

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด

Corn milk yogurt of processing

โดย

นาย รัชพงษ์ มงคลเสริมสกุล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ร.พ.  
52947  
2544

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 47210
วัน, เดือน, ปี..... 24 ส.ย. 2546

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

ออกสารบัญนี้เป็นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
มีค่าลิขสิทธิ์ต้องแจ้งให้สำนักหอสมุดกลางทราบเพื่อแจ้งให้เจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีกรรมสิทธิ์

00553

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง	การผลิตนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด	
	Corn milk yogurt Processing	
ชื่อ-สกุล	นาย รัชชพงศ์ มงคลเสริมสกุล	
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร	ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ชูติมา สังข์พาลี	

### บทคัดย่อ

จากการทดลองทำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตที่แตกต่างกัน คือ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาทดสอบหาค่าความเป็นกรดแลคติกโดยวิธีการไตเตรท โดยใช้ตัวอย่าง นมเปรี้ยวข้าวโพด 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 50 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วย 0.1 NaOH แล้วจดบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างนมเปรี้ยวข้าวโพด ที่ทดสอบ และทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่บ่ม ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง และนำมาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยวิธี Hedonic Rating Scales test โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน และใช้แบบประเมิน ผลแบบ 5 - point Hedonic Scale ทำการทดลอง 3 ตัวอย่าง ทุละ 5 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์โดยวิธี Analysis of Variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่านมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเคิร์ด ไม่มีการแตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและรสชาติที่ดี

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากการแนะนำและตรวจทานแก้ไขจาก อาจารย์ ชูติมา สังข์पालิ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษขอขอบคุณอาจารย์ในสาขาวิชาทุกท่านที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง และขอบคุณเพื่อนๆในสาขาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน โดยเฉพาะ น.ส. ศิริกาญจน์ แพทย์ศาสตร์ น.ส. อัจฉราพร แสงผล น.ส. ศิริรัตน์ อุดมศิลป์ น.ส. อรวรรณ เกิดพูน น.ส. เดือนเพ็ญ ยอดผา น.ส. สุชาดา รongสาทิ และ นาย สมยศ แก่นเพชรที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณและคุณประโยชน์จากการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ แด่ บิดา-มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านกำลังใจสติปัญญา กำลังใจและกำลังทรัพย์ ให้แก่ข้าพเจ้าไว้ ณ โอกาสนี้

รักษพงศ์ มงคลเสริมสกุล  
ตุลาคม 2544

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ .....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้าวโพด (corn).....	3
2.2 โยเกิร์ต (Yogurt).....	14
3. วัตถุประสงค์อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	28
3.1 วัตถุประสงค์.....	28
3.2 สารเคมี.....	28
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	28
3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง.....	29
3.5 สถานที่ทำการทดลอง.....	32
3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง.....	32
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล.....	33
5. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	36
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด.....	9
2	ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพด.....	9
3	ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตและน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดพันธุ์ Golden Cross Bantan ที่ระดับอายุระดับต่าง ๆ กัน.....	10
4	แสดงการจำแนกอายุเก็บเกี่ยวข้าวโพดในเขตอากาศอบอุ่น.....	13
5	แสดงคุณค่าทางอาหารและปริมาณแคลอรี ต่อโยเกิร์ต 100 กรัม.....	15
6	คุณค่าของนมเปรี้ยวเปรียบเทียบกับนมสด.....	16
7	แสดงความคิดปกติที่อาจเกิดกับกลิ่นรสของ โยเกิร์ต.....	26
8	แสดงผลการทดสอบค่าความเป็นกรดของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	33
9	คะแนนค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด.....	34

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของข้าวโพดชนิดต่างๆ.....	7
2	ขั้นตอนการทำนํ้านมข้าวโพด.....	30
3	ขั้นตอนการทำหัวเชื้อ โยเกิร์ตนํ้านมข้าวโพด.....	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
1 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยรวมทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	46
2 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับ ทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	47
3 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยรวมทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	48
4 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับ ทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	49
5 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยรวมทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด..	49
6 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับ ทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	50
7 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยรวมทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าว โพด.....	50
8 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับ ทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	52
9 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยรวมทางด้านกรยอมรับ โดยรวม ของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	52
10 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับ โดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความสำคัญของปัญหา

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่ใช้ประโยชน์เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์มีความสำคัญรองจากข้าวสาลีและข้าว การผลิตโดยทั่วไปอยู่ในเขตอบอุ่น เขตกึ่งร้อนชื้นและพื้นที่ราบเขตร้อน สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมค่อนข้างกว้าง การนำข้าวโพดมาใช้ส่วนใหญ่จะได้จากเมล็ดซึ่งประกอบด้วย เอน โคสเปิร์ม คัพภะ และ เปลือก ในสัดส่วนร้อยละ 82.6 , 11.1 และ 6.2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบภายในเมล็ดจะพบว่าส่วนใหญ่เป็นแป้ง แต่ก็มีโปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีประโยชน์ต่อร่างกายของมนุษย์

ในข้าวโพดประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส (sucrose) และส่วนน้อยจะเป็นพวกกลูโคส (glucose) ฟรุกโตส (fructose) และมอลโตส (maltose) ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเหล่านี้เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (กฤษณา สัมพันธ์รักษ์, 2531 : 8 )

ข้าวโพดมีประโยชน์และคุณค่าต่อร่างกาย เมื่อรับประทานอย่างสม่ำเสมอจะช่วยขับปัสสาวะ ลดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว ลดอาการบวม น้ำ ช่วยขยายหลอดเลือด ปรับระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้สมดุล และยังช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง , โรคกล้ามเนื้อหัวใจวายและมะเร็งเป็นต้น จากคุณค่าของข้าวโพดที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าข้าวโพดมีประโยชน์ เมล็ดข้าวโพดสามารถใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น เมล็ดข้าวโพดกระป๋อง (whole kernel) ครีมข้าวโพด (Cream style corn) และแช่แข็งทั้งฝักและเมล็ด (Frozen corn on the cob และ Frozen whole kernel) เป็นต้น (ทวีศักดิ์ ภูหล้า, 2540 : 3)

การนำข้าวโพดมาแปรรูปเป็นนมเปรี้ยวเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ หรือผู้ที่รับประทานมังสวิรัตมีทางเลือกที่จะเลือกรับประทานนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด เพื่อประโยชน์และสุขภาพของร่างกาย ดังนั้น การทดลองนี้จึงทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด เพื่อดู

ความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำน้ำมันข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในการผลิตนมเปรี้ยวต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพของนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ผู้บริโภคมอบรับ

### ขอบเขตของปัญหา

ศึกษาคูณภาพผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากน้ำมันข้าวโพด
2. สามารถเผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจศึกษา
3. สามารถนำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดไปเผยแพร่หรือนำไปประกอบอาชีพได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ข้าวโพด (corn)

##### แหล่งกำเนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แหล่งกำเนิดของข้าวโพดหวานไม่สามารถจำเพาะเจาะจงได้ว่าเกิดขึ้นเมื่อใด ณ ที่ใด ยีนแฝง *su* ซึ่งกลายพันธุ์มาจากยีนข่ม *su* บนโครโมโซมแท่งที่ 4 อาจเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในหลายๆ เชื้อสาย (races) ของข้าวโพด การนำลักษณะความหวานดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการปลูกข้าวโพดหวานกระจายไปในแหล่งต่างๆ

ข้าวโพดพันธุ์แรกของอเมริกาในสมัยเมืองขึ้นชื่อพันธุ์ *popoon* น่าจะได้อาจมาจากพวก *Iroquois Indians* ในปี 1779 ข้าวโพดหวานได้ถูกนำไปใส่ไว้ในรายการเมล็ดพันธุ์ (seed catalogs) เป็นครั้งแรกในปี 1828 อย่างไรก็ตามได้มีการตีพิมพ์เกี่ยวกับข้าวโพดหวานตั้งแต่ปี 1821 เกี่ยวกับความน่ารับประทานของมันและได้รับการยกย่องว่าเป็นพืชผักที่อร่อยที่สุดดังนั้นจึงน่าจะเชื่อได้ว่าข้าวโพดหวานคงจะเป็นที่รู้จักอย่างน้อยก็ในปี 1820

ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Family Gramineae) จัดอยู่ในวงศ์ *Tribe Maydeae* ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุกที่มีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียแยกอยู่คนละส่วนบนต้นเดียวกัน (monoecious annual) ใบของข้าวโพดประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) ที่หุ้มลำต้นและมีแผ่นใบ (leaf blade) ที่กางสลับบนส่วนของลำต้น ตัวแผ่นใบจะทำมุมกับลำต้นด้วยการยึดเส้นกลางใบ (mid rib) เพื่อให้ใบได้รับแสงสำหรับใช้ในกระบวนการปรุงอาหาร พันธุ์ข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงให้ทนทานต่ออัตราปลูกสูง มักจะมีลักษณะทรงใบตั้ง (erect leaf) แผ่นด้านบนได้มีการพัฒนาให้มีขนเพื่อการเพิ่มที่ในการดูดรับแสง ส่วนด้านใต้ใบจะเรียบและมีจำนวนปากใบ (stomata) จำนวนมาก ความห่างระหว่างแผ่นใบแต่ละใบจะขึ้นอยู่กับความยาวของปล้อง (internode)

ต้นข้าวโพดส่วนใหญ่จะมีลำต้นเดี่ยวตั้งตรง ในกรณีที่ใช้อัตราปลูกต่ำ มีระยะระหว่างต้นหรือระหว่างแถวกว้าง หรือมีการนำข้าวโพดต่างสภาพแวดล้อมมาปลูก ข้าวโพดอาจสร้างแขนง (tiller) ขึ้นได้ แขนงที่เจริญเติบโตสูงชันจะแข่งขันกับต้นหลัก และแขนงที่เกิดขึ้นมักจะสร้างช่อ

ดอก (inflorescence) ที่มีลักษณะอยู่กึ่งกลางระหว่างช่อดอกตัวผู้และตัวเมียรวมกันอยู่ในช่อเดียวกันและสามารถติดเมล็ด (tassel seed) ได้

ช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพด เรียกว่า tassel จะปรากฏอยู่ที่ส่วนยอดของลำต้น มีลักษณะเป็นแบบ panicle บนก้านของช่อดอกตัวผู้ จะประกอบไปด้วยดอกย่อย (spikelet) ที่เกิดเป็นคู่ ดอกย่อยหนึ่งมีก้านเรียกว่า pedicelled spikelet อีกดอกย่อยหนึ่งไม่มีก้านเรียกว่า sessile spikelet ภายในแต่ละดอกย่อยจะประกอบด้วย 2 floret และในแต่ละ floret จะมีอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) 3 อัน ซึ่ง 1 anther จะผลิตเกสรตัวผู้ (pollen grain) ได้ถึง 2,500 ละออง ดังนั้นโดยเฉลี่ยช่อดอกตัวผู้ 1 ช่อจะสามารถผลิตเกสรตัวผู้ได้ 2 ถึง 5 ล้านละออง โดยทั่วไป ดอกตัวผู้จะโปรยละอองเกสรก่อนการออกไหม 2-3 วัน และจะโปรยละอองอยู่ 5-8 วัน

ช่อดอกตัวเมียของข้าวโพดเรียกว่า ฝัก (ear) ปรากฏอยู่ด้านข้างบริเวณกลางๆของความสูงของลำต้นจำนวน 1 ฝัก หรือมากกว่า ฝักจะประกอบไปด้วยก้านฝัก (shank) ก้านฝักจะประกอบด้วยข้อจำนวนมากและปล้องมีขนาดสั้น ทำให้เกิดมีกาบใบที่หุ้มฝักที่เรียกว่า husk จำนวนมาก ฝักของข้าวโพดเป็นช่อดอกแบบ spike ที่มีดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่เรียงเป็นแถวอยู่บนส่วนของช่ (cob) 1 spikelet จะประกอบด้วย 2 floret แต่มีเพียง floret เดียวที่สามารถรับการผสมพันธุ์ได้ ก้านเกสรตัวเมีย (style) เรียกว่าไหม (silk) เป็นส่วนที่ยึดยาวจากรังไข่ (ovary) ไหมแต่ละเส้นจะมีปมขนที่สามารถรับละอองเกสรตัวผู้ได้ตลอดความยาวของเส้นไหม ไหมบริเวณส่วนโคนฝักจะเกิดขึ้นก่อน ตามด้วยส่วนกลางฝัก แต่ไหมของบริเวณกลางฝักจะยึดตัวโพล์พันกาบหุ้มฝักอ่อน จึงอาจได้รับการผสมก่อน ทำให้เมล็ดบริเวณกลางฝักมีความสมบูรณ์ และขนาดใหญ่กว่าบริเวณโคนฝักและปลายฝัก ไหมข้าวโพดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งเหี่ยวเมื่อได้รับการผสม ข้าวโพด 1 ฝักจะผลิตไหมได้ 400-1000 เส้น ทำให้เกิดเมล็ดได้ 400-1000 เมล็ดต่อฝัก

เมล็ดของข้าวโพด (kernel หรือ grain) เกิดจากละอองเกสรตัวผู้ตกลงบนเส้นไหมและผสมกับไข่ในรังไข่ ประมาณการว่า การผสมเกสรจะเกิดจากการผสมข้ามต้นร้อยละ 97 เนื่องจาก spikelet ของข้าวโพดเรียงแถวเป็นคู่ ทำให้เมล็ดของข้าวโพดที่ติดบนช่เกิดเป็นแถวคู่ด้วย โดยปกติมีจำนวนได้ตั้งแต่ 12 ถึง 20 แถว ก้านของเมล็ดที่ติดกับช่ (spikelet axis) เรียกว่า rachilla จะมีส่วนของแผ่นกาบ (glume) ที่เรียกว่า chaff สีขาวโสมคอดอยู่

