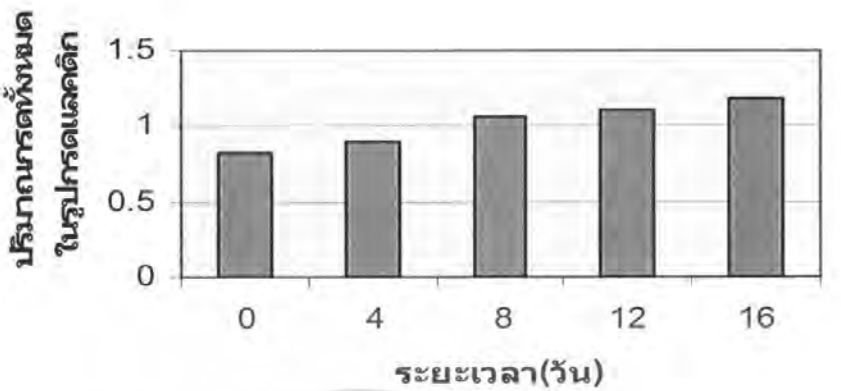
รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชจากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตพบว่าในโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงนั้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ต่ำกว่าโยเกิร์ตรสธรรมชาติทั้งนี้เป็นผลมาจากความเป็นกรดในน้ำผัก และในระยะเวลาการเก็บรักษาก็พบว่าในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงนั้นมีอัตราการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่มากกว่าในโยเกิร์ตรสธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในน้ำผักมีวิตามินต่างๆ และสารอาหารอื่นๆอีกมากมาย (มณีฉัตร, 2545) เป็นผลให้แบคทีเรียโยเกิร์ตในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีอัตราการเจริญที่มากกว่าในโยเกิร์ตรสธรรมชาติเป็นผลให้มีการสร้างกรดแลคติกที่มากกว่าด้วยจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษาและเมื่อนำค่าความเป็นกรด-ด่างมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 1 ภาคผนวก ฉ

4.4.2 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

จากการศึกษาปริมาณกรดทั้งหมด พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณก็จะยิ่งมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เป็นผลจากยังคงมีการผลิตกรดแลคติกของแบคทีเรียโยเกิร์ตโดยในโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงปริมาณร้อยละ 15 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาที่วันที่ 0 4 8 12 และ 16 วันค่าของปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น(ร้อยละ) 0.82 0.90 1.07 1.11 และ 1.18 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



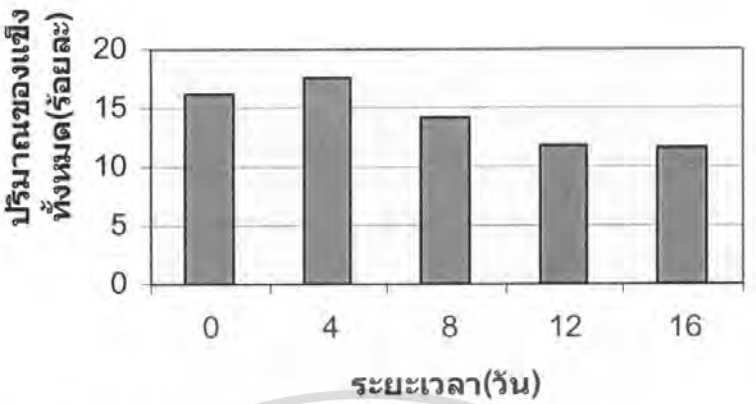
รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

จากตารางแสดงถึงค่าความเป็นกรดทั้งหมดดังจะเห็นได้ว่าปริมาณกรดทั้งหมดในโยเกิร์ตโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากแบคทีเรียโยเกิร์ตที่มีอยู่ในโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีอัตราการการเจริญที่มากกว่าจึงทำให้สร้างกรดได้มากกว่านั่นเอง ทั้งนี้เนื่องปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการที่ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงนั่นเอง ในระหว่างการเก็บรักษาแบคทีเรียโยเกิร์ตยังคงมีการเจริญอย่างช้าๆทำให้ยังคงมีการผลิตกรดแลคติกได้นั่นเอง ปริมาณกรดจึงเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษาและเมื่อนำค่าของปริมาณกรดทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 2 ภาคผนวก ฉ

4.4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงปริมาณร้อยละ15 พบว่าในวันที่ 0 จะมีค่าแตกต่างไปจากวันอื่นๆเนื่องจากในวันที่ 0 ยังไม่มีการแช่เย็นของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต แต่เมื่อมีการแช่เย็นแล้วนำมาวิเคราะห์พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



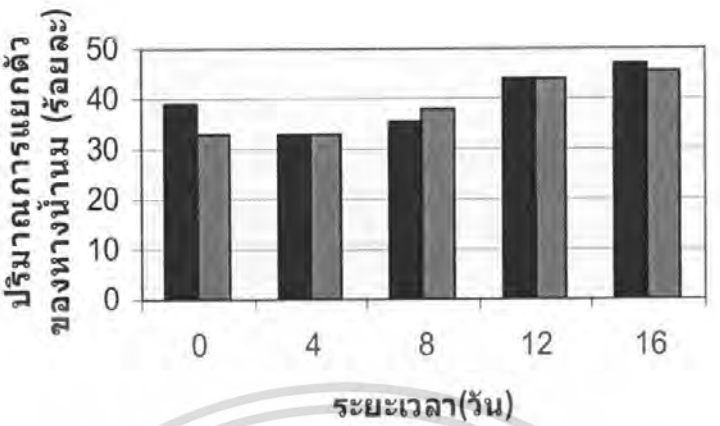
รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตเริ่มต้น (วันที่ 0 หลังจากที่เก็บรักษา) ปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตมีค่าเท่ากับ 17.52 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตลดลงมากขึ้นด้วย อาจเป็นผลมาจากการใช้สารบางชนิดที่ไม่ละลายน้ำในการเจริญเติบโตและใช้สารบางชนิดในน้ำผักด้วยจึงทำให้อัตราการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีอัตราการลดลงที่มากขึ้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดในระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 12 และ 16 ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 3 ภาคผนวก ฉ

4.4.4 การแยกตัวของหางน้ำนม (syneresis) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

จากการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำห้างนมในโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ15 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีแนวโน้มที่จะมีการแยกน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่โปรตีนในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสียสภาพทำให้การเกาะรวมตัวกันน้อยลง ปริมาณน้ำที่แยกออกมาจึงมีมากขึ้น (Hall และ Hedrick, 1971) และเมื่อพิจารณาปริมาณการแยกตัวของน้ำหางนมระหว่างโยเกิร์ตรสธรรมชาติกับโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 15 พบว่ามีปริมาณการแยกตัวของหางน้ำนมใกล้เคียงกันและเมื่อนำค่ามาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4 ภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การแยกน้ำในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