เมื่อรังไข่ของข้าวโพดได้รับการผสมเกสร ข้าวโพดจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม (endosperm) และมีการพัฒนาส่วนของคัพภะ (embryo) เพื่อที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป การสะสมแป้งในส่วน of endosperm จะสิ้นสุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) โดยจะปรากฏแผ่นเยื่อสีน้ำตาลหรือน้ำตาลดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(black layer) ที่บริเวณโคนของเมล็ด ส่วนของ embryo ที่ได้รับการพัฒนามาเต็มที่จะปรากฏว่า ภายในมีส่วนราก (radicle) ซึ่งถูกหุ้มด้วย coleorhiza และส่วนที่เป็นต้นอ่อน (stem tip) ซึ่งประกอบด้วยใบ 5 ใบ ม้วนเป็นกรวยและมี coleoptile หุ้มอยู่ นอกจากนี้ในส่วนของคัพภะจะพบใบเลี้ยง (scutellum) ติดอยู่ด้านข้างของแกนกลาง (embryonic axis) ด้วย

รากของข้าวโพดเป็นแบบรากฝอย (fibrous หรือ adventitious root system) เมล็ดข้าวโพดที่ได้รับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และก๊าซออกซิเจนที่เหมาะสม จะเริ่มมีการงอก โดยรากแรกที่งอกออกมาจากเมล็ด (radicle) จะเป็น primary root และมีรากที่เกิดจาก embryonic axis ที่เรียกว่า lateral root อีกประมาณ 3-5 ราก ทั้ง primary root และ lateral root จะเป็นรากชั่วคราว (seminal root) มีอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ ในระหว่างที่ต้นกล้าของข้าวโพดเริ่มเจริญเติบโตที่บริเวณข้อที่ 2 (coleoptilar node) ซึ่งอยู่บริเวณส่วนของปลายของปล้องแรก (mesocotyl) จะปรากฏว่ามีการพัฒนารากที่เป็นประเภทรากถาวร (adventitious root) ประกอบด้วยรากฝอย (fibrous root) เป็นจำนวนมาก เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตมากขึ้นจนถึงระยะใกล้ ๆ ช่วงออกดอก จะปรากฏว่าที่ข้อเหนือดินบริเวณใกล้ ๆ ผิวดินจะมีรากอากาศ (brace root หรือ aerial root) เกิดขึ้น รากอากาศนี้จะช่วยค้ำจุนลำต้นและดูดรับอาหารบริเวณผิวดินได้ ข้าวโพดที่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง มักจะมีรากอากาศมากกว่าข้าวโพดที่อ่อนแอ

### ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวโพด มีดังนี้

1. Pericarp เป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มเมล็ด ไม่มีสี ที่ส่วนยอดของเมล็ดจะมีรอยอันเกิดจากเส้นไหมที่แห้งและหลุดร่วงไปเรียกว่า silk scar
2. Testa หรือ True seed coat เป็นชั้นที่อยู่ใต้ pericarp testa และ pericarp รวมกันเรียกว่า hull มีองค์ประกอบเป็นพวก cellulose และ hemicellulose เป็นส่วนใหญ่
3. Aleurone layer เป็นเยื่อบาง ๆ ที่อยู่ใต้ testa และหุ้มส่วนของ endosperm ทั้งหมด ไม่มีสีจึงยากแก่การสังเกตหรือแยกออกจาก testa หรือ pericarp มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด เพราะเป็นที่สังเคราะห์ enzyme สำคัญ ๆ ที่ใช้ย่อยอาหารใน endosperm
4. Endosperm เป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหารของเมล็ด มีสีต่าง ๆ เช่น เหลืองหรือขาวอาหารที่เก็บสะสมใน endosperm ส่วนใหญ่เป็นแป้งซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ
  - 4.1 แป้งอ่อน (soft starch) เป็นแป้งซึ่งรวมกันอยู่อย่างหลวม ๆ โดยมากพบที่ส่วนบนหรือส่วนกลางของเมล็ด มีสีขาวขุ่น
  - 4.2 แป้งแข็ง (hard starch) เป็นแป้งซึ่งอยู่รวมกันแน่น พบที่ด้านข้างและด้านบนเมล็ด มีลักษณะค่อนข้างใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Embryo ส่วนนี้มีลักษณะเป็นมัน (oily portion) อยู่ก่อนไปหาด้านล่างของเมล็ด โดยฝังตัวอยู่ทางด้านหนึ่งของ endosperm ประกอบด้วยแกนกลาง (central axis) ปลายข้างหนึ่งคือ radicle ซึ่งมี coleorhiza หุ้มไปทางด้าน pedicel อีกด้านหนึ่งเป็นส่วนของ stem tip ซึ่งมีใบอ่อน (embryonic leaves) ประมาณ 5 ใบม้วนติดกันเป็นกรวยและมี coleoptile หุ้ม ด้านข้างของแกนกลางด้านติดกับ endosperm จะพบ scutellum (cotyledon)

#### การจำแนกชนิดของข้าวโพด (Classification of maize)

ข้าวโพดเป็นพืชใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จากเมล็ด เมล็ดของข้าวโพดประกอบไปด้วย แป้ง (starch) ในส่วนของ endosperm และน้ำมันในส่วนของ embryo นอกจากประโยชน์จากเมล็ดแล้ว ข้าวโพดยังสามารถนำส่วนของต้นไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีก ประกอบกับข้าวโพดเป็นพืชที่สามารถปลูกได้เกือบทุกลักษณะอากาศและสภาพดิน ทำให้ข้าวโพดมีความแตกต่างทางการเจริญเติบโตและอายุการเก็บเกี่ยว ลักษณะต่างๆ เหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของข้าวโพดได้ ดังต่อไปนี้ (ราเชนทร์ ธิรพร, 2539: 11)

##### 1. การจำแนกตามลักษณะของเมล็ด

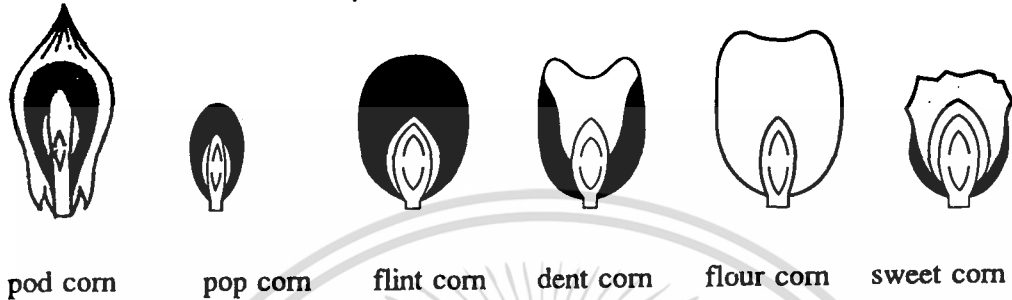
ภายในเมล็ดของข้าวโพดจะประกอบไปด้วย แป้ง 2 ชนิด คือ แป้ง (hard starch หรือ horny starch) และแป้งอ่อน (soft starch) อาศัยตำแหน่งของแป้งแต่ละชนิดในเมล็ดและลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด (glume) สามารถจำแนกข้าวโพดออกได้เป็น 7 ชนิด คือ

1. ข้าวโพดคั่ว (pop corn)
2. ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn)
3. ข้าวโพดแป้งอ่อน (flour corn)
4. ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn)
5. ข้าวโพดหวาน (sweet corn)
6. ข้าวโพดเทียน/ข้าวเหนียว (waxy corn)
7. ข้าวโพดป่า (pod corn)

ความแตกต่างของข้าวโพดแต่ละชนิด อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของ gene คู่เดียว เช่น ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) ถูกควบคุมด้วย gene “F1” บนโครโมโซมคู่ที่ 2 ในขณะที่ข้าวโพดแป้งอ่อน (flour corn) ถูกควบคุมโดย gene “fl” ที่อยู่บน loci ของโครโมโซมเดียวกัน เช่นเดียวกับข้าวโพดหวาน (sweet corn) ที่ถูกควบคุมโดย gene “su” และข้าวแป้ง (starchy) ถูกควบคุมโดย gene “Su” โครโมโซมคู่ที่ 4 เดียวกัน ส่วนลักษณะของ pod corn ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมโดย monogenic gene บนโครโมโซมที่ 4 เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามลักษณะขนาดของเมล็ดอาจจะถูกควบคุมด้วยปริมาณและปริมาตรของ endosperm ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) และข้าวโพดป่า (pod corn) พบว่าถูกควบคุมโดยกลุ่มของ gene (polygenic) และลักษณะทางอนุกรมวิธานบางประการ



ภาพที่ 1 ลักษณะของข้าวโพดชนิดต่างๆ

1.1 Pod corn (ข้าวโพดป่า) เป็นข้าวโพดชนิดเก่าแก่ พบว่า มีปลูกในแถบอเมริกากลางและใต้ ซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของข้าวโพด เมล็ด pod corn ทุกเมล็ดบนฝักจะมีเปลือกที่หุ้มเมล็ดอย่างมิดชิดเหมือนกับเมล็ดหญ้า และยังมีกาบหุ้มฝัก (husk) หุ้มอีกชั้นหนึ่ง เมล็ดภายในเปลือกมีสีต่างๆหรือเป็นลาย pod corn ถูกควบคุมโดย gene “Tu” จัดอยู่ใน sub species tunicata

1.2 Pop corn (ข้าวโพดคั่ว) เป็นข้าวโพดที่มีแป้งแข็งอัดกันอย่างแน่นมาก มีแป้งอ่อนอยู่น้อย pop corn มักจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดหนา มีรูปร่างลักษณะของเมล็ดอยู่ 2 พวก คือ

1.2.1 rice pop corn เมล็ดมีรูปร่างเรียวยาวแหลมคล้ายเมล็ดข้าว

1.2.2 pearl pop corn ที่เมล็ดมีลักษณะกลม

เมื่อเมล็ดได้รับความร้อนจะมีการสร้างความดัน (pressure) ขึ้นภายในเมล็ด และระเบิดออกมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 25-30 เท่า ข้าวโพดคั่วจัดอยู่ใน sub species everta

1.3 Flint corn (ข้าวโพดหัวแข็ง) เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะหัวแข็ง กล่าวคือ ด้านบนของเมล็ดมีแป้งแข็งเป็นองค์ประกอบทำให้หัว (crown) ของเมล็ดมีลักษณะเรียบ ส่วนแป้งอ่อนจะอยู่ภายในตรงกลางหรือไม่มีเลย เมื่อเมล็ดแข็งตัวจะไม่มีรอยบุบจึงถูกเรียกว่าข้าวโพดหัวแข็ง flint corn ถูกควบคุมโดย gene “Fl” จัดอยู่ใน sub species indurata มีสีต่างๆ ได้แก่ เหลือง เหลืองส้ม ขาว และ ดำ เป็นต้น

1.4 Dent corn (ข้าวโพดหัวบุบ)เป็นข้าวโพดที่มีส่วนของแป้งอ่อนอยู่ด้านบนของเมล็ด ส่วนแป้งแข็งจะอยู่ด้านล่างและด้านข้าง เมื่อข้าวโพดแก่จะมีการสูญเสียความชื้นของเมล็ด

ทำให้แป้งอ่อนหดตัว ด้านบนของเมล็ดจึงเป็นรอยบุบ ข้าวโพดชนิดนี้จึงถูกเรียกว่าข้าวโพดหัวบุบ มีหลายสีเช่นเดียวกับข้าวโพดหัวแข็ง dent corn จัดอยู่ใน sub species indentata

1.5 Flour corn (ข้าวโพดแป้งอ่อน) เป็นข้าวโพดที่เมล็ดมีแป้งอ่อนเป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมด มีส่วนแป้งแข็งเป็นชั้นบาง ๆ ข้างในเมล็ด เมื่อข้าวโพดแก่การหดตัวของแป้งในเมล็ดจะเท่า ๆ กัน โดยรอบ จึงคงรูปร่างเหมือนข้าวโพดหัวแข็ง แต่มีลักษณะทึบแสง (opaque) flour corn ถูกควบคุมโดย recessive gene “fl” จัดอยู่ใน sub species amylacea

1.6 Sweet corn (ข้าวโพดหวาน) เป็นข้าวโพดที่มีส่วนน้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปเป็นแป้งไม่สมบูรณ์ ทำให้เมล็ดก่อนสุกแก่มีความหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ๆ และเมื่อแก่จะมีลักษณะเหนียวขึ้น sweet corn ถูกควบคุมโดยคู่ของ recessive gene ที่แตกต่างกันหลายกลุ่ม ได้แก่ sugary “su” ข้าวโพดชนิดนี้เมล็ดจะใส ส่วนข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดย gene shrunken 2 “sh<sub>2</sub>” และ brittle gene “bt” เมล็ดจะมีลักษณะขุ่น sweet corn จัดอยู่ใน sub species saccharata

1.7 Waxy corn (ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดข้าวเหนียว) เป็นข้าวโพดที่แป้งภายในเมล็ดเป็นแป้งชนิดอ่อนแต่มีความเหนียวเนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น amylopectin ที่โมเลกุลจับกันเป็นแบบ branch chain โดยมีสัดส่วนของแป้งชนิด amylopectin ต่อ amylose ประมาณร้อยละ 73:27 waxy corn ถูกควบคุมโดย gene “wx” จัดอยู่ใน sub species ceratina

## 2. องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด

อาศัยองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด สามารถจำแนกข้าวโพดออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.1 ข้าวโพดแป้ง (field corn หรือ starchy corn) เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากแป้งในเมล็ด ข้าวโพดชนิดนี้ ได้แก่ ข้าวโพด flint, dent และ flour corn ใช้เป็นอาหารมนุษย์หรือส่วนประกอบของอาหารสัตว์