จากการทดลองการแยกน้ำในโยเกิร์ตทั้ง 2 ชนิดคือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 และโยเกิร์ตรสธรรมชาติ ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าโยเกิร์ตทั้งสองชุดมีอัตราการแยกน้ำที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสาเหตุมาจากการสูญเสียการละลายของโปรตีน (Hall และ Hedrick, 1971) จึงส่งผลให้ความสามารถในการเก็บกักน้ำของโยเกิร์ตลดลงการแยกตัวของน้ำหางนมจึงมีค่าเพิ่มขึ้นและความหนืดมีค่าลดลง การเกิดการแยกน้ำ (syneresis) ขึ้นอยู่กับการให้ความร้อนแก่น้ำนมก่อนการผลิตชนิดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำนม รวมทั้งระดับความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ โดยจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อโยเกิร์ตมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงขึ้นและมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ (Lee และ Leegood, 1999) เมื่อปริมาณของแข็งในน้ำนมมากกว่าร้อยละ 11 การเติมน้ำตาลในปริมาณมากเกินอาจทำให้ค่าการแยกน้ำ (syneresis) สูงขึ้นได้ เนื่องจากมีโมเลกุลของน้ำตาลไปแทรกอยู่ในเคิร์ดมาก ดังนั้นการใช้น้ำตาลน้อยลงจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในโยเกิร์ตต่ำกว่าและเป็นสภาวะที่หัวเชื้อตั้งต้นเติบโตได้ดีกว่ารวมทั้งมีผลทำให้โมเลกุลของน้ำตาลไปแทรกอยู่ในเคิร์ดน้อย จึงเกิดการแยกน้ำ (syneresis) ต่ำลงด้วย

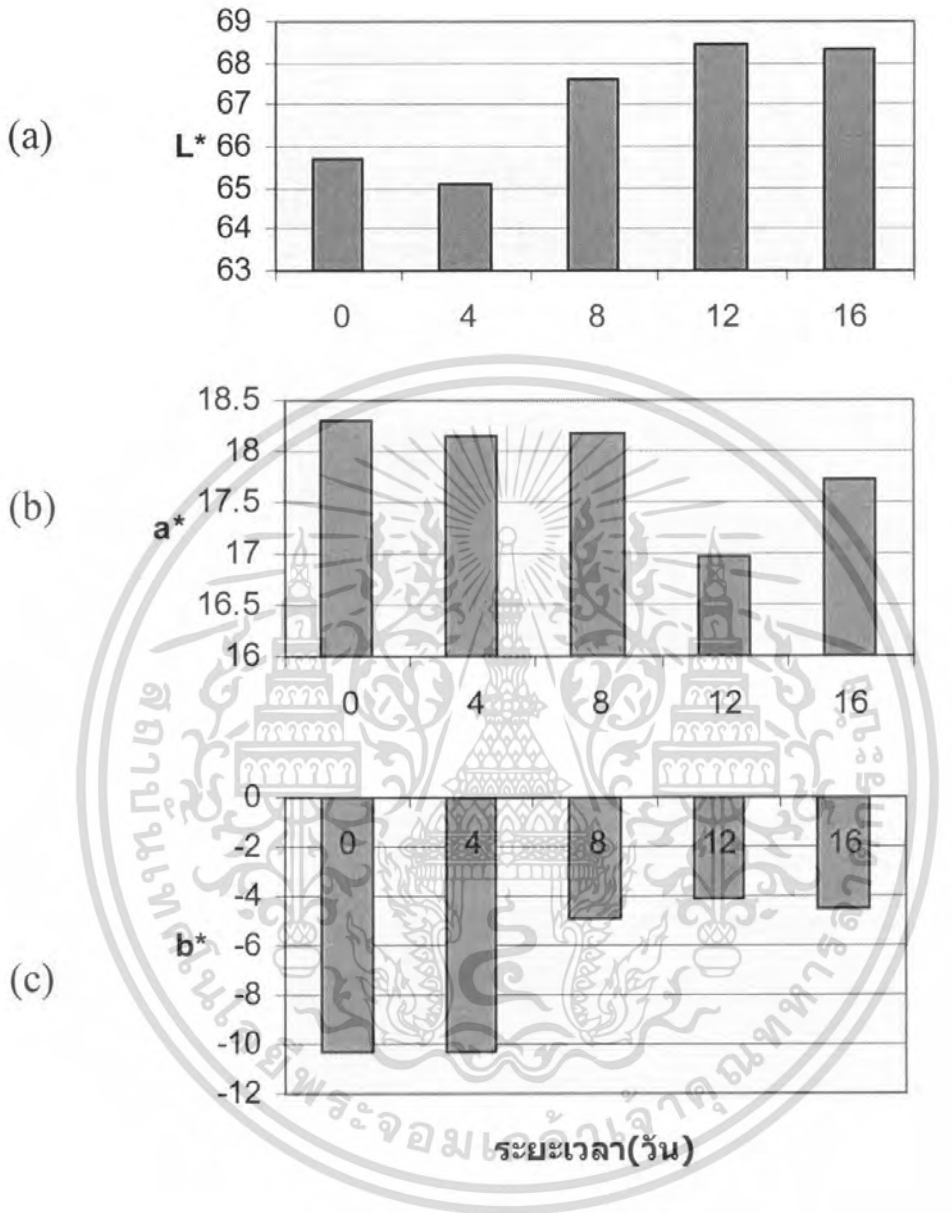
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ค่าสีของโยเกิร์ต

ผลของการวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 วัน แสดงผลดังในรูปที่ 4.10

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า L* a* b* มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบว่าค่า L*(ค่าความสว่าง) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 65.14 เป็น 68.35 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วันการการที่ค่า L* มีค่าเพิ่มขึ้น(รูปที่ 4.10 L*) เป็นผลมาจากการที่พีเอชลดลงและปริมาณกรดเพิ่มขึ้นทำให้โครงสร้างของสารสีเปลี่ยนแปลงไปและเมื่อค่า L* มีค่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง) มีค่าลดลงจาก 18.29 เป็น 17.73 ในระยะการเก็บรักษา 16 วัน (รูปที่ 4.10 a *) และค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก -10.35 เป็น 4.53 (รูปที่ 4.10 b*) ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากผลของพีเอชเช่นเดียวกันซึ่งเป็นผลมาจากกรดแลคติกที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สีเปลี่ยนแปลงไป (Cabrita และคณะ ,2002) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Scarman (2001) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสีในน้ำคั้นผลแครนเบอร์รี่ที่พีเอชต่ำ พบว่ามีสีแดงที่พีเอชเท่ากับ 1 และจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อน้ำคั้นผลแครนเบอร์รี่มีค่าพีเอชเพิ่มมากขึ้น และ ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Brouillard และคณะ (1982) ที่พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปสีของแอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนสีไปทำให้เกิดการซีดจางลงของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