2.2 ข้าวโพดปริมาณน้ำมันสูง (high oil corn) เป็นข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำมันในส่วนของ embryo โดยปกติเมล็ดข้าวโพดจะมีน้ำมันร้อยละ 1.2-5.0 ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของข้าวโพด น้ำมันข้าวโพดเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตแป้งข้าวโพดและอุตสาหกรรมการผลิตน้ำเชื่อมที่มีฟรุกโตสสูง มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลือง พันธุ์ข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงให้มีปริมาณของน้ำมันสูง เรียกว่า high oil corn

2.3 ข้าวโพดคุณภาพโปรตีนสูง (high lysine corn) โดยปกติข้าวโพดจะมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดประมาณร้อยละ 7-10 ข้าวโพดที่มี single recessive gene Opaque-2

“O<sub>2</sub>” จะสามารถสังเคราะห์ปริมาณของไลซีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีความสำคัญต่อโภชนาการสูง จึงเรียกข้าวโพดชนิดนี้ว่า ข้าวโพดคุณภาพโปรตีนสูง หรือ Quality Protein Maize (QPM) ข้าวโพดที่มี Opaque-2 ควบคุมเมล็ดจะเป็นแป้งอ่อนและทึบแสง น้ำหนักเมล็ดเบา ทำให้ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อราและแมลง

เมล็ดข้าวโพดมีองค์ประกอบเป็นแป้ง (starch) ประมาณร้อยละ 72 ของน้ำหนักแห้ง แป้งข้าวโพดจะอยู่ในส่วนของ endosperm ที่ล้อมรอบส่วนของ germ (embryo) เอาไว้ทั้ง endosperm และ germ ของเมล็ดข้าวโพดจะถูกห่อหุ้มด้วยส่วนเปลือก (hull) คิดเป็นร้อยละ 6 ของน้ำหนักแห้งของเมล็ด (ราเชนทร์ ธิรพร,2539: 186)

**ตารางที่ 1** ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด (เปอร์เซ็นต์)

ส่วนของเมล็ด	ทั้งเมล็ด	แป้ง	โปรตีน	ไขมัน	น้ำตาล	เถ้าถ่าน
ทั้งหมด	100	73.5	9	4.3	1.9	1.5
เอนโดสเปิร์ม	82.6	87.6	7	0.83	0.62	0.33
คัพภะ	11.1	8.0	18.3	33.5	10.5	10.6
เปลือก	6.2	7.0	4.3	1.4	—	0.9

ที่มา : สุพจน์ , (2527)

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพด

องค์ประกอบ	สัดส่วน (% ของน้ำหนักแห้ง)
โปรตีน	10
น้ำมัน (oil)	4.8
เยื่อใย	8.5
น้ำตาล	3.0
เถ้า	1.7

ที่มา : Neukom and Buchi (1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งข้าวโพด (corn starch)

แป้งของข้าวโพดจะมีโมเลกุลที่มีน้ำหนักสูงและมี D-glucose เป็นองค์ประกอบอยู่ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ในสัดส่วนร้อยละ 27 และ 73 ตามลำดับ สัดส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดและพันธุกรรมของข้าวโพด โมเลกุลของอะไมโลเพคตินประกอบด้วย โมเลกุลของกลูโคส 40,000 หน่วย (unit) หรือมากกว่า จับตัวกันยาวและแตกแขนง (branched chain) ส่วนโมเลกุลกลูโคสของอะไมโลสจะมีประมาณ 10,000 หน่วย อะไมโลเพคตินมีคุณค่าสำคัญใช้ในอุตสาหกรรมแป้ง ส่วนอะไมโลสมีความสำคัญในการทำฟิล์ม เยื่อใยและอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกมาก

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตและน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดพันธุ์ Golden Cross Bantan ที่ระดับอายุระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของข้าวโพด	อายุเมล็ด (วัน)	รีคิวซิงซูการ์ b	ซูโครส b	น้ำตาลทั้งหมด b	WSP b,c	แป้ง b	คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด b,d	น้ำหนักแห้ง (%) e
ข้าวโพดหวาน	16	8.1	15.4	23.6	7.8	28.7	60.1	16.1
	20	3.2	5.5	8.7	27.0	35.5	71.3	26.8
	24	1.9	3.9	5.9	33.3	38.5	77.7	33.5
	28	1.6	1.9	3.6	34.8	33.9	72.3	37.0

b - เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง

c - WSP = water soluble polysaccharide หรือ น้ำตาลโมเลกุลเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้

d - ผลรวมของรีคิวซิงซูการ์ + ซูโครส + WSP + แป้ง เป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง

e - คิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง

ที่มา : (Creech :37)

### โปรตีนข้าวโพด (corn protein)

โปรตีนของข้าวโพดส่วนใหญ่จะอยู่ที่ชั้น aleurone layer ของส่วน endosperm เมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนหลายชนิด รวมแล้วได้ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก โปรตีนจากข้าวโพดสามารถจำแนกตามคุณสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ 5 ชนิด คือ

1. Alumin ละลายได้ในน้ำ 3.2 %
2. Globulin ละลายได้ในน้ำเกลือ 1.5 %
3. Prolamine ละลายได้ใน ethanol alcohol 70-80 % ได้ 47.2 %
4. Glutelin ละลายในสารละลายต่างได้ 35.1 %
5. Scleroprotein ไม่ละลายในสารละลายน้ำ 13 %

โปรตีนของข้าวโพดส่วนใหญ่ คือ Zein ( prolamine) โดยปกติข้าวโพดจะมีคุณภาพของโปรตีนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีปริมาณของกรดอะมิโนที่สำคัญ คือ Lysine ในปริมาณต่ำ พันธุ์ข้าวโพดที่ถูกควบคุมโดย recessive gene “Opaque-2” ซึ่งมี glutelin ในปริมาณสูงจะมีกรดอะมิโน lysine สูงกว่าข้าวโพดธรรมดาร้อยละ 6.9 และมี tryptophan สูงกว่าข้าวโพดธรรมดาประมาณ 2 เท่า จึงจัดว่าข้าวโพด Opaque-2 เป็นข้าวโพดที่มีคุณภาพโปรตีนสูง

### ไขมันข้าวโพด (corn lipids)

Lipid ที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบของเมล็ดข้าวโพด ได้แก่ fat, wax, phosphatide, cerebroside, steroid และ carotenoid สารประกอบเหล่านี้สามารถละลายได้ดีใน ether, chloroform หรือตัวทำละลายไขมันอื่น ๆ ไขมันในเมล็ดข้าวโพดส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85) จะอยู่ในส่วนของ embryo (germ) ในรูป triglyceride ของ fatty acids ซึ่งประกอบด้วย Linolenic 59 % , Oleic 27 % , Palmatic 12 % , Stearic 2 % , Linoleic 0.8 % และ Arachidic 0.2 % ปริมาณไขมันในเมล็ดข้าวโพดจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 4 ซึ่งจะแตกต่างกันระหว่างพันธุ์

### น้ำตาลข้าวโพด (corn sugar)

เมล็ดข้าวโพดจะมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 1-3 ปริมาณร้อยละ 75 ของน้ำตาลจะอยู่ในส่วนของ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในส่วนของ endosperm น้ำตาลส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาล sucrose และมีส่วนน้อยเป็น glucose , fructose และ raffinose

### เกลือแร่และวิตามินในเมล็ดข้าวโพด (Corn kernel mineral and vitamins)

เกลือแร่ที่พบในเมล็ดข้าวโพดร้อยละ 80 จะอยู่ในส่วนของ Embryo ประกอบด้วยธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ เกลือแร่ที่สำคัญ เช่น phytate จะอยู่ใน embryo เท่านั้น วิตามินที่ละลายน้ำของข้าวโพดส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนของ

endosperm ได้แก่ ไนอะซิน กรดแพนโทนิค ไรโบฟลาวิน และไรตามิน เป็นต้น ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมันของข้าวโพด ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี

**เม็ดสี (pigment)**

สีของเมล็ดข้าวโพดเกิดจากวัตถุที่เป็นองค์ประกอบของ endosperm ได้แก่ carotene ซึ่งเป็นตัวที่แสดงสีในวิตามินเอในไขมันน้ำมัน และไขมันที่ติดกับหนังสือตัว ส่วน lutein และ zeaxanthin จะให้สีแดงแก่ไข่และสีเหลืองกับหนังสือและน่องไก่

**ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีน ( $\beta$  - Carotein )**

เบต้าแคโรทีนมีคุณค่าต่อร่างกาย คือ เป็นสารตั้งต้นในการสร้างวิตามินเอ ช่วยให้มองเห็นในที่มืดสลัวได้ดี ช่วยรักษาภาวะของเยื่อบุตาขาว กระจกตาให้เป็นปกติ ป้องกันการเกิดต้อกระจกในผู้สูงอายุ เบต้าแคโรทีนมีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ( Antioxidant ) ที่คอยกำจัดอนุมูลอิสระ จึงป้องกันการเกิดมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งในช่องปาก , กล่องเสียง , ตับ กระเพาะอาหาร , ช่วยทำให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมีสภาพสมบูรณ์แข็งแรง , รักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคอิริโทรพอยอติกโปรโตพอร์พีเรีย , ใช้ในการปลูกเปลี่ยนอวัยวะ , เป็นสารให้สีกับพวกอาหารไขมัน , ใช้เป็นสีเคลือบเม็ดยา หรือใช้ในเป็นสีผสมในเครื่องสำอาง , ใช้ผสมอาหารสัตว์ โดยพบว่าปริมาณของเบต้าแคโรทีน สามารถทำลายความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในปอดได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม เบต้าแคโรทีนเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย โดยเฉพาะจากกระบวนการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนสูง (คนิดา ราชปิก, 2543 )

### 3. จำแนกตามเขตภูมิอากาศ

ในด้านการปรับปรุงข้าวโพดได้จำแนกชนิดของข้าวโพดตามเขตภูมิอากาศที่ ข้าวโพดปรับตัวเจริญเติบโต เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นแหล่งพันธุกรรม เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ

3.1 Temperate maize เป็นข้าวโพดในเขตอากาศอบอุ่น เจริญเติบโตได้ดีในเขต Latitude สูงเกิน 30 องศาเหนือและใต้ อุณหภูมิอากาศในฤดูปลูกค่อนข้างต่ำ ได้แก่ ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป และจีน เป็นต้น ข้าวโพดชนิดนี้จะให้ผลผลิตสูงเนื่องจากได้รับอุณหภูมิกลางวันที่ย่ำแย่ และได้รับช่วงแสงยาว เมื่อนำมาปลูกในเขตอากาศร้อนจะออกดอกเร็ว และให้ผลผลิตต่ำ

3.2 Sub Tropical maize เป็นข้าวโพดในเขตอากาศกึ่งร้อนชื้น เขต Latitude ที่ต่ำลงมา (ประมาณ 20-30 องศาละติจูดเหนือและใต้) สภาพอุณหภูมิของอากาศไม่สูงมากข้าวโพดเจริญได้ดี และให้ผลผลิตสูง

3.3 Tropical maize เป็นข้าวโพดในเขตอากาศร้อน ตั้งแต่ระดับเส้นศูนย์สูตรถึง 20 องศาเหนือและใต้ เจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศร้อนของทวีปอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชีย ข้าวโพดเขตร้อนมีทั้งที่ปลูกในที่สูงจากระดับน้ำทะเล (high land maize) และข้าวโพดที่ปลูกกันในพื้นที่ราบต่ำ (tropical lowland maize)

#### 4. จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว

ข้าวโพดเขตร้อน โดยเฉพาะ tropical lowland maize จะมีอายุเก็บเกี่ยวเมล็ดแก่ที่แตกต่างกันตามพันธุ์กรรม ดังนี้

4.1 Extremely early variety เป็นข้าวโพดอายุสั้นมาก เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดได้ เมื่ออายุ 80-90 วัน

4.2 Early variety เป็นพันธุ์ข้าวโพดเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุ 90-100 วัน

4.3 Intermediat variety เป็นพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดได้เมื่ออายุ 100-110 วัน

4.4 Late variety เป็นข้าวโพดอายุยาวหรือพันธุ์หนักเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่ออายุมากกว่า 110-130 วัน

ข้าวโพดในเขตอบอุ่น ได้มีการจำแนกอายุเก็บเกี่ยวข้าวโพดตามตัวเลขที่องค์กร FAO กำหนด (FAO-number) ดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการจำแนกอายุเก็บเกี่ยวข้าวโพดในเขตอบอุ่น

FAO-number	ประเภทของพันธุ์ข้าวโพด
< 190	อายุสั้น (Early variety)
200-240	อายุค่อนข้างสั้น (Moderately early variety)
250-290	อายุค่อนข้างยาว (Moderately late variety)
300-350	อายุยาว (Late variety)
> 350	อายุยาวมาก (Very late variety)

ที่มา : Geisler, G. , (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์

เมล็ดข้าวโพดและส่วนอื่น ๆ ของต้นข้าวโพดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด จึงสามารถจำแนกข้าวโพดตามวัตถุประสงค์ของการเก็บเกี่ยวเพื่อใช้ประโยชน์ดังนี้

5.1 ใช้เมล็ดแก่ ได้แก่ การปลูกเพื่อนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคของคนและสัตว์ รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมแป้งและน้ำมัน

5.2 ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ การตัดข้าวโพดในระยะก่อนแก่ เพื่อนำส่วนของต้นไปทำหญ้าสด (fodder) หรือหญ้าหมัก (silage) หรืออาจนำส่วนของต้นหลังการเก็บเกี่ยวทำเป็นหญ้าแห้ง (hay) ได้

5.3 ใช้บริโภคฝักสด ได้แก่ การปลูกข้าวโพดเพื่อเก็บเกี่ยวส่วนของฝักที่ยังอ่อนหรือฝักที่เมล็ดยังไม่แก่ไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn หรือ young ear corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) และข้าวโพดข้าวเหนียว หรือ ข้าวโพดเทียน (waxy corn) เป็นต้น

5.4 Ornamental corn เป็นข้าวโพดที่เมล็ดบนฝักมีสีหลากหลายอันเนื่องจากการสะสมสารสี (pigment) Anthocyanin ที่แตกต่างกัน สามารถใช้เป็นข้าวโพดประดับหรือข้าวโพดสวยงามได้