L* เป็นค่าความสว่าง +(–) มืด –

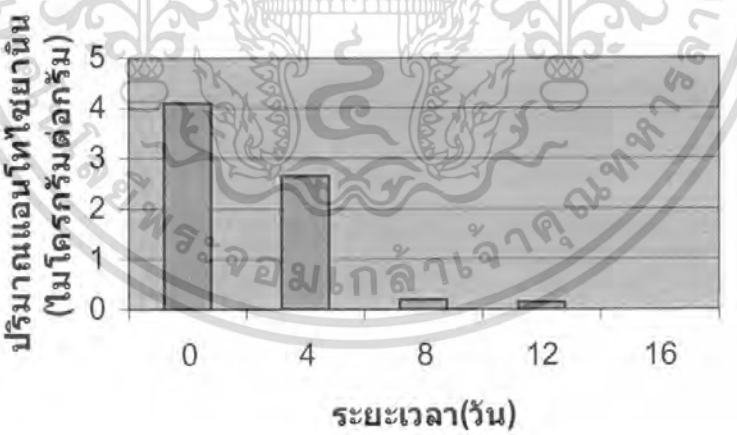
a* เป็นค่าความเข้มของสีแดง +(-) เขียว –

b* เป็นค่าความเข้มของสีเหลือง +(-) น้ำเงิน –

รูปที่ 4.10 แสดงค่าสีในระบบ L* a* b* ในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

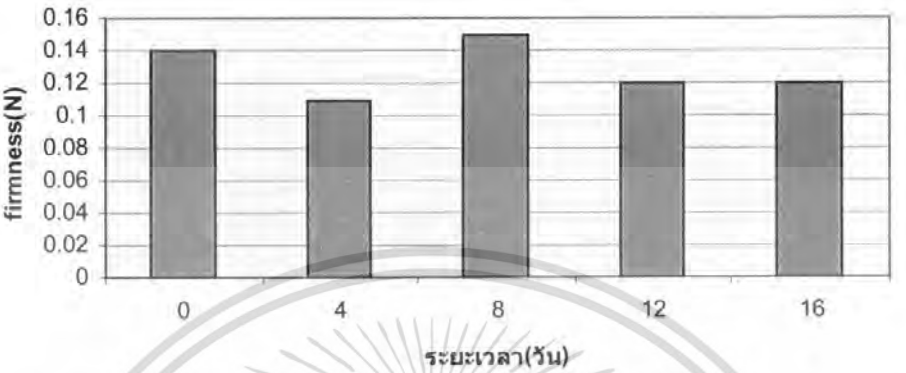
จากการวิเคราะห์ปริมาณของแอนโทไซยานินในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไปพบว่ามีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องโดยที่ในวันที่ 16 (วันสุดท้ายของการเก็บรักษา) ตรวจไม่พบปริมาณแอนโทไซยานินในโยเกิร์ตเลย ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอย่างต่อเนื่องในผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินซึ่งเมื่อพีเอชเปลี่ยนแปลงไปโครงสร้างสีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนจาก blue quinoidal ไปเป็น colorless chalcone ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่มีสี (Cabrita และคณะ, 2002) ซึ่งเป็นสาเหตุให้ค่า L* เพิ่มขึ้นและ a* ลดลง (รูปที่ 4.10 L* และ 4.10 a*) และในน้ำผักมีวิตามินซีสูงส่งผลให้ความคงตัวของแอนโทไซยานินลดลงด้วย นอกจากนั้นการเก็บรักษาอยู่ในสภาพที่มีแสงทำให้ความคงตัวของแอนโทไซยานินลดลง (Morais และคณะ, 2002) รวมทั้งปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ทำให้มีผลต่อปริมาณของแอนโทไซยานินด้วยเช่นกัน (Starr และ Francis ,1968) ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 อาจมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 4 วัน เนื่องจากหลังจากวันที่ 4 ของการเก็บรักษาปริมาณของแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยเกินไปดังแสดงในรูปที่ 4.11 และเมื่อนำค่าของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 6 ภาคผนวก ฉ



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยินในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 ความแน่นเนื้อของโยเกิร์ต



รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสในโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

จากการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 15 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาค่าความแน่นเนื้อของโยเกิร์ต (firmness) มีค่าลดลงเล็กน้อยเนื่องจากมีการแยกตัวของหางนมจึงทำให้ค่าความแน่นเนื้อที่ได้มีค่าลดลงด้วย

4.4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

จากการศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาแสดงให้เห็นถึงการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งมีการลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งหมด 16 วัน โดยที่โยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีการลดลงของจุลินทรีย์คิดเป็นร้อยละ 22.98 โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงความเข้มข้นร้อยละ 15 มีการลดลงของจุลินทรีย์โยเกิร์ตคิดเป็นร้อยละ 12.1 จากการทดลองชี้ให้เห็นว่า การเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงนั้นช่วยชะลอการลดจำนวนลงของจุลินทรีย์โยเกิร์ตได้ถึงเกือบถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ได้เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

จากการการเปลี่ยนแปลงแบคทีเรียโยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณแบคทีเรียแลคติกมีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yoon และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2005) แต่แบคทีเรียแลคติกที่มีชีวิตในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วันนั้นยังคงมีปริมาณที่มีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งอยู่ในช่วง 10^8-10^9 cfu/g (Shah, 2001) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกได้แก่ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจน การขาดสารอาหารในผลิตภัณฑ์และการเกิด antimicrobial substance ในผลิตภัณฑ์ (Shah, 2001)

สำหรับการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เก็บรักษาเป็นเวลา 16 วันพบว่าใน 8 วันแรกของการเก็บรักษาตรวจไม่พบการยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ ส่วนในวันที่ 8 และ 12 มีการพบการเจริญของยีสต์และราเป็นจำนวน 30 และ 50 cfu/g ตามลำดับซึ่งจากผลการทดลองผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีการปนเปื้อนของยีสต์และราที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งมีจำนวนไม่เกิน 10^3 cfu/g ในการเก็บรักษา 16 วัน (Vigano, 1996) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อยีสต์เป็นผลมาจากค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ปริมาณออกซิเจน (Vigano, 1996)