## 6. การเก็บเกี่ยว

การสุกแก่ของข้าวโพดแบ่งได้ 2 ระดับ คือ

1. การสุกแก่ทางสรีรวิทยา
2. การสุกแก่เก็บเกี่ยว

การสุกแก่ทางสรีรวิทยาเป็นระยะที่ข้าวโพดสิ้นสุดการเจริญเติบโตและมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดโดยทั่วไปประมาณ 45 วันหลังออกไหม หรือสังเกตได้จากส่วนโคนของเมล็ดจะมีเนื้อเยื่อสีดำที่เรียกว่า Black layer เกิดขึ้น ทำให้การส่งผ่านธาตุอาหารจากส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดสู่เมล็ดสิ้นสุดลง เมล็ดจะมีความชื้นร้อยละ 35-40 หลังจากนั้นความชื้นภายในเมล็ดจะลดลงเรื่อย ๆ จะช้าจะเร็วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนการสุกแก่เก็บเกี่ยว หมายถึง การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ความชื้นของเมล็ดต่ำกว่าร้อยละ 25 ถ้าสังเกตภายนอกจะเห็นว่าการหุ้มฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้ง โดยปกติข้าวโพดจะแก่เก็บเกี่ยวได้ที่อายุประมาณ 90-120 วัน ขึ้นกับอยู่พันธุ์ของข้าวโพด

ในทางปฏิบัติจะเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อข้าวโพดแก่จัด หรือปล่อยให้เมล็ดแห้งในแปลงให้นานที่สุดแล้วจึงเริ่มเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทวนเวลาในการตากหรือลดความชื้นของเมล็ด ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสามารถใช้แรงงานคน หรือใช้เครื่องเก็บเกี่ยวชนิดกะเทาะเมล็ดในตัวเอง (combine harvester)

## 2.2 โยเกิร์ต (Yogurt)

โยเกิร์ตได้จากการหมักน้ำนมสด และนมพร่องมันเนยหรือน้ำนมที่ผสมด้วยหางนมผง โดยจะนำมาโฮโมจิไนซ์หรือไม่ก็ได้ แล้วจึงนำมาให้ความร้อนและทำให้เย็น และหมักด้วยจุลินทรีย์ จนได้ตะกอนเป็นลิ่มคล้ายเต้าฮวย มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวมีคุณค่าทางอาหารสูง เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้ในการหมักจะใช้น้ำตาลแลคโตสเพื่อเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมัก ทำให้เหมาะกับผู้ที่มีปัญหาในการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในร่างกาย นอกจากการสร้างกรดแลคติกแล้วเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวยังสร้างกรดและสารอื่น ๆ เช่น กรดอะซิติก บิวทีริก และสารพวกอัลดีไฮด์ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้โยเกิร์ตมีคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น กลิ่น รสชาติ ความหนืด และ pH เป็นต้น (พิชญ, 2533) คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตสามารถแสดงให้เห็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางอาหารและปริมาณแคลอรี ต่อโยเกิร์ต 100 กรัม

น้ำหนัก (กรัม) ต่อ โยเกิร์ต 100 กรัม			แคลอรีต่อ
โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	โยเกิร์ต 100 กรัม
3.3	2.1	5.0	52

ที่มา : อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์, (2534)

นอกจากนั้นนมเปรี้ยวยังเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่านมสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเคซีนในนมเปรี้ยวมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายกว่าโปรตีนเคซีนในนมสด 2 – 3 เท่า ทั้งนี้เป็นผลจากแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยย่อยสลายโปรตีนเคซีน ทำให้โปรตีนเคซีนอยู่ในสภาพที่ร่างกายย่อยง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก นมเปรี้ยวมีแคลเซียมในปริมาณที่ค่อนข้างสูงจึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง รวมทั้งมีกรดแลคติกที่ช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น (อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์, 2534 : 93 – 97) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณค่าของนมเปรี้ยวเปรียบเทียบกับนมสด

รายการ	นมสด	โยเกิร์ต
แคลอรี	66	84
หางนม (%)	8.7	13.1
โปรตีน (%)	3.2	4.8
วิตามินบี (มิลลิกรัม)	0.15	0.25
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	120	180
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	95	142
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	160	240

ที่มา : อัมไพพรรณ อมรวิวัฒน์, 2534 : 94

ผู้ที่บริโภคนมเปรี้ยวเป็นประจำจะมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงและอายุยืน โดยคุณประโยชน์ของนมเปรี้ยวสามารถสรุปได้ดังนี้ ( พิชญ วิเชียรสวรรค์, 2533 )

1. ช่วยระบบย่อย แก้ปัญหาท้องผูก หุดจุกอาการท้องร่วง คนสูงอายุยังมีกรดในกระเพาะน้อย กรดแลคติกในโยเกิร์ตจะเข้าไปแทนที่กรดในกระเพาะที่ขาดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนสูงอายุทำให้การย่อยดีขึ้น
2. มีวิตามินบีสูง ช่วยให้มีภูมิคุ้มกันต้านโรคและสร้างเม็ดเลือด ทั้งยังช่วยให้อารมณ์แจ่มใส
3. มีแคลเซียมสูง ทำให้คนแก่ช้าลง และทำให้ฟันและกระดูกแข็งแรง
4. ทำลายวิตามินซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในลำไส้ที่ทำให้เกิดการแพ้ต่าง ๆ เช่น ลมพิษ เป็นต้น
5. ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเชื่อกันว่าสารเคมีที่มีชื่อว่า ไฮดร็อกซีเมทิลกลูตาเรต (Hydroxy Methylglutarate) ที่ได้จากการสร้างของเชื่อนมเปรี้ยว ซึ่งสารนี้จะมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย

**แบคทีเรียในโยเกิร์ต (Bacteria in yogurt)**

แบคทีเรียที่เป็นเชื้อหลักในการเริ่มต้น (mother culture) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการใช้แบคทีเรียทั้งสองร่วมกันในการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในนมทำให้สร้างกรด Lactic ของแบคทีเรียดีขึ้น เนื่องจากทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนของโปรตีนในนมเร็วขึ้น โดยการผลิตกรดแลคติกมิได้เกิดจากการหมักน้ำตาลแลคโตสโดยตรงหากเกิดจากแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* ผลิตเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส ( $\beta$ -galactosidase) เพื่อไฮโดรไลซ์โปรตีนในนมให้ได้กรดอะมิโน เช่น ฮิสติดีน (histidine) ไกลซีน (glycine) และ วาลีน (valine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญต่อการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* การสร้างกรดฟอร์มิก (formic acid) เป็นผลให้ pH ของนมลดลงเหลือประมาณ 5.0 ซึ่งเป็น pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การสร้างกรดแลคติกของ *Lactobacillus bulgaricus* ทำให้ระดับ pH ลดลงถึง 4.0–4.5 ซึ่งใกล้เคียงกับ Isoelectric point (PI) ของเคซีนในนม (pH ประมาณ 4.6–4.7) ทำให้เคซีนซึ่งเป็นโปรตีนในนมสูญเสียสภาพธรรมชาติ (denature) จับตัวตกตะกอนลงมา (ภาวิณี นูรพลชัย, 2531 : 15)

การผลิตกรดแลคติกของแบคทีเรียทั้งสองชนิดจะอยู่ในรูป L (+)-Lactic acid ซึ่งผลิตโดย *Streptococcus thermophilus* และ D (-)-Lactic acid ที่เกิดขึ้นจะมี 50–70 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือจะเป็น D (-)-Lactic acid ซึ่งแบคทีเรียทั้งสองชนิดยังสร้างสารอื่นๆ ที่มีผลต่อกลิ่นรสของ โยเกิร์ต ได้แก่ อะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) อะซิโตน (acetone) สร้างสารพวก volatile acids เช่น กรดฟอร์มิก กรดบิวทีริก กรดอะซิติก ฯลฯ

แบคทีเรียมีความสำคัญอย่างมากในการผลิต โยเกิร์ต เนื่องจากเป็นตัวสร้างกรดแลคติกและสร้างสารที่ทำให้เกิดกลิ่น รสเฉพาะตัวของโยเกิร์ต ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวคือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* นั้นเอง อย่างไรก็ตามนอกจากแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้แล้วก็ยังมีแบคทีเรียตัวอื่นๆ ที่มีความสามารถในการสร้างกรดแลคติกได้เช่นกัน เช่น *L. jugurti*, *L. lactis*, *L. acidophilus*, *S. lactis* เป็นต้น แต่สาเหตุที่ไม่เป็นที่นิยมในการใช้เป็นหัวเชื้อโยเกิร์ตทั่วไป เนื่องจากสร้างกรดชนิดอื่นๆ ที่ไม่ต้องการและอาจทำให้มีกลิ่นรสที่ไม่ต้องการในโยเกิร์ต (สุชาดา, 2538)

#### การปรับปริมาณไขมันในนม

ในประเทศอังกฤษ ปริมาณไขมันเนยโดยเฉลี่ยในนมจะอยู่ระหว่าง 3.7–4.2% แต่ปริมาณไขมันในโยเกิร์ตเฉลี่ย 1.5% (สำหรับ medium-fat yogurt) หรือ 0.5% (สำหรับ low-fat yogurt)

การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ไขมัน (SNF) ในนม

สัดส่วนของปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (ได้แก่น้ำตาลแลคโตส โปรตีนและเกลือแร่) ในนมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะความหนืด (viscosity / consistency) ของ coagulum โดยทั่วไปปริมาณของแข็งในของ

ผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดมากขึ้นตามไปด้วยโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) เท่ากับ 15 – 16% ซึ่งจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มี TS 14 – 15% อย่างไรก็ตามถ้า TS ในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่า 25% ขึ้นไป จะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลให้กิจกรรมของเชื้อลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การเติมนมผง, เคซีอีน, whey powder หรือ buttermilk powder เป็นต้น

### การเติมสารคงตัว

วัตถุประสงค์หลักในการเติมสารคงตัว (stabilizers) ในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ทั้งนี้เพื่อรักษาให้ลักษณะเฉพาะตัวที่ต้องการในโยเกิร์ตให้คงอยู่หรือเพิ่มขึ้น เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส (body and texture) ความหนืด (viscosity / consistency) ลักษณะปรากฏด้านโครงสร้างของเจล และช่วยลดปัญหาการแยกชั้นของน้ำหางนม (whey) หรือที่เรียกว่า syneresis เป็นต้น นอกจากนี้สารคงตัวยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ โดยทำให้เจลในน้ำมีปริมาณน้ำอิสระสำหรับการเกิด syneresis ลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วง pH ต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารคงตัว เช่น เจลาติน vegetable gums (carboxymethyl cellulose, locustbean และ guar) และ seaweed gums (alginates และ carrageenans) เป็นต้น สารคงตัวเหล่านี้อาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียว หรือสารประกอบผสมหลายตัวซึ่งสารประกอบแบบหลังจะเป็นที่นิยมในการค้ามาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลายชนิดนั่นเอง

### การเติมสารให้ความหวาน

สารให้ความหวานหรือที่เรียกว่า sweetener มักเติมในการผลิต fruit / flavoured yogurt หรือ “sweet” natural yogurt โดยอาศัยการเติมสารให้ความหวานลงไปของผสมโยเกิร์ต หรือเติมผลไม้ที่มีความหวานลงไป ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักในการเติมเพื่อลดความเปรี้ยวในโยเกิร์ต สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส, corn syrup, glucose/galactose syrup หรือพวก sorbitol และ saccharin เป็นต้น

นอกจากนี้อาจมีการเติมสารประกอบอื่น ๆ ลงในนมด้วย เช่น สารกันเสีย หรือ เบนซิลลิเนสที่ใช้ทำลายสภาพของสารปฏิชีวนะเพนิซิลเลียม เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตมากที่สุด

### การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization)

หลังการปรับส่วนผสมของนมที่ใช้ในการเตรียม โยเกิร์ตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการแล้ว การนำนมที่ปรับแล้วมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันจะมีผลต่อคุณภาพของนม ในด้านการเป็นสารอิมัลชันที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการให้นมผ่านเครื่อง โฮโมจีไนเซอร์ด้วยความเร็วสูง โดยผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ภายใต้อุณหภูมิสูง ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมทางด้านเคมีและกายภาพที่จะนำไปเตรียม โยเกิร์ต

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันมีผลทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมที่ผิวหน้า หรือการแยกชั้นของน้ำหางนม (wheying-off) สำหรับการเลือกใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์แบบ 1 หรือ 2 stage จะขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในนมที่ปรับองค์ประกอบแล้ว ภาพที่ 5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่เป็น 2 stage แต่โดยทั่วไปนมโยเกิร์ตจะใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ที่มีเพียง 1 stage ที่มีอุณหภูมิ 50–70 องศาเซลเซียส และมีความดันระหว่าง 1,500–2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) (วารวดี ครูส่ง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิตย์, 2531:196)

### การให้ความร้อน (heat treatment)

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้วยังมีผลต่อการผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต การให้ความร้อนแก่นมมีจุดประสงค์

1. เพื่อความเข้มข้นของนม
2. ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคหรือจุลินทรีย์อื่นๆ
3. กำจัดอากาศที่อยู่ในนม เพื่อให้สภาวะแวดล้อมเหมาะต่อการเจริญของเชื้อแลคติกมากขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้ต้องการอากาศในปริมาณน้อย
4. เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของนม โดยทำให้โปรตีนของหางนมที่มีอยู่ในน้ำนมซึ่งได้แก่ พวกอัลบูมินและโกลบูมินที่เสียสภาพธรรมชาติ (denatured) และตกตะกอน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลของหางนม ทำให้ได้โยเกิร์ตที่ได้มีความหนืดมากกว่าเดิม
5. ทำให้มีความเหมาะสมสำหรับเจริญของเชื้อแลคติก ซึ่งมีกิจกรรมการหมักที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (40-45 องศาเซลเซียส)
6. ทำให้โปรตีนในน้ำนมถูกทำลาย (damage) ให้ได้สารที่มีโมเลกุลเล็ก