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านจุลินทรีย์[1]	
	จำนวนแบคทีเรียแลคติก (Log cfu/g)	จำนวนยีสต์และรา (x 10 cfu/g)
0	8.659	ไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^1
4	8.605	ไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^1
8	8.570	ไม่พบที่ระดับความเจือจาง 10^1
12	8.556	3
16	8.546	5

* 1 หมายถึงค่าจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วง พบว่า ค่าสี L*a*b* มีค่าเท่ากับ 25.1 22.7 และ -7.99 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.25 ปริมาณกรดในรูปของกรดซิตริกของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงเท่ากับร้อยละ 0.07 และมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.36 ไมโครกรัมต่อกรัม

จากการศึกษาผลของการเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต พบว่า การเติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีผลสนับสนุนเจริญของแบคทีเรียโยเกิร์ตเมื่อเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตรสธรรมชาติ โดยที่ความเข้มข้นของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงเพิ่มขึ้น แบคทีเรียโยเกิร์ตมีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เพิ่มขึ้นยังมีผลต่อการลดลงของความเป็นกรด-ด่างและการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก ($p \leq 0.05$) ในระหว่างกระบวนการหมัก ส่วนค่าสี L*a*b* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น

จากการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีคะแนนความชอบมากที่สุดในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส รองลงมาได้แก่ โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกับโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 5 ($P > 0.05$) โดยโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (6.96) ดังนั้นจึงเลือกความเข้มข้นของน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 เพื่อนำมาศึกษาต่อไป

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติก และการแยกตัวของหางนมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความแน่นเนื้อของโยเกิร์ต มีแนวโน้มลดลง ($P \leq 0.05$) สำหรับ ค่าสี พบว่า ค่าความสว่าง(L*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าสีแดง (a*) มีค่าลดลงเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นกะหล่ำปลีม่วงที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 พบว่า จำนวนของแบคทีเรียแลคติกมีจำนวนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วัน ยังตรวจพบแบคทีเรียโยเกิร์ตที่รอดชีวิตมีปริมาณ เท่ากับ 8.55 log cfu/g สำหรับปริมาณยีสต์และราที่ตรวจพบยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกฎหมายที่กำหนดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาการเติมสารช่วยเพิ่มความคงตัว เช่น คาราจีแนน เจลาติน แป้ง ลงในน้ำนมเพื่อป้องกันการแยกตัวของน้ำ (syneresis) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงมีลักษณะที่ปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสที่ดียิ่งขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไปและเพื่อเป็นทางเลือกในการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตจริงในระดับอุตสาหกรรม

2. ศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นรส หรือเติมผลไม้ลงไปในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เติมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

3. ควรศึกษาวิธีการในการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักโยเกิร์ต เพื่อชะลอหรือยับยั้งการทำงานของเชื้อโยเกิร์ตเนื่องจากถ้าปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ค่อยๆ ลดอุณหภูมิในตู้แช่เย็นอาจจะส่งผลให้จุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ลักษณะรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เด่นชัดขึ้น โดยอาจทำให้มีผลต่อลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ได้ และทำให้ผู้บริโภคยอมรับน้อยลง

4. ควรศึกษาเกี่ยวกับสีจากรงควัตถุแอนโทไซยานินจากกะหล่ำปลีม่วงในรูปของการทำแห้งและในรูปของสารละลายเข้มข้นจากสารที่สกัดได้

5. ควรศึกษาเสถียรภาพของรงควัตถุแอนโทไซยานินของกะหล่ำปลีม่วง และศึกษาสารเจือปนในอาหารที่มีผลต่อเสถียรภาพของรงควัตถุแอนโทไซยานิน

6. ควรศึกษาว่ากระบวนการแปรรูปที่มีผลต่อแอนโทไซยานินและความคงตัวต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่

7. การกำจัดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ของกะหล่ำปลีม่วงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จงกลณี แววหงส์. 2540. โยเกิร์ต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

จงรักษ์ แก้วประสิทธิ์, ธิติยาภร์ ประยูรมหิศณ และ โสภิตา ภุมมาลา. 2544. ลูกหว้าต้านโรคภัย (ตอนที่2) .วารสารจาร์พา. 8:63-65.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. ชีววิทยาหลังกระบวนการเก็บเกี่ยวพืช. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตร. กำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ลักษณ์ นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2538. อนุกรมวิธานพืช อักษร ก.: เพื่อนพิมพ์.กรุงเทพมหานคร.

เรณู ปิ่นทอง. 2535.การพัฒนาผลิตภัฑ์โยเกิร์ตจากถั่วเหลือง.วารสารอาหาร. 12(2):230-248.

ลูกจันทร์ ภัครัชพันธ์. 2524 .อุตสาหกรรมอาหารหมักดอง. โรงพิมพ์ศณีอนันต์. กรุงเทพฯ.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. คุณสมบัติของเส้นใยอาหารในการเป็น functional foods. วารสารจาร์พา. 3(81):50-54.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. ไฟโทเคมีคัล : คุณสมบัติในการเป็น functional foods (ตอนที่ 1). วารสารจาร์พา. 11(81):44-48.

ประสิทธิ์ บุญไทย. 2539. ปัจจัยที่มีผลต่าแอนโทไซยานินในการเพาะเลี้ยงแคลลัสของกระเจี๊ยบแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2545. กะหล่ำปลี. กรุงเทพฯ:โอเดียนส์สโตร์.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์โฮ. เอส. พริ้นติ้ง. เฮาส์. กรุงเทพฯ.

สุภาพรรณ ดุลยพิรุฬหศิลป์ และอรไท สุขเจริญ. 2533. การสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุด. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สืบศักดิ์ กลิ่นสอน. 2534. ผลของการหมักพร้อมเปลือกที่มีต่อคุณภาพไวน์แดงและการให้อากาศน้ำองุ่นก่อนหมักที่มีต่อคุณภาพไวน์ขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. 2000 . Official Methods of Analysis Association of Chemists. Dairy products. 33:83-88.

Arthey, D. and Ashurst, P.R. 2001. Fruit Processing. 2nd ed. Aspen Publishers, Inc., New York.

Bae, S.H. and Suh, H.J. 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. J. Food Science. 40(6):955-962.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benders, D.A. 1999. Functional foods. Benders' Dictionary of Nutritional and Food Technology CRC Press, New York.

Birollo, G.A., Reinheimer, J.A. Vinderola, C.G. 2000. Viability of lactic acid microflora in different types of. yoghurt. Food Res Inter, 33:799-803.