### กระบวนการหมัก (fermentation process)

นมที่ผ่านการให้ความร้อน จะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 40-45 องศาเซลเซียส การถ่ายหัวเชื้อ โยเกิร์ตลงในส่วนผสมจะต้องทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ (Aseptic technique) โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อจาก Starter Culture 5-10 เปอร์เซ็นต์ หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ในอัตราส่วนที่เท่ากัน

ปริมาณ Starter Culture ที่ใช้ค่อนข้างสูง เนื่องจาก Starter Culture ดังกล่าวได้มาจากการบ่มเชื้อโยเกิร์ตที่ขายตามท้องตลาด (Commercial plain yogurt) ซึ่งมีประสิทธิภาพจะลดลงจากเชื้อ (Pure Culture) โดยทั่วไปหัวเชื้อจะใช้ประมาณ 0.5 – 2% หลังการถ่ายเชื้อแล้วจะทำการบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 37 – 44 องศาเซลเซียส 4 – 6 ชั่วโมง หรือที่ 32 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตาม สภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมจะหมักที่อุณหภูมิที่ 40 – 45 องศาเซลเซียส การบ่มจะมี 2 วิธีคือ การบ่มระยะสั้น เป็นการบ่มที่ 40-45 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเชื้อที่ใช้ด้วย สำหรับอีกวิธีหนึ่งเป็นการบ่มที่ใช้เวลานานประมาณ 16-18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่าจนได้ปริมาณกรดที่ต้องการ

ในช่วงการบ่มนี้ แบคทีเรียจะทำการย่อยน้ำตาลแลคโตสในส่วนผสมและสร้างกรดแลคติกขึ้นทำให้โมเลกุลของเคซีนเกิดการรวมตัวและเกิดเป็น curd ขึ้นที่ pH 4.6-4.7 ซึ่งเป็นจุด isoelectric point ของน้ำนม หลังจากนั้นจะบ่มต่อเพื่อให้ pH ลดลงอีกประมาณ 4.2-4.4 โดยใช้เวลานานประมาณ 6-8 ชั่วโมง ลักษณะ curd ที่ได้จะเรียบเนียน ไม่เกิดการแยกตัวของน้ำเวย์ออกมา

### การเกิดเจลของโยเกิร์ต

เป็นผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและกายภาพในนม คั่งมีขึ้นตอนตามลำดับดังนี้

1. หัวเชื้อโยเกิร์ตใช้น้ำตาลแลคโตสในนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและทำการหมักในกรดแลคติกและสารประกอบอื่น ๆ ออกมา กรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อย ๆ นี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีน (casein micelle) และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำหางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วย
2. เกิดการรวมตัวของ casein micelles และ/หรือกลุ่มของ micelles ย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วน (coalesce) ออกมา ในขณะที่ความเป็นกรด – ค่าคงที่จุด isoelectric คือระหว่าง pH 4.6 – 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกิดปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟา-แลคตาบูมิน / บีตา-แลคโตโกลบูลินซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางน้ำนมกับเคซีน ทำให้เกิด casein micelle ที่มีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นร่างแหของเจลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่แน่นอนนี้ สามารถจับกับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต รวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้างดังกล่าวด้วย

#### การทำความเย็น (cooling)

การทำให้โยเกิร์ตเย็นจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมระดับความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ การให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์จะเริ่มตั้งแต่ผลิตภัณฑ์มีระดับความเป็นกรดตามต้องการประมาณที่ pH 4.6 หรือความเข้มข้นกรดแลคติกประมาณ 0.9% แต่ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของโยเกิร์ตที่ผลิต วิธีให้ความเย็นและ ประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อน การทำให้เย็นทำได้โดยทำให้โยเกิร์ตเย็นลงจากอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียสเป็นต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (ดีที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) เนื่องจากที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียสสามารถยับยั้งกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้

#### การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่นรสและสี (addition of flavoring/colouring ingredients)

มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความต้องการของผู้บริโภคสารที่ใช้เติมได้แก่ ผลไม้ สารให้กลิ่นสี และสารประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำผึ้ง ถั่วต่าง ๆ มะเขือเทศ กาแฟ เป็นต้น ในทางอุตสาหกรรมนิยมทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปผสมกับผลไม้หรือกลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุเก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

#### วัตถุดิบสำคัญในการผลิตโยเกิร์ต

1. น้ำนมดิบหรือนมพาสเจอร์ไรส์ น้ำนมจะต้องมีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นผิดปกติ ควรมีปริมาณไขมันต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ และมีความเป็นกรดที่ pH 6.6 ปริมาณนมพาสเจอร์ไรส์ที่เหมาะสมในการทำให้โยเกิร์ตให้มีลักษณะที่ดีคือใช้นมพาสเจอร์ไรส์ประมาณ 92 เปอร์เซ็นต์ (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 25) โยเกิร์ตที่ดีมีลักษณะของเคิร์ดที่มีสีขาวนวล กลิ่นหอมและมีเนื้อสัมผัสที่ละเอียด ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

2. นมผง โดยทั่วไปน้ำนมจะมี Solid non fat (SNF) ประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำมาทำเป็นโยเกิร์ตแล้วจะมีลักษณะละเอียด และอาจเกิดปรากฏการณ์แยกตัวของเวย์ (wheying off) คือส่วนที่เป็นน้ำแยกตัวออกจากส่วนที่เป็นลิ่ม อันเป็นสัญลักษณ์ที่ไม่ดีของโยเกิร์ต ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการเติมนมผงขาดมันเนย เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ SNF ให้ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปทางการดำนินิยมใช้หางนมผง อัตราส่วนที่ผสมหางนมผงจะอยู่ในช่วง 1–6 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับที่เหมาะสมคือ 3–4 เปอร์เซ็นต์ เพราะการใช้หางนมมากเกินไป จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะของเนื้อสัมผัสเป็นแข็งหรือผง (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 25)

3. นมผงพร่องมันเนย (Skim Milk or Non fat Dry Milk) นมผงพร่องมันเนยหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หางนม หางนม (Skim Milk) มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ น้ำ 90.42 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.68 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.10 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลนม 5.0 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.80 เปอร์เซ็นต์ เพราะเหตุที่หางนมมีน้ำมากและมีอาหารเพียงพอที่แบคทีเรียจะเจริญได้จึงทำให้หางนมมีการเน่าเสียได้ง่าย แต่เมื่อนำมาทำเป็นโยเกิร์ตแล้วหางนมจะมีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (วรรณภา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531)

4. น้ำตาล วัตถุประสงค์ของการเติมน้ำตาลก็เพื่อเพิ่ม SNF น้ำตาลที่ใช้เติมลงไปนั้น เช่น ซูโครส ในขณะที่เคียวกันรสหวานของน้ำตาลจะช่วยกลบรสเปรี้ยวที่เกิดจากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใส่เข้าไป ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเติมลงไปประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ (เอกชัย ไตรพิศ, 2539:25) แต่ถ้าต้องการนำโยเกิร์ตที่ได้ไปผลิตเป็นนมเปรี้ยวพร้อมดื่มก็ควรใช้อัตราส่วนโยเกิร์ตต่อน้ำเชื่อมเข้มข้น 28 องศา บริกซ์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณความหวานที่ผู้บริโภคยอมรับ ในการใช้น้ำตาลจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วย เช่น ใน Plain yogurt จะไม่มีการเติมสารให้ความหวานลงไปแต่ใน Flavor yogurt นั้นจะเติมซูโครสลงไปประมาณ 4–6 เปอร์เซ็นต์ (รวรรุณี ครุสง และ รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิตย์, 2531 : 230)

5. เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้มักใช้ส่วนผสมของเชื้อ *L. bulgaricus* และเชื้อ *S. thermophilus* ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1 ในปริมาณ 3–5 เปอร์เซ็นต์ แบคทีเรียเหล่านี้เจริญได้ดี ในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตเนียนน่ารับประทาน (รวรรุณี ครุสง และ รุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิตย์, 2531 : 200)

6. น้ำผลไม้ การเติมผลไม้ลงไปโยเกิร์ต เป็นการช่วยเพิ่มรสชาติของโยเกิร์ต ทำให้น่ารับประทานและช่วยจูงใจผู้ซื้อ ผลไม้ที่ใช้อาจเป็นผลไม้สดซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อและแช่แข็ง หรือผลไม้บรรจุในน้ำเชื่อมที่ขายในท้องตลาด โดยจะต้องปราศจากยีสต์และรา ไม่มีสารแปลกปลอมและความเป็นกรด – ด่างต้องไม่ต่ำกว่า 3.0 (สุชาติ สัจพันธ์, 2538 : 16)

7. สีและกลิ่น (Color & Flavor) ใส่เพื่อปรุงแต่งโยเกิร์ตให้ชวนรับประทานมากขึ้น โดยเน้นให้เหมือนกับธรรมชาติ โดยอาจใช้สารหรือกลิ่นที่ได้จากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ (สุชาติ สัจพันธ์, 2538 : 16)

8. เจลาติน (Gelatin) จะใส่ในความเข้มข้น 0.3–0.5 กรัม เพื่อให้เกิดโยเกิร์ตที่มีเนื้อข้นวาวใส หากใส่มากกว่าร้อยละ 0.35 จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเป็นก้อนลิ่ม บางครั้งอาจ

เสื่อมคุณภาพระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิแบบ UHT นอกจากจะใช้เจลาตินแล้วยังสามารถใช้สารอื่นได้อีกเช่น โซเดียมเฮกซามตาฟอสเฟต เพกติน และโซเดียมอัลจีเนท ใช้ในความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะดีขึ้น (จุฬามาส เมฆมงคลชัย, 2540 : 32)

### ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดี

ลักษณะของ โยเกิร์ตที่ดีพอจะสังเกตได้ดังนี้คือ

1. เกร็ด (curd เป็นตะกอนลิมส์สีขาวนวล) ของนมเปรี้ยวต้องเป็นเกร็ดที่แข็งตัวไม่อ่อนเหลว
2. เกร็ดของนมเปรี้ยวต้องไม่หดรัดเป็นก้อนแยกอยู่ต่างหาก
3. นมเปรี้ยวต้องไม่เปรี้ยวเกินไป (pH 4.2 – 4.5 และความเป็นกรดที่ 0.9 – 1.2)
4. นมเปรี้ยวต้องมีกลิ่นอโรมาเฉพาะ
5. นมเปรี้ยวต้องไม่มีรสฝาด รสขม หรือรสที่ผิดปกติ

### ปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพโยเกิร์ต (Factors affecting the Quality of Yogurt)

1. น้ามนที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นต้องมีคุณภาพดีปราศจากสารปฏิชีวนะ (Antibiotics) และมีสารที่มีผลในการทำลายแบคทีเรีย (Bactericidal Substances) อื่นๆ รวมทั้งเม็ดเลือดขาว (Leucocytes) ชนิดของน้ามนอาจจะใช้นมสด หางนม หรือครีมขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ต้องการผลิตซึ่งน้ามนที่เหมาะสมจะใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ควรมีลักษณะดังนี้

- 1.1 มีคุณภาพสูง
- 1.2 กลิ่นและรสปกติ
- 1.3 องค์ประกอบทางเคมีปกติ
- 1.4 ปราศจากตะกอน หรือ ฟุ่นผง
- 1.5 ปริมาณแบคทีเรียต่ำ
- 1.6 ปราศจากสารปฏิชีวนะ (Antibiotics) หรือ สารยับยั้ง (Inhibitory substances)

อื่นๆ รวมทั้งสารกันบูด (Preservatives)

2. น้ามนต้องผ่านขบวนการให้ความร้อนประมาณ 95 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในนมจะต้องเพียงพอที่จะทำลายเซลล์และสปอร์ของแบคทีเรีย แต่ในบางกรณีอาจไม่สามารถทำลายแบคทีเรียพวกทนความร้อน (Heat Resistance Bacteria) ได้ อย่างไรก็ตาม สปอร์ของจุลินทรีย์เหล่านี้จะไม่งอกหรือเจริญเติบโตได้ การผลิตโยเกิร์ต มีวัตถุประสงค์คือ

- 2.1 เพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในน้ำนม
- 2.2 เป็นการไล่อากาศออก
- 2.3 ทำให้น้ำนมมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก
- 2.4 ทำให้อุณหภูมิประกอบบางอย่างของน้ำนมแตกตัวและชักนำให้เกิดเปลี่ยนแปลง

ทางเคมีบางอย่าง

3. เครื่องที่ใช้ต่างๆต้องสะอาด และผ่านการฆ่าเชื้อ
4. หัวเชื้อบริสุทธิ์ (Pure Culture) ต้องมีคุณภาพดีและมีความสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ หัวเชื้อที่ใช้จัดเป็นพวก High Lactic Acid Producing ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* ซึ่งโดยทั่วไปเป็นนิยมใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ส่วนหัวเชื้อชนิดพิเศษเรียกว่า Biograde Yogurt ประกอบด้วย *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus acidophilus* จะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีรูปร่าง รส และ กลิ่น รวมทั้งอายุการเก็บดีกว่าโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อโดยทั่วไป
5. ปริมาณของหัวเชื้อ ที่ใช้ในการหมัก ตามปกติจะเติมหัวเชื้อประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ ขณะเดียวกันอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มต้องเหมาะสม คือใช้อุณหภูมิในการบ่ม 42-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิตลงอย่างช้าๆจนอุณหภูมิต่ำอยู่ระหว่าง 7-10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจะมีความเป็นกรดประมาณ 0.85-0.90 เปอร์เซ็นต์ มี pH ระหว่าง 4.4-4.6
6. ความระมัดระวังในการบรรจุ ภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงและปราศจากตำหนิ โดยภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับใส่โยเกิร์ตจะเป็นภาชนะพลาสติกโดยส่วนใหญ่เป็นพวก Polystyrene
7. การหลีกเลี่ยงการเขย่าภาชนะหรือการสั่นสะเทือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างการบ่ม เพื่อให้เกิดตะกอนนม
8. ภายหลังจากเสร็จสิ้นการผลิตแล้ว จะต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิดังกล่าวผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษา (Shelf-life) ประมาณ 14 วัน
9. ความระมัดระวังในการขนส่งหรือเคลื่อนย้าย ไม่ให้เกิดการกระทบกระเทือนมากนัก เพราะจะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะไม่เรียบและเสียรูปทรง

### ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณหัวเชื้อ Streptococci ต่อ Lactobacilli

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตมีความสำคัญต่อลักษณะและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมอัตราส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดให้เหมาะสมดังนี้

1. ในกรณีที่เลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดแยกกัน จะต้องกำหนดเชื้อแต่ละชนิดที่ใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม
2. ถ้าใช้ปริมาณหัวเชื้อที่ใช้ในการหมักน้อย จะทำให้จำนวนของ Streptococci สูง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เปรี้ยว
3. ถ้าใช้อุณหภูมิในการบ่มสูงจะทำให้เชื้อ Lactobacilli มีจำนวนมากในโยเกิร์ต เนื่องจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อ Lactobacilli จะสูงกว่า Streptococci โดยเชื้อ Lactobacilli จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อ Streptococci จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส
4. การใช้เวลาบ่มนานจะทำให้ความเป็นกรดสูง และออกซิเจนในอาหารหมดไปสภาวะเช่นนี้จะเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ Lactobacilli ทำให้เชื้อ Lactobacilli มีจำนวนมากขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะกลิ่นรสที่ดี
5. ความเป็นกรดของน้ำนมโดยปกติจะมีพีเอช 6.5 ที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ Streptococci ซึ่งเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ขณะที่เชื้อ Lactobacilli จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วที่พีเอช 5.5 ดังนั้นในการหมักโยเกิร์ตในช่วงแรกเชื้อ Streptococci จะเจริญ และมีจำนวนมากกว่าเชื้อ Lactobacilli ขณะที่ในช่วงท้ายของการหมักเชื้อ Lactobacilli จะเจริญได้ดีกว่าเชื้อ Streptococci ทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีอัตราส่วนของเชื้อใกล้เคียงกัน
6. การใช้ปริมาณความร้อนในการฆ่าเชือน้ำนมสูง จะเกิดการแตกตัวของสารโพลีเมอร์ทำให้น้ำนมมีความเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli อีกทั้งออกซิเจนบางส่วนถูกกำจัดออกไป

### ความบกพร่องของนมเปรี้ยว

1. เมื่อบ่มครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นมไม่ยอมมาขึ้นเคร็ด เป็นเพราะเชื้อนมเปรี้ยวอ่อนแอหรือ อุณหภูมิที่ใช้บ่มสูงกว่า 45 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส หรือนมที่นำมาผลิตเป็นนมแมสไตซิสหรือมีสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลินปะปนมา
2. เคร็ดของนมเปรี้ยวเป็นเคร็ดที่อ่อน (Weak curd) เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตเป็นนมประเภทผิดปกติ (Abnormal milk) หรือการอุ่นนมใช้ความร้อนสูงเกินไป
3. นมเปรี้ยวมีรสชาติไม่ดี เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตนั้นมีคุณภาพไม่ดี หรือเชื้อนมเปรี้ยวไม่บริสุทธิ์ (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเก็บรักษาโยเกิร์ต

จะต้องเก็บรักษาโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส (เหมาะสมที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะเก็บไว้ได้ประมาณ 14–28 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะลักษณะในการผลิต เทคนิคการผลิต ชนิดของภาชนะบรรจุ อุณหภูมิที่เก็บรักษาและการใช้สารกันเสีย ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะเพิ่มมากขึ้นจะทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายหัวเชื้อของแบคทีเรียจะถูกทำลาย และโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey เป็นผลให้จุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น ยีสต์ และราเจริญได้ (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 9) นอกจากนี้หากมีความผิดพลาดในกระบวนการผลิตก็อาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่อกลิ่นรสของโยเกิร์ตได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงความผิดปกติที่อาจเกิดกับกลิ่นรสของโยเกิร์ต

กลิ่นรสที่ผิดปกติ	ทางแก้ไข
กลิ่นรสที่จืด (insipid)	- ลดปริมาณหัวเชื้อที่ใช้ลง - เพิ่มเวลาในการบ่มหัวเชื้อ
กลิ่นที่ไม่สะอาด (unclean)	- เพิ่มปริมาณหัวเชื้อ - ลดเวลาในการบ่ม
กลิ่นรสขม และกลิ่นรสที่เปรี้ยวแหลม	- ลดปริมาณหัวเชื้อลง
กลิ่นเหม็นหืน	- ตรวจสอบคุณภาพของนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ที่มา : Robinson and Tamine, 1985

### ปัญหาที่พบในการผลิตโยเกิร์ต

#### 1. ลักษณะของเนื้อสัมผัสผิดปกติ (Texture defect)

ตะกอนหรือลิ่มนมที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ก่อนข้างแข็ง (Heavy curd) อาจมีสาเหตุจากการเติมปริมาณสเตบิลไลเซอร์ เช่น เจลาตินมากเกินไป หรือตะกอนนมที่เกิดขึ้นอ่อนตัวเกินไป (Weak curd) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณของแข็งในนมน้อยเกินไป ข้อเสียนี้อาจแก้ไขโดยการเติมปริมาณของแข็งในนมเช่น การเติมนมผง 1–2 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์หรือการเติมเอนไซม์เรนเนต (Rennet) เพื่อให้เกิดตะกอนเคซีน (Casein)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. กลิ่นรสที่ผิดปกติ (Flavor defect)

โยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยวจัดและกลิ่นหุนมาก อาจเนื่องจากหัวเชื้อ (Starter) ที่ใช้นั้นมีจุลินทรีย์ *Sterptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* ในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน ส่วนรสขมนั้น เกิดการปนเปื้อน โดยจุลินทรีย์กลุ่ม flat sour organism เช่น *Bacillus thermophilus*, *Bacillus cereus* จุลินทรีย์กลุ่มนี้จัดเป็นพวก aerobic spore forming ที่ทนอุณหภูมิสูงมาก ส่วนใหญ่พบอยู่ในดิน นอกจากนี้โยเกิร์ตอาจเสียได้โดยยีสต์หรือรา (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 10)

### สรรพคุณของโยเกิร์ตที่พบประกอบด้วย

ความเป็นกรด ช่วยย่อยอาหารเหมาะสำหรับคนที่มีกระเพาะอ่อน หรือคนสูงอายุ  
วิตามินบี ช่วยให้ผิวพรรณผ่องใส จิตใจสบายไม่หงุดหงิด มีภูมิคุ้มกันทานโรคสูงจะช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังช่วยสร้างอินสิทอล ซึ่งเป็นสารช่วยป้องกันมะเร็งเป็นจุดที่ช่วยชะลอความชรา

แคลเซียมทำฟันและกระดูกแข็งแรง ป้องกันการเป็นตะคริว นมเปรี้ยว 1 ถ้วย จะช่วยให้นอนหลับสบาย จึงใช้เป็นยานอนหลับได้

นอกจากนี้ นมเปรี้ยวยังช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ลดสารฮีสตามีนในลำไส้ ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการแพ้ (ชนิต โชติกา, 2537 : 293)

## บทที่ 3

### วัตถุดิบอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบ

1. ข้าวโพดหวาน พันธุ์ Super sweet	1	กิโลกรัม
2. นมผง	40	กรัม
3. น้ำตาล	200	กรัม
4. หัวเชื้อ โยเกิร์ต	50	กรัม

#### 3.2 สารเคมี

โซเดียมไฮดรอกไซด์  
ฟีนอล์ฟทาลิน

#### 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์สำหรับการทำนํ้านมข้าวโพด

1. หม้อ
2. ทัพพี
3. อ่างผสม
4. ถาด
5. เครื่องชั่ง
6. แท่งแก้ว
7. มีด
8. เครื่องปั่น
9. ตู้ป่น
10. อลูมิเนียมฟอยล์
11. เตาแก๊ส
12. หม้อสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ขวดแก้ว
14. ผ้าขาวบาง
15. เทอร์โมมิเตอร์
16. ถ้วยตวงของเหลว
17. ช้อนตวง

#### อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับตรวจสอบทางเคมี

1. กระจกตวง
2. ฟลาส
3. บีเปด
4. บีกเกอร์
5. บิวเรต
6. น้ำกลั่น
7. บัฟเฟอร์

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

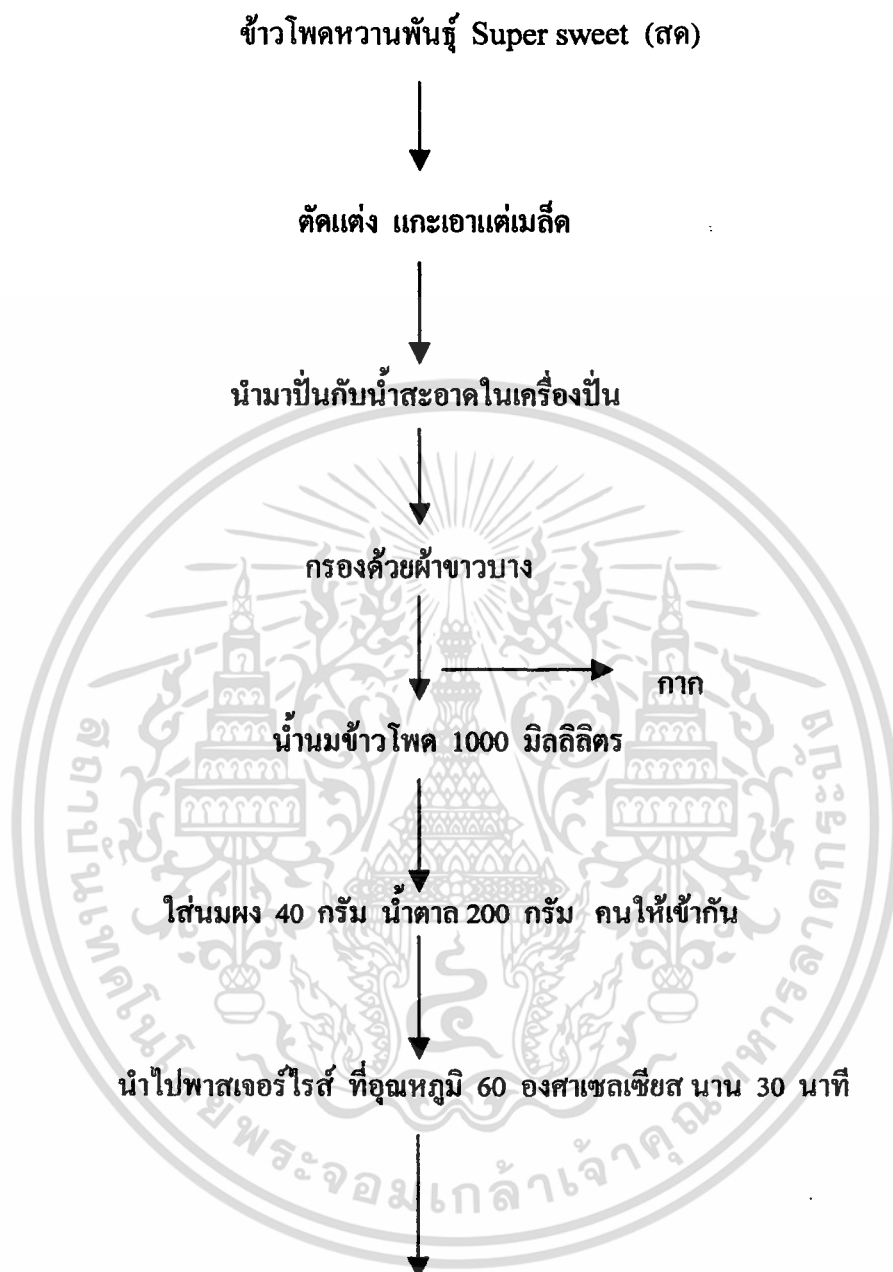
1. ช้อนพลาสติก
2. แบบสอบถาม

### 3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

#### 1. ขั้นตอนการทำนํ้านมข้าวโพด

- 1.1 นำข้าวโพดฝกสด 1 กิโลกรัม มาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำมาตัดแต่ง แคะเอาแต่เมล็ด
- 1.2 นำไปแช่น้ำ แล้วนำมาปั่นกับน้ำสะอาดด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด
- 1.3 นำไปกรองบนผ้าขาวบาง เพื่อกรองเอากากทิ้ง ให้ได้น้ำข้าวโพด 1000 มิลลิลิตร
- 1.4 นำน้ำตาล 200 กรัม นมผง 40 กรัม ที่เตรียมไว้มาผสมกับน้ำข้าวโพดที่กรองไว้แล้ว คนให้ส่วนให้เข้ากัน
- 1.5 นำไปพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ นาน 30 นาที
- 1.6 นำไปลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่อปรับให้อุณหภูมิเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli และ Streptococci

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำไปลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่อปรับให้อุณหภูมิเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli และ Streptococci

## แผนภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำนํ้านมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

2.1 นำน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ในขั้นตอนแรก ปริมาณมา 500

มิลลิลิตร

2.2 เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตนมเปรี้ยว 50 กรัม คนให้เข้ากัน