Brady, L.J., Gallaher, D.D. and Busta, F.F. 2000. The role of probiotic cultures in the prevention of colon cancer. J. Nutr. 130:410-414.

Bridle, P. and Timberlake, C.F. 1997, Anthocyanins as natural food colours - selected aspects, Food Chem. 58:1–2.

Brouillard, R. 1982. Chemical structure of anthocyanins. In: P. Markakis, Editor, Anthocyanins as food colors, Academic Press, New York.

Brouillard, R., and Delaporte, B. 1977. Polyphenol interactions. Anthocyanins: Co-pigmentation and colour changes in red wines. J. Science of Food and Agriculture. 59(3):299-305.

Byers, T. and Perry, G. 1992. Dietary carotenes, Vitamin C and Vitamin E as protective antioxidants in human cancers. Annu. Rev. Nutr. 12:139–159.

Cabrita, L., Fossen, T. and Andersen, O. M. 2002. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. Food Chem. 68:101–107.

Charalampopoulod, D., Wang R., Pandiella, S.S. and Webb, C. 2000. Application of cereal and composition in functional food : a review. Int J. Food Microbiol. 79:131-141.

Chou, C.C. and Hou, J.W. 2000. Growth of bifidobacteria in soymilk and their survival in the fermented soymilk drink during storage. Int.J. Food Microbiol. 56:113-121.

Chu, Y.F., Sun, J., Wu, X. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant and anti-proliferative activities of common vegetables. J. Agric. Food Chem. 50:6910–6916.

Counsell, J.N., Jeffries, G. and Knewtubb, C.J. 1981. Some others natural colors and their application. Applied Science Publishers Ltd., London. 123-151.

Coisson, J.D., Capasso, M., Piana, G., Travaglia F. and M. Arlorio 2002.Anthocyanins and other compounds from Euterpe oleracea: potential application as food functional pigment. In: J. Empis, Editor, Functionalities of pigments in food – conference proceedings, Sociedade Portuguesa de Quimica Publ., Lisbon. 337–340.

Daeshel, M. 1993. Antimicrobial sunstances from Lactic Acid Bacteria for use as food preservatives: Food Technol. 43:164-166.

Darravingas, G. and Cain, R.F. 1965. Changes in the anthocyanin pigment of raspberries during. processing and storage. J. Food Sci. 30:400-405.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deeth, H.C. and Tamime, A.Y. 1980. Yoghurt : Nutritive and therapeutic aspects. J. Food Protect. 44: 78-86.

Deeth, H.C. and Tamine, A.Y. 1981. Yogurt: Nutritive and Therapeutic Aspects. J. of Food Protection. 44:78-86.

Famularo, G., De Simone, C., Pandey, V., Sahu, A.R. and Minisola, G. 2005. Probiotic lactobacilli: an innovative tool to correct the malabsorption syndrome of vegetarians. Med Hypotheses. 65(6):1132-5.

Francis, F.J. and Clydesdale, F.M. 1975. Food Colorimetry ; Theory and Applications. Westport, Conn:Avi.

Francis, F.J., Editors. 2000. Health aspects of natural colors. In: Lauro. Natural Food and Colorants Science and Technol. Marcel Decker. New York. 289– 314.

Fooks, L.J., Filler, R. and Gibson, G. R. 1999. Prebiotic, probiotic and human gut microbiology. Int. Dairy J . 9:53-61.

Fossen, T., Cabrita, L. and Andersen, O. M. 1998. Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. Food Chem. 63:435–440.

Garcia, M.C., Dominguer, R., Galver, M.D., Casas, C., and Selgas, M.D. 2002. Utilization of cereal modulation of the human colonic microbiota : introduction the concept of prebiotics. J. Nutri. 125:1401-1402.

Gibson, G.R. and Roberfroid, M.R. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbial: Introducing the concept of prebiotics, Journal of Nutrition 125(6):1401–1412.

Gilliland, S.E. 1990. Health and nutritional benefic from lactic acid bacteria. FEMs Microbiology. 87:175-188.

Glore, S.R., Van Treeck, D. and Knehans, A.W. 1994. Guild M. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. J. of the American Dietetic Association. (4):425-36.

Green, M.D. 1986. Yeasts as primary contaminants in Yoghurts produced commercially in Lagos,Nigeria. J. Food Prot. 50:193-198.

Green, R.C. and Mazza, G. 1986. Relationships between anthocyanins, total phenolics, carbohydrates, acidity and color of Saskatoon berries. Can Tnst Food Sci Tech J. 19:107-113.

Gross, J. 1987. Pigments in Fruits. Acadimic Press Inc.(London). Ltd., London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goiffon, J.P., Mouly, P.P.and Gaydou, E.M. 1999.Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography, Analytica Chimica Acta, 382(1-2):39-50.

Hall, C.W. and Hedrick, T.I. 1971. Drying of Milk and Milk Products. AVI Publ. Company. Westport. CT. USA.

Henry, B.S. 1992. Natural Food Colours, In G.A.F. Hendry and Houghton, J.D., eds. Natural Food Colorants. Blackie. Glassgow. 39-77.

Holm, F. 2003. Functional food ingredients cardiovascular health. Food Group Denmark. 40.

Hrazdina, 1978. Anthocyanin as food colorants : Effect of pH on the formation of anthocyanin-rutin complex. J. Food Sci. 44(1):66-68.

Huang Tsou-chi, A. 1986 Pigment composition and color chang during processing of mei(plum). In Role of Chemistry in Quality of Processed Food. 108-117.

Idaka, E. 1987, 1988. Acylated anthocyanins from red cabbage. Japanese patents. 283.

Ikeda, K., Kikuzaki, H., Nakamura, M. and Nakatani, N. 1987. Structure of two acylated anthocyanins from redcabbage *(Brassica oleracea)*. Chemistry Express, 2(9): 563-566

Jhon, J. 2003. Phytochemical functional foods. CRC Press. New York. 5.

Johnson, J. 2003. *Phaffia rhodozyma*: colorful odyssey. International Microbiology6 :169-174.

Jiao, H. and Wang, S. Y. 2000. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. J Agric. Food. Chem. 48:5672-5676.

Jurd, L. 1969. Review of polyphenol condensation reaction and their possible occurrence in aging of wine. Am J. Enol. Vit. 20:191-195.

Jurd, L. 1972. Some advances in the chemistry of anthocyanin-type plant pigments. In *The* Chemistry of Plant Pigments, ed. C. O. Chicheste. 1231–142.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B. and Deeth, H. 2003. Yogurt from UHT milk : a review. Australian J. Dairy Technol. 58(1):26-29.

Kahkonen, M. P., Hopia, A. I. and Heinonen, M. 2000. Berry phenolics and their antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 49: 4076-4082.

Kaur, C.and Kapoor, H.C. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. Int. J. Food Sci. Technol. 37(2):153–161.

Kinsella, J. E., Frankel, E., German, B. and Kanner, J.,1987. Possible mechanism for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. Food Technol. 85-89.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kuhnau, J. 1976. The Flavonoids. A class of semi-essential foodcomponent: their role in human. Nutrition. World Rev. Nutr Diet. 24:117-191.

Kurt, B.G. and Torssell, L. 1983. Natural Product Chemistry. John Wiley and Sons Ltd., New York.

Kays, C.D. 1991. Anthocyanin metabolites in human urine and serum, *British Journal of Nutrition.* 91(6):933–942.

Landrum, J.T. and Bone, R.A. 2007. Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. Arch. Biochem. Biophys. 385.

Lee, J.P. and Leegood, R.C. 1999. Plant Biochemistry and Molecular Biology Second Edition. 2nd ed. John Wiley and Sons. Inc., New York.

Louis, L. 1987. American Diary Science Association. Calaium-Osteoporosis and Blood Pressure J. Dairy Science 70(2):407-413.

Maccarone, E.A. and Rapisared, P. 1985. Stabilization of anthocyanins of blood orange fruite juice. J. Food Sci. 50:901-904.

Markham, K. R. 1982. Techniques in Flavonoid Identification; Academic Press: New York.

Mazza, G. and Miniati, E. 1993. Anthocyanins in Fruit, *Vegetables and Grains*; CRC Press: Boca Raton, FL.

Morais, H. 2002. Influence of storage condition on stability of monomeric anthocyanin studied by reverse phase high-performance liquid chromatography. J. Chromatography B: Anal. Tech. in the Biomed. and Life Sci. 770:297-301.

Nakatani, N., Kikuzaki, H., Hikida, J., Ohba, M., Inami, 0. and Tamura, I. 1995. Acylated anthocyanins from fruits of *Sambucus canadensis. Phytochem.* 38:755-757.

Nakatani, N., Ikeda, K., Nakamura, M. and Kikuzaki, H. 1987. Structure of diacylated anthocyanins from red cabbage *(Brassicu oleracea). Chem. Express,* 2(9):555-558.

Palamidis, N. and Markakis, T. 1975. Structure of anthocyanin. J. Food Sci. 40:104.

Prior, R.L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O`Brien, C., Lischner , N., Ehlenfeld, M., Kalt, W., Krewer, G. and Mainland, C.M. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolicsand anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. J. Agric. Food Chem. 46:2686-2693.

Prior, R.L. and Cao, G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables.Diet and health implications. Hortic. Sci. 35:588–592.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reid, G., Jass, J., Sebulsky, M.T. and McCormick, J.K. 2003. Potential uses of probiotics in clinical practice. Clin Microbiol. Rev.16:658-72.

Robertfroid, M., Gibson, G.R. and Deizenne, N. 1983. The biochemistry of oligofructose. A non Digestible fiber. An approach to calculate its caloris value. Nutr Rev. 57:137-146.

Rodrigo, R. and Rivera, G. 2002. Renal damage mediated by oxidative stress: a hypothesis of protective effects of red wine. Free Rad. Biol. Med. 33:409-422.

Rusoff, L. 1987. Calcium—Osteoporosis and Blood Pressure. J. Diary Science. 70(2):407-413.

Sanders, M.E.1998. Overview of functional foods : emphasis on probiotic bacteria. Int. Dairy J. 8 : 341-347.

Sanders, M.E. 2000. Considerations for use of probiotic bacteria to modulate human health. J Nutr. 94:425-436.

Sawa, T., Nakao, M., Akaike, T,. Ono, K. and Maeda, H. 1999. Alkylperoxyl radical-scavenging activity of various flavonoids and other phenolic compounds: implications for the anti-tumor-promoter effect of vegetables. J. Agric. Food Chem. 47:397-402.

Scaman, C. 2001. Food Colourants Module. Chemistry of Food System. http://www. agsci.ubc.ca/courses/fnh/410/colour/3_22.htm, April 4.

Shah, N.P. 2001. Functinal foods from probiotics and prebiotics. Food technol. 55(11):46-53.

Shrikhande, A. J. 2000. Wine by-products with health benefits. Food Res. Int. 33:469-474.

Sim, C.A. and Morris, J.R. 1984. Effects of pH, Sulfure Dioxide, Storage Time, and Temperature on the Color and Stability of Red Muscadine Grape Wine. Am. J. Enol. Vitic. 25:35 - 39.

Starr, M.S. and Francis, F.J. 1968. Oxygen and ascorbic acid effect on the relative stability of four anthocyanin pigments in cranberry juice. Food Technology. 22.1293–1295.

Tamine, M. 1977. Some aspects of the production of yoghurt and condensed yoghurt. International. J. Dairy Technology. 47(4):121-123.

Tamine, A. Y. and Robinson, R. K. 1985. Yogurt Science and Technology. Oxford Press. 431.

Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt science and Technology. Pergamon. New York, USA. 431.

Timberlake, C.F. 1980. Anthocyanins: Occurrence, Extraction and Chemistry. Food Chem. 5:69 -80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vedamuthu, E.R. 1991. The yogurt Story-Part, Present and Future part3. Dairy, Food and Environment Sanitation. 11(6):310-311.

Vigano, G. 1996. L'analisi microbiologica dei pro dotti lattiero-caseari. Il Latte. 12:54–59.

Vinerola, C.G. and Reinhemir, J.A . 1999. culture media enumeration of *Bifidobacterium bifium* and *Lactobacillus acidophilus* in the presence of yoghurt bacteria, Int. Dairy J. 9:497-505.

Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. J. Agric. Food Chem. 44:701-705.

Wang, Y.C., Yu, R. C. and Chou, C.C. 2002. Growth and survival of bifidobacteria and lactic acid bacteria during the fermentation and storage of cultured soymilk drinks. Food Microbiol. 1:501-508.

Watada, A.E. and Abbott, J.A. 1975. Objective Method of Estimating Anthocyanin Content for Determining Color Grade of Grapes. Food Sci. 40:1278-1279.