2.3 บรรจุลงในขวดที่ลวกน้ำร้อนแล้ว

2.4 ปิดปากขวดด้วยกระดาษฟอยล์

2.5 นำเข้าสู่ตูบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง



นำเข้าสู่ตูบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

แผนภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำหัวเชื้อโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำน้ำนมข้าวโพดที่เหลือในขั้นตอนที่ 1 มาบรรจุขวด ๆ ละ 100 มิลลิลิตร แล้วใส่หัวเชื่อมมเปรี้ยวข้าวโพดลงไป คือ 5 , 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์
3. ศึกษาปริมาณหัวเชื่อมมเปรี้ยวข้าวโพดที่เหมาะสมเพื่อใช้ทำนมเปรี้ยวข้าวโพด โดยศึกษาปริมาณหัวเชื่อมที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ
  - หัวเชื่อมโยเกิร์ตนมข้าวโพด 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด
  - หัวเชื่อมโยเกิร์ตนมข้าวโพด 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด
  - หัวเชื่อมโยเกิร์ตนมข้าวโพด 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด
 โดยทำการทดลองในแต่ละระดับ ๆ ละ 5 ซ้ำ
4. ใส่ยูเอ็นทีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการแยกตัวของ Whey ของโยเกิร์ตข้าวโพด
5. วัดค่าความเป็นกรดในตัวอย่างการทดลอง เพื่อตรวจสอบปริมาณกรดแลคติกที่มีอยู่ในนมเปรี้ยวข้าวโพดว่ามีความแตกต่างจากมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยวิธีการไตเตรท
 

วิธีการตรวจสอบ นำตัวอย่างนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ทำสำเร็จแล้ว มาหาค่าความเป็นกรดแลคติกโดยวิธีการไตเตรทโดยใช้ตัวอย่าง นมเปรี้ยวข้าวโพด 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 50 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วย 0.1 NaOH แล้วจดบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ทดสอบ 1 ตัวอย่างทำ 5 ซ้ำ
6. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธี 5 - Point Hedonic Scale test
7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยมีการวางแผนการทดสอบแบบ Complete randomized design (CRD)

### 3.5 สถานที่ทำการทดลอง

หมวดคหกรรมโรงเรียนพรตพิทยพยัต และห้องปฏิบัติการภาควิชาการุศาสตร์ เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนน ฉลองกรุง แขวงลำปะเทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

### 3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง

เดือน พฤษภาคม 2544 ถึง เดือน ตุลาคม 2544

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

#### 4.1 ผลการทดสอบค่าความเป็นกรดของนมเปรี้ยวข้าวโพด

ได้ศึกษาหาปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดของตัวอย่างที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อต่างกันคือปริมาณหัวเชื่อนมเปรี้ยว 3 ระดับ ก็คือ หัวเชื่อนมเปรี้ยวข้าวโพด 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มาทดสอบหาค่าความเป็นกรดแลคติกของนมเปรี้ยว โดยวิธีการไตเตรทโดยใช้ตัวอย่าง นมเปรี้ยวข้าวโพด 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 50 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 3 หยด แล้วไตเตรทด้วย 0.1 NaOH แล้วจดบันทึกผล ได้ผลออกมาดังนี้ จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยทางสถิติ

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบค่าความเป็นกรดของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อต่างกัน 3 ระดับ

ลำดับที่	ค่าความเป็นกรด (Acidity)		
	ตัวอย่าง T <sub>1</sub>	ตัวอย่าง T <sub>2</sub>	ตัวอย่าง T <sub>3</sub>
1	0.95	1.1	1.22
2	0.97	1.1	1.22
3	0.95	1.1	1.21
4	0.95	1.2	1.22
5	0.96	1.2	1.1
Total	4.78	5.7	5.97
Sample	0.956	1.14	1.194

หมายเหตุ

T<sub>1</sub> = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_2$  = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 10 %

$T_3$  = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 15 %

จากผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดแลคติกโดยใช้วิธีไตเตรทตัวอย่างนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5 % , 10 % และ 15 % ได้ผลออกมาดังนี้

เมื่อดูจากการตรวจสอบค่าความเป็นกรดแลคติก พบว่าตัวอย่าง  $T_3$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความเป็นกรดแลคติกสูงกว่าตัวอย่าง  $T_1$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์) และ  $T_2$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์) คือ 1.194 และเมื่อดูผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรดแลคติกเฉลี่ยที่ตัวอย่าง  $T_2$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์) และ  $T_3$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์) พบว่ามีค่าความเป็นกรดแลคติกเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน คือ 1.14 และ 1.194

#### 4.2 ผลการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัสต่อนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้ชุดทดสอบชิม (ทางกายภาพ) จำนวนผู้ทดสอบ 20 คน โดยแบ่งเป็นการยอมรับด้านสี, กลิ่นรสชาติ, การยอมรับรวมของตัวอย่างนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5 % , 10 % และ 15 % ซึ่งผลการทดสอบชิมจะแสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับ โดยรวมของนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด

ตัวอย่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
$T_1$	3.36 <sup>b</sup>	4.02 <sup>a</sup>	3.29 <sup>b</sup>	3.85 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>
$T_2$	4.12 <sup>a</sup>	4.31 <sup>a</sup>	4.33 <sup>a</sup>	4.38 <sup>a</sup>	4.66 <sup>a</sup>
$T_3$	4.72 <sup>a</sup>	4.11 <sup>a</sup>	4.29 <sup>a</sup>	4.41 <sup>a</sup>	4.53 <sup>a</sup>

#### หมายเหตุ

$T_1$  = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 5 %

$T_2$  = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_3$  = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 15 %

คะแนนเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p \leq 0.05$ )

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพดโดยใช้ปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง และนำมาเก็บไว้ในตู้เย็น 1 วัน โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน ทำการทดลอง 5 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 9

จากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อแตกต่างกัน 3 ระดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านสีพบว่า ตัวอย่าง  $T_2$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์) และ  $T_3$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างกับตัวอย่าง  $T_1$  (ที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะขั้นตอนในการเลือกซื้อข้าวโพด และวิธีการผลิต ทั้ง 3 ตัวอย่าง ก็คือในการเลือกซื้อข้าวโพดมาทำการทดลองไม่สามารถที่จะระบุวันเวลาในการเก็บเกี่ยวหรืออายุของฝักข้าวโพดได้ และเลือกซื้อในตลาดซึ่งอาจวางขายไว้นานหรือถูกแสงแดดนาน ทำให้ข้าวโพดเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในของข้าวโพด ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับอายุของข้าวโพดที่นำมาทดลองซึ่งข้าวโพดที่ใช้มีอายุน้อยก็จะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีชัดได้ หรือ การผ่านความร้อนนานๆ ก็จะทำให้สีจางลงได้

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่าตัวอย่าง  $T_1$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างกับตัวอย่าง  $T_2$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์) และ  $T_3$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p > 0.05$ ) อาจจะเป็นเพราะปริมาณความเข้มข้นของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่แตกต่างกัน เช่นถ้าใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณที่น้อยก็จะทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่และไม่จับกันเป็นเคิร์ด และมีรสหวาน ซึ่งปัจจัยนี้จะมีผลต่อลักษณะของรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งลักษณะของตัวอย่าง  $T_1$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์) จะมีรสชาติที่หวานกว่าตัวอย่าง  $T_2$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์) และ  $T_3$  (หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์) เพราะว่า  $T_1$  ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณน้อย คือ 5 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติทางด้านกลิ่นและ การยอมรับโดยรวม พบว่าตัวอย่าง  $T_1$  ,  $T_2$  และ  $T_3$  ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p > 0.05$ )

เพราะว่าใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิดเดียวกันและข้าวโพดพันธุ์เดียวกัน คือ พันธุ์ Super sweet จึงทำให้ลักษณะกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน

นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเคิร์ด ไม่แตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและมีรสชาติที่ดี คือมีรสหวานเล็กน้อยและมีรสเปรี้ยว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการทำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณ 5 , 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลจากการทดลองทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ทางด้านสี ตัวอย่าง  $T_2$  และ  $T_3$  แตกต่างกับตัวอย่าง  $T_1$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทางด้านกลิ่น พบว่าตัวอย่างที่  $T_1$  ,  $T_2$  และ  $T_3$  ไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ ทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่าตัวอย่าง  $T_1$  แตกต่างกับตัวอย่าง  $T_2$  และ  $T_3$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทางด้านการยอมรับโดยรวม พบว่าตัวอย่าง  $T_1$  ,  $T_2$  และ  $T_3$  ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเคิร์ด ไม่แตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและรสชาติที่ดี คือมีรสหวานเล็กน้อยและมีรสเปรี้ยว

นมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ทำการทดลองนี้อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคที่ไม่บริโภคน้ำนมสด หรือผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัต ได้มีทางเลือกที่จะรับประทาน เพราะไว้ในข้าวโพดมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยังช่วยรักษาโรคต่าง ๆ ได้เมื่อรับประทานอย่างสม่ำเสมอเช่น ช่วยขับปัสสาวะ ลดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว ลดอาการบวมหน้า ช่วยขยายหลอดเลือด ปรับระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้สมดุล และยังช่วยป้องกัน โรคต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง , โรคกล้ามเนื้อหัวใจวาย และ มะเร็งเป็นต้น นอกจากนี้นมเปรี้ยวยังเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่านมสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเคซีนในนมเปรี้ยวมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายกว่าโปรตีนเคซีนในนมสด 2-3 เท่า ทั้งนี้เป็นผลจากแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยย่อยสลายโปรตีนเคซีน ทำให้โปรตีนเคซีนอยู่ในสภาพที่ร่างกายย่อยง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก นมเปรี้ยวข้าวโพดมีธาตุ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงจึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง และยังมีวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี และ

วิตามินอี รวมทั้งมีกรดแลคติกที่ช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น  
(อัมไพพรรณ อมรวิวัฒน์, 2534 : 93 – 97)

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการเลือกซื้อข้าวโพดควรเลือกซื้อข้าวโพดที่สด เมล็ดไม่มีรอยขุ่นมากจนเกินไป
2. ข้าวโพดที่ปั่นแล้ว ควรนำมากรองเอากากออกก่อนนำไปพาสเจอร์ไรซ์
3. ก่อนจะนำไปพาสเจอร์ไรซ์ ควรนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันก่อนนำไปพาสเจอร์ไรซ์
4. นำนมข้าวโพดควรนำไปพาสเจอร์ไรซ์ ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที
5. ภาชนะที่ใช้ทำควรนำไปลวกน้ำร้อนก่อนเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ



## บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2531. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 น.

กิตติกร ดาวเรือง และ ประภาส ภูษาแก้ว. 2542. น้ำนมข้าวโพด. กรุงเทพฯ: ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 54 น.

เกษม สุขสถาน และคณะ. 2527. พืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 336 น.

กนิดา ราชปึก. 2543. เครื่องดื่มข้าวโพดกระป๋องจากเมล็ดข้าวโพดและขังข้าวโพด. กรุงเทพฯ: สัมมนาปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชูศรี บำรุงพฤกษ์. 2523. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 191 น.

ทวีศักดิ์ ภู่อล่า. 2540. ข้าวโพดหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พรินติ้งเฮาส์. 188 น.

ทองยศ อเนกะเวียง. 2524. ผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 236 น.

ประกาย จิตรกร. 2526. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ: สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย. 433 น.

พวงพร โชติไกร. 2532. จุลชีววิทยาของอาหารและนม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 335 น.

พิษณุ วิเชียรสวรรค์. 2533. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีนมและผลิตภัณฑ์นม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราเชนทร์ ธีรพร. 2539. ข้าวโพด (Maize). กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 198 น.

รังสฤษฎ์ กาวิฑีระ และคณะ. 2542. พืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 471 น.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีชีวพืช. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุชาดา สังขพันธ์. 2538. ไอศกรีมโยเกิร์ตเคลือบชั้นด้วยเชอร์เบท. กรุงเทพฯ: ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 58 น.

สุรเชษฐ จามรมาน. 2543. การจัดการข้าวโพดหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อติสวรรค์. 72 น.

สุรชัย มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: นันทชัย. 275 น.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. พืชเศรษฐกิจ. เล่ม 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 478 น.

เอกสารวิชาการ. 2524. ข้าวโพด. พิมพ์ครั้งที่ 1. เล่มที่ 4. กรมวิชาการเกษตร. 191 น.

อุดม โกสสัยสุก. 2529. การปลูกพืชไร่. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต. 188 น.

อำไพพรรณ อมรวีวัฒน์. 2534. ผลิตภัณฑ์นมเคลือบน้ำตาล. กรุงเทพฯ: รายงานสัมมนา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Geisler, G. 1980. Pflanzenbau. Verlag Paul Parey. Berlin and Hamburg. 480 P.

Lang, F. 1979. Recent Development in Frozen Yogurt and Ice cream Manufacture. 81 P.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robinson, R.K. และ A.Y. Tamime. 1985. Yogurt Science and Technology. Oxford, Pergamon Press.  
New York. 431 P.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อ..... วันที่ .....