Willette, W.C., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Rosener, B.A. and Speizer, F.F. 1990. Relation of feat, fat and fiber intake to risk of colon cancer in a prospective study among women. New Engl. J. Med. 323:1664-1672.

http://www.metabolome.jp/software/FlavonoidViewer/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS

- ทำการละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth แบบสำเร็จรูปปริมาณ 55 กรัม
- หลังจากนั้นนำอาหารที่เตรียมไว้มาละลายในน้ำกลั่นปริมาตรเป็น 1 ลิตร
- ทำการเติมวุ้น 15 กรัมต่ออาหาร 1 ลิตร
- นำไปละลายให้เข้ากันหลังจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอ ที่อุณหภูมิ 121 อาหาร เป็นเวลา 15 นาที

2. การเตรียมสารละลายเปปโตน

- ชั่งสารเปปโตน 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร
- จากนั้นนำไปเข้าหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Titratable Acidity) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

สารเคมี

1.สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

2.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

วิธีวิเคราะห์

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้ว หยดฟีนอล์ฟทาลีนประมาณ 3 หยด เขย่าให้เข้ากันไทเทรทด้วยสาระละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งถึงจุดยุติได้เป็นสารละลายสีชมพู่อ่อน คำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละ)} = \frac{N \times V_1 \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

โดย N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

V_1 = ปริมาณของสารละลายมาตราฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามวิธีการของ AOAC (2000)

อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิด (Moisture can) ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน

สับกะหล่ำปลีม่วงให้ละเอียดจากนั้นนำมาใส่ในมอยส์เจอร์แคน 3 กรัม จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาใส่เดซิเคเตอร์เป็นเวลา 30 นาที ชั่งหาน้ำหนัก นำ Moisture can ไปทำการอบซ้ำเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง น้ำไปใส่เดซิเคเตอร์อีก 30 นาที นำออกมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน ทำซ้ำจนน้ำหนักที่ได้คงที่ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในกะหล่ำปลีม่วง

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างโยเกิร์ต ปิเปตตัวอย่าง(ของเหลว) ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียม 3 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \times 100$$

โดย W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W_3 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนก่อนอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin) ในกะหล่ำปลีม่วง ตามวิธีการของ Bae และ Suh (2007)

การเตรียม

นำกะหล่ำปลีม่วงน้ำหนัก 50 กรัม ไปทำการโฮโมจีไนซ์โดยใช้เอทานอลร้อยละ70 เป็นตัวสกัดสารโดยแช่กะหล่ำปลีม่วงที่ผสมกับเอทานอลแล้วไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมงหลังจากนั้น กรองเอากากออกด้วยกระดาษกรอง แล้วนำส่วนกากของกะหล่ำปลีม่วงที่ทำการสกัดไปแล้วในครั้งที่ 1 ไปทำการสกัดซ้ำตามวิธีเดิม จากนั้นนำของเหลวที่สกัดได้ทั้งสองส่วนที่ได้มารวมกัน นำไปทำการระเหยด้วยเครื่องระเหยภายใต้ความดันสูญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนได้ตัวอย่างนำเก็บใส่ขวดพลาสติกเก็บที่ 20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน

ใช้ตัวอย่างที่เตรียมได้ (แอนโทไซยานินที่สกัดได้) 0.02 มิลลิลิตร ผสมกับไฮโดรคลอริก 1 โมลต่อลิตร ปริมาณ 0.98 มิลลิลิตรรวมปริมาตรทั้งหมด 1 มิลลิลิตรในหลอดเอฟเพนดรอพ ผสมแล้วตั้งทิ้งไว้ 180 นาที นำไปวัดค่าที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ใช้เอทานอลร้อยละ 12 ปริมาตร 0.02 มิลลิลิตรแทนผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ผสมกับไฮโดรคลอริก 1 โมลต่อลิตร ปริมาณ 0.98 มิลลิลิตรรวมปริมาตรทั้งหมด 1 มิลลิลิตรเป็นแบลงค์

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)} = \frac{20 \times [A^{HCl}_{520} - (5/3) \times A^{SO2}_{520}] \times \text{ปริมาณตัวอย่างที่สกัดได้ (มิลลิลิตร)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)}}$$

หมายเหตุ A = ค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)

อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิด (Moisture can) ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบในตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งเพื่อน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกครั้งจนได้น้ำหนักที่คงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

โดย W = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม (กรัม)

W_1 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมและตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

5. การตรวจสอบการแยกตัวของน้ำหางนมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (จงกลนี , 2540)

การตรวจสอบการแยกชั้นของน้ำที่เกิดขึ้นในโยเกิร์ต เป็นการตรวจสอบปริมาณน้ำที่แยกออกมาจากเนื้อโยเกิร์ตเมื่อผ่านกรวยที่มีกระดาษกรองภายในเวลาที่กำหนด ชั่งน้ำหนักโยเกิร์ต ทั้งถ้วย และชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ จดบันทึกไว้จากนั้นใช้มีดปาดรอบถ้วยโยเกิร์ต เทโยเกิร์ตลงในถ้วยที่ใส่กระดาษกรอง (วอทแมนเบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร) ไว้แล้ว ซึ่งอยู่บนขวดรูปชมพู่ที่รองรับน้ำที่แยกออกมา จับเวลา 1 ชั่วโมงแล้วยกกรวยแยกออก ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วยอีกครั้ง นำน้ำหนักขวดรูปชมพู่มาลบออก จะได้น้ำหนักน้ำที่แยกออกจากเนื้อโยเกิร์ต ชั่งน้ำหนักถ้วยโยเกิร์ตที่เทโยเกิร์ตออกไปแล้ว นำน้ำหนักถ้วยที่ได้ไปลบออกจากน้ำหนักถ้วยทั้งโยเกิร์ต คำนวนตามสูตร

$$\text{การเกิดการแยกตัวของน้ำหางนม(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่แยกจากเนื้อโยเกิร์ต}}{\text{น้ำหนักโยเกิร์ตที่ใช้}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรดด่างของโยเกิร์ตวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดพีเอชโดยใช้ตัวอย่าง 40 กรัม

7. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids)

โดยหยดตัวอย่างของเหลว ลงบนแผ่นกระจกของ Hand-held Refractometer (Atago, Japan) ที่ล้างสะอาดและเช็ดจนแห้งสนิท ส่องดู refractive index ซึ่งบอกค่าเป็นกรัมของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ต่อ 100 มิลลิลิตร (^{o}Brix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดสี L* a* และ b*

อุปกรณ์

เครื่องวัดสี Colorimeter รุ่น CR-300 MINOLTA

วิธีวิเคราะห์

1.เทียบมาตรฐานเครื่อง โดย Standard white plate วัดค่าตัวอย่างอ้างอิง และกำหนดค่าต่างๆ ของตัวอย่าง

2.การวัดสีของกะหล่ำปลีม่วงโดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter วัดที่ใบของกะหล่ำปลีม่วง 5 ใบ ใบละประมาณ 5 จุด ทำการวัดค่าสีแบบ L* a* และ b *

3.การวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมักและการเก็บรักษาโดยนำตัวอย่างใส่ถ้วยแก้วนำมาวัดค่าสี โดยค่าที่ได้จะปรากฏให้ทราบบนหน้าจอของเครื่องเป็นค่า L* a* และ b * แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์จำนวนเชื้อแบคทีเรียแลคติกทั้งหมด

นำตัวอย่างโยเกิร์ตมาทำการเจือจางด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ด้วยเทคนิค spread plate บ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีของปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตทั้งหมด

2. การวิเคราะห์จำนวนเชื้อยีสต์และรา

นำตัวอย่างโยเกิร์ตมาทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าโดยเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จนได้ความเจือจางที่เหมาะสม จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจางที่เตรียมไว้ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Acidified PDA ด้วยเทคนิค spread plate บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในกรณีที่เป็นเชื้อยีสต์ นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยเลือกนับเฉพาะที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25 – 250 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์ต่อกรัมและสังเกตการปนเปื้อนของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการหมัก

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมัก

ตัวอย่างโยเกิร์ต	ระยะเวลาในการหมัก(ชั่วโมง)				
	0	2	3	4	5
YC**	6.16[a]	6.15[a]	4.85[b]	4.51[ab]	4.30[c]
YC+5%	6.06[a]	5.04[b]	4.50[c]	4.20[d]	4.19[d]
YC+10%	6.06[a]	5.02[b]	4.50[c]	4.19[d]	4.19[d]
YC+15%	6.09[a]	5.01[b]	4.49[c]	4.19[d]	4.19[d]
YC+20%	6.02[a]	5.01[b]	4.47[c]	4.18[d]	4.18[d]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนซึ่งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

** YC คือ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

Y + RC 5% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y + RC 10% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y + RC 15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y + RC 20% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณกรด(ร้อยละของกรดแลคติก)ทั้งหมดของโยเกิร์ตในระหว่างกระบวนการหมัก

ตัวอย่างโยเกิร์ต	ระยะเวลาในการหมัก(ชั่วโมง)				
	0	2	3	4	5
YC**	0.18[e]	0.35[d]	0.59[c]	0.92[b]	1.34[a]
YC+5%	0.18[e]	0.48[d]	0.74[c]	0.96[b]	1.34[a]
YC+10%	0.17[e]	0.54[d]	0.73[c]	0.99[b]	1.35[a]
YC+15%	0.17[e]	0.53[d]	0.82[c]	1.16	1.35[a]
YC+20%	0.18[e]	0.54[d]	0.87[c]	1.21[b]	1.40[a]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนซึ่งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95

** YC คือ โยเกิร์ตรสธรรมชาติ

Y + RC 5% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y + RC 10% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y + RC 15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y + RC 20% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมัก

ค่าสี	ระยะเวลาการบ่ม(ชั่วโมง)	ค่าสี CIE L*a*b*			
		Y+ 5%RC	Y+ 10%RC	Y+ 15%RC	Y+ 20%RC
L*	0	78.68^{c}	73.56^{c}	70.14^{d}	70.10^{d}
	2	80.38^{c}	75.71^{c}	71.74^{b}	70.50^{b}
	3	80.43^{b}	75.94^{b}	72.51^{a}	69.69^{d}
	4	80.49^{a}	76.60^{a}	72.49^{a}	72.49^{a}
	5	80.18^{d}	75.69^{c}	70.31^{c}	70.31^{c}
a*	0	1.56^{d}	3.91^{d}	5.92^{d}	9.42^{c}
	2	3.34^{c}	4.28^{c}	6.12^{c}	10.04^{c}
	3	3.37^{c}	5.77^{c}	7.99^{c}	12.55^{b}
	4	3.49^{b}	6.96^{b}	9.35^{b}	14.09^{b}
	5	3.86^{a}	8.38^{a}	10.41^{a}	14.85^{a}
b*	0	2.09^{e}	-1.48^{e}	-4.27^{c}	-7.52^{e}
	2	2.32^{d}	-1.17^{d}	-4.12^{d}	-6.94^{d}
	3	2.86^{c}	0.09^{c}	-2.11^{c}	-5.42^{c}
	4	3.51^{b}	0.23^{b}	-1.17^{b}	-5.17^{b}
	5	3.71^{a}	0.52^{a}	-1.59^{a}	-4.48^{a}

* a-d ตัวอักษรตามแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญที่ร้อยละ95

** Y + RC 5% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ5

Y + RC 10% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ10

Y + RC 15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

Y + RC 20% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ค่าทางสถิติในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้จากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

วันที่	Y+RC 15%
0	4.37[a]
4	3.95[b]
8	3.86[c]
12	3.82[d]
16	3.80[e]

* a-e ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากโยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ15

วันที่	Y+RC 15%
0	0.82[c]
4	0.90[d]
8	1.07[c]
12	1.11[b]
16	1.18[a]

* a-e ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในโยเกิร์ต

วันที่	Y+RC 15%
0	16.15[b]
4	17.52[a]
8	14.25[c]
12	11.71[d]
16	11.70[d]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันซึ่งแสดงถึงความแตกต่างกันทางนัยสำคัญที่ร้อยละ95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

ตารางที่ 4 การแยกน้ำของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (ร้อยละ)

วันที่เก็บรักษา	ประเภทของโยเกิร์ต	
	Y+RC 15%	YC
0	38.83[b]	33.23[c]
4	32.92[e]	33.10[c]
8	35.39[d]	37.80[d]
12	44.16[c]	44.14[b]
16	46.77[a]	45.75[a]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15 และ YC คือโยเกิร์ตรสธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ค่าสี L* a* b* ของโยเกิร์ต

วันที่	Y+RC 15%		
	L*	a*	b*
0	67.57[c]	18.29[a]	-10.35[d]
4	65.10[d]	18.15[a]	-10.25[d]
8	67.62[b]	18.17[a]	-4.90[c]
12	68.43[a]	16.97[c]	-4.10[a]
16	68.35[a]	17.73[b]	-4.50[b]

* a-d ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

ตารางที่ 6 ปริมาณของแอนโทไซยานินในโยเกิร์ต (ไมโครกรัมต่อกรัม)

วันที่	Y+RC 15 %
	ปริมาณแอนโทไซยานิน (ไมโครกรัมต่อกรัม)
0	4.12[a]
4	2.63[b]
8	0.22[c]
12	0.17[d]
16	0.00[e]

* a-e ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งซึ่งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** Y+RC15% คือ โยเกิร์ตที่ผสมน้ำคั้นจากกะหล่ำปลีม่วงร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้