อาหาร โยเกิร์ตนมข้าวโพด

คำชี้แจง

1. บ้วนปากด้วยน้ำเปล่าที่จัดไว้ให้ ก่อนการทดสอบทุกครั้ง
2. ให้ทดสอบตัวอย่างที่รหัสกำกับไว้เป็นลำดับ ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง 482 265 905

โดยประเมินความชอบต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่าง กำหนดให้เป็นคะแนน ดังนี้

ระดับความชอบ	คะแนน
ชอบมาก	5
ชอบ	4
เฉย ๆ	3
ไม่ชอบ	2
ไม่ชอบมาก	1

คำสั่ง ให้ระบุคะแนนระดับความชอบที่ประเมินได้ ในคุณลักษณะต่าง ๆ เป็นตัวเลขที่กำหนดให้ใส่ในช่องว่างใต้รหัสตัวอย่าง

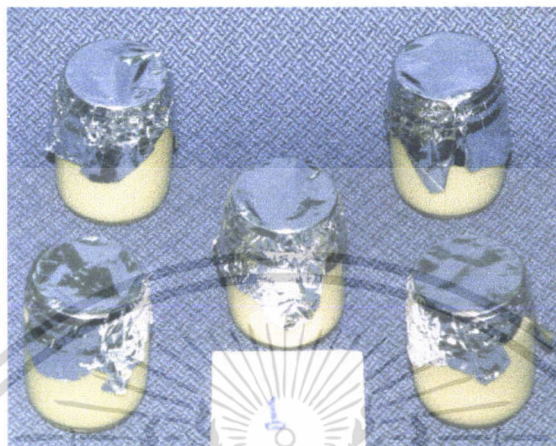
คุณลักษณะที่ประเมิน	ระบุคะแนนแสดงระดับความชอบ		
	482	265	905
สี			
กลิ่น			
รส			
เนื้อสัมผัส			
การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผล

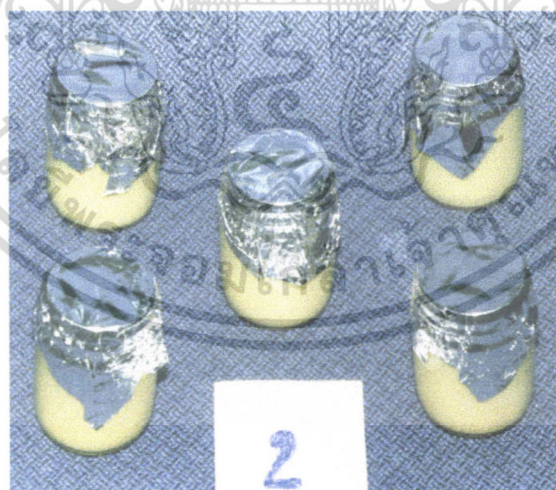
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

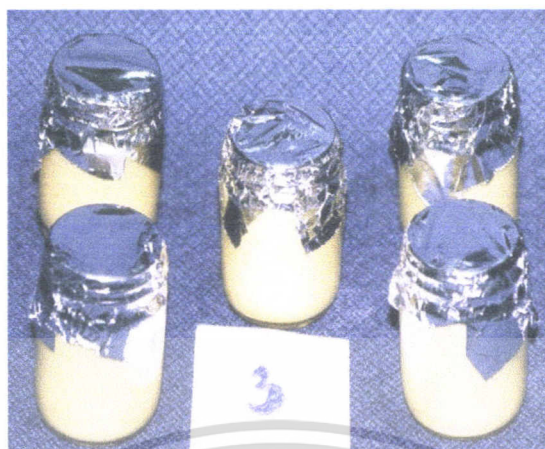


ภาคผนวกที่ ก1 น้ำมันเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์



ภาคผนวกที่ ก 2 น้ำมันเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ ก 3 น้ํานมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก ข

จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ในการทดสอบชิมนมเปรี้ยวข้าวโพด จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ ANOVA ในเรื่อง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยมีการวางแผนการทดสอบแบบ Complete randomized design (CRD) ซึ่งปรากฏผลดังนี้

การกำหนดสัญลักษณ์ดังนี้

A = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์

B = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซ็นต์

C = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซ็นต์

การกำหนดการให้คะแนนสำหรับผู้บริโภค

5 = ชอบมาก

4 = ชอบ

3 = เฉยๆ

2 = ไม่ชอบ

1 = ไม่ชอบมาก

ตารางภาคผนวก ข 1 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
1	4.2	4	4.2
2	3.4	4.2	4
3	3.6	4.4	4.2
4	3.4	4	4.2
5	3.8	4	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก 1 (ต่อ) แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด**

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
6	3.8	4.2	5
7	3.4	4.2	5
8	4	3.8	4.8
9	4.6	4.2	5
10	3.6	4	5
11	3.6	4.2	5
12	2.4	4.4	4.8
13	2.8	4.4	5
14	3	4.4	4.8
15	3.2	4.4	5
16	3	4.2	4.8
17	3	4	4.8
18	2.2	3.6	5
19	2.8	3.4	5
20	3.4	4	4.8
Total	67.2	82.4	94.4
Sample Mean	3.36	4.12	4.72

**ตารางภาคผนวก 2 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพดมีดังนี้**

**ANOVA**

SoV	Df	SS	MS	F - Value	F 0.05
Sample	2	21.83	10.96	99.27**	3.23
Judges	19	2.87	0.15	1.36 <sup>ns</sup>	2.00
Error	38	4.36	0.11		
Total	59	29.06			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก 3 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพด**

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
1	4	4.6	5
2	4	4.4	4.8
3	4.4	4.2	4.4
4	4	4.2	4.4
5	4.4	4.4	3.8
6	3.8	4	4
7	3.2	4.4	4
8	4.4	4	4.2
9	4.2	4.2	4
10	4.4	4	3.6
11	4.2	4.2	4
12	3.8	4.2	4
13	3.8	4.6	4.2
14	3.8	4.6	4.2
15	4.4	4.6	4
16	3.6	4.6	4.2
17	3.6	4.6	3.8
18	4.2	4.4	3.8
19	4	4.4	3.8
20	4.2	4.2	4
<b>Total</b>	<b>80.2</b>	<b>86.8</b>	<b>82.2</b>
<b>Sample Mean</b>	<b>4.02</b>	<b>4.31</b>	<b>4.11</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก 4** การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพดมีดังนี้

**ANOVA**

SoV	Df	SS	MS	F - Value	F 0.05
Sample	2	1.09	0.54	5.63**	3.23
Judges	19	1.47	0.07	0.79 <sup>ns</sup>	2.00
Error	38	3.68	0.097		
Total	59	6.25			

**ตารางภาคผนวก 5** แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
1	3	4.2	5
2	3	4.2	5
3	3.4	4.6	5
4	3	4.6	4.6
5	3.4	4.4	5
6	3.6	4.4	4.4
7	4	4.4	4.6
8	3	4.4	4.4
9	3.4	4.6	4.2
10	3	4.4	4
11	3.2	4	3.4
12	3	4.4	4
13	3	4.2	4
14	3.4	4.4	3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก 5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด**

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
15	3.4	4.2	4
16	3.4	4.4	3.8
17	3.8	4.2	4.2
18	3.4	4.2	4
19	3.2	4.2	4.2
20	3.2	4.2	4.4
Total	68.5	86.6	85.8
Sample Mean	3.26	4.33	4.29

**ตารางภาคผนวก 6 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพดมีดังนี้**

ANOVA

SoV	Df	SS	MS	F - Value	F 0.05
Sample	2	13.88	6.94	69.4**	3.23
Judges	19	2.41	0.13	1.26 <sup>ns</sup>	2.00
Error	38	3.83	0.10		
Total	59	20.12			

**ตารางภาคผนวก 8 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด**

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
1	3.8	4.2	4.2
2	4.4	4.2	4.2
3	4.6	4	4.6
4	4	4.4	4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก 8 (ต่อ) แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
5	3	4.4	4
6	3.8	4.6	4.2
7	4	4.2	4.6
8	3.4	4.4	4.4
9	4.4	4.6	4.4
10	4.2	4.2	4.6
11	3.6	4.4	4.8
12	3.8	4.4	4.8
13	4	4.4	4.6
14	3.8	4.6	4.6
15	3.8	4.2	4.6
16	3.6	4.2	4
17	3.8	4.4	4
18	3.2	4.8	4.4
19	4	4.4	4.4
20	3.8	4.6	4.2
Total	77	87.6	88.2
Sample Mean	3.85	4.38	4.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวก 9** การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพดมีดังนี้

## ANOVA

SoV	Df	SS	MS	F - Value	F 0.05
Sample	2	3.72	1.86	19.78**	3.23
Judges	19	1.26	0.06	0.70 <sup>ns</sup>	2.00
Error	38	3.56	0.09		
Total	59	8.54			

**ตารางภาคผนวก 10** แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพด

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
1	4	4.2	4.8
2	4.2	4.2	4.8
3	4	4.6	4.4
4	4	4.6	4.2
5	4	4.6	4.4
6	4.2	4.8	4.4
7	4	5	4.6
8	4	4.8	4.4
9	4.2	4.8	4.4
10	4.4	4.6	4.4
11	4.4	4.4	4.2
12	4	4.8	4.2
13	4.2	4.6	4.8
14	4.2	4.6	4.8
15	4	4.6	4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก 10 (ต่อ) แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพด

หมายเลขผู้ทดสอบชิม	ตัวอย่าง		
	A	B	C
16	4	4.6	4.8
17	4.2	4.8	4.8
18	4	4.8	4.6
19	4	5	4.4
20	4	4.8	4.6
Total	82	93.2	90.6
Sample Mean	4.1	4.66	4.53

ตารางภาคผนวก 11 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพดมีดังนี้

ANOVA

SoV	Df	SS	MS	F - Value	F 0.05
Sample	2	3.45	4.72	43.12**	3.23
Judges	19	6.49	0.34	8.5	2.00
Error	38	1.66	0.14		
Total	59	11.59			

จากการวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ในคุณลักษณะต่างๆ ซึ่งค่าคำนวณได้ภายใน ตาราง ANOVA Analysis สามารถได้จากวิธีการดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณค่า Analysis of variance (CRD) ทดสอบการยอมรับทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด

1. การคำนวณค่า C.F. (Corection factor)

$$= \frac{(\text{Total})^2}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{(243.6)^2}{60}$$

$$= 989.02$$

## 2. การคำนวณหาค่า df (degree of freedom)

### 2.1 df, sample

$$= \text{จำนวนตัวอย่าง} - 1$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

### 2.2 df, Judges

$$= \text{จำนวนผู้ทดสอบ} - 1$$

$$= 20 - 1$$

$$= 19$$

### 2.3 df, total

$$= \text{จำนวนการตรวจ} - 1$$

$$= 60 - 1$$

$$= 59$$

### 2.4 df, error

$$= \text{df, total} - \text{df, judges} - \text{df, sample}$$

$$= 59 - 19 - 2$$

$$= 38$$

## 3. การคำนวณหา SS (Sum of square) ของตัวแปรทุกตัว ดังนี้

### 3.1 SS, sample

$$= \frac{(\text{ผลรวมของค่า Total ของแต่ละ sample})^2}{\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ sample}} - \text{C.F.}$$

$$= \frac{(67.2^2 + 82.4^2 + 94.4^2)}{20} - 989.02$$

$$= 21.83$$

### 3.2 SS, Judges

$$= \frac{(\text{ผลรวมของค่า Total ของแต่ละ judges})^2}{\text{จำนวนการตรวจ}} - \text{C.F.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 & \text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ Judges} \\
 & = \frac{(12.4^2 + 11.6^2 + 12.2^2 + \dots + 12.2^2) - 989.02}{3} \\
 & = 2.87
 \end{aligned}$$

### 3.3 SS, Total

$$\begin{aligned}
 & = (\text{ผลรวมของค่าการประเมินทุกค่า})^2 - \text{C.F.} \\
 & = (4.2^2 + 3.4^2 + 3.6^2 + \dots + 4.8^2) - \text{C.F.} \\
 & = 1,018.08 - 989.02 \\
 & = 29.06
 \end{aligned}$$

### 3.4 SS, error

$$\begin{aligned}
 & = \text{SS, total} - \text{SS, judges} - \text{SS, sample} \\
 & = 29.06 - 2.87 - 21.83 = 4.36
 \end{aligned}$$

## 4. ทห Ms (Mean square) ของทุกตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

### 4.1 Ms, sample

$$\begin{aligned}
 & = \frac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}} \\
 & = \frac{21.83}{2} \\
 & = 10.92
 \end{aligned}$$

### 4.2 Ms, judges

$$\begin{aligned}
 & = \frac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}} \\
 & = \frac{2.87}{19} \\
 & = 0.15
 \end{aligned}$$

### 4.3 Ms, error

$$\begin{aligned}
 & = \frac{\text{SS, error}}{\text{df, error}} \\
 & = \frac{4.36}{38}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.11$$

5. จำนวนค่า F (Variance ratio) ของ Simple และ Judges โดยจำแนกได้ดังนี้

#### 5.1 F, Sample

$$= \frac{\text{MS, sample}}{\text{MS, error}}$$

$$= \frac{10.92}{0.11}$$

$$= 99.27$$

#### 5.2 F, judges

$$= \frac{\text{MS, judges}}{\text{MS, error}}$$

$$= \frac{0.15}{0.11}$$

$$= 1.36$$

จากการคำนวณ F treatment ที่คำนวณได้ ในตารางที่ระดับ  $P = 0.05$  แสดงว่าตัวอย่าง ทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์  $P < 0.05$

เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าของตาราง ANOVA เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p \geq 0.05$ ) ในกรณีตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ( $p \leq 0.05$ ) ถ้าตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะต้องมีการเปรียบเทียบความแตกต่างกันของตัวอย่าง โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Rang Test แต่ในกรณีที่ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่มีความจำเป็นที่จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอย่าง วิธีการเปรียบเทียบในกรณีที่ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สามารถหาได้ดังนี้

1. เรียงคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับโดยรวมด้านสีตามลำดับจากมากไปหาน้อย

C (4.72)

B (4.12)

A (3.36)

2. คำนวณหาค่า Standard Error (SE) โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$= \sqrt{\frac{MS.Er}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.11}{20}}$$

$$= 0.005$$

3. ได้ค่า SE แล้วเปิดตารางหา Significant Studentized Range at 5 % โดยดูจากจำนวนตัวอย่าง และ ค่า df error

$$\text{ที่ } a = 3$$

$$df, \text{ Error} = 38$$

$$SE = 2.84$$

4. คำนวณหาค่า Least Significant Difference (LSD) โดยใช้สูตรการคำนวณ คือ

$$LSD = SE \times \text{Sig. Studentized Range}$$

$$= 0.005 \times 2.84$$

$$= 0.0142$$

โดยค่า LSD ที่ได้จะเป็นค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด ถ้าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละกลุ่มมากกว่าค่า LSD แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 2 มีความแตกต่างกันผลปรากฏดังนี้

$$C (4.72)^a \quad B (4.12)^a \quad A (3.36)^b$$