สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด

Corn milk yogurt of processing

โดย

นาย รักษพงศ์ มงคลเสริมสกุล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

วพ.
ร294ก
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47210
วัน, เดือน, ปี 24 มิ.ย. 2546

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

3440005533

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง การผลิตนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด

Corn milk yogurt Processing

ชื่อ-สกุล นาย รักษพงศ์ มงคลเสริมสกุล

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ชุติมา 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 แล้วจดบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ทดสอบ และทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง และนำมาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำ 10 องศาเซลเซียส โดยวิธี Hedonic Rating Scales test โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 20 คน และใช้แบบประเมินผลแบบ 5 - point Hedonic Scale ทำการทดลอง 3 ตัวอย่าง ๆละ 5 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์โดยวิธี Analysis of Variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่านมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเดิร์ด ไม่มีการแตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและรสชาติที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการแนะนำและตรวจทานแก้ไขจาก อาจารย์ ชุติมา สังข์พาลี อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษขอบคุณอาจารย์ในสาขาวิชาทุกท่านที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง และขอบคุณเพื่อนๆในสาขาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน โดยเฉพาะ น.ส. ศิรกาญจน์ แพทย์ศาสตร์ น.ส. อัจฉราพร แสวงผล น.ส. ศิริรัตน์ อุดมศิลป์ น.ส. อรวรรณ เกิดพุฒ น.ส. เดือนเพ็ญ ยอดผา น.ส. สุชาดา รองสาลี และ นาย สมยศ แก่นเพ็ชรที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษ ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบมอบความดีและคุณประโยชน์จากการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ แด่ บิดา-มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านกำลังสติปัญญา กำลังใจและกำลังทรัพย์ ให้แก่ข้าพเจ้าไว้ ณ โอกาสนี้

รักษพงศ์ มงคลเสริมสกุล

ตุลาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญ ..... ค

สารบัญตาราง..... ง

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 โยเกิต (Yogurt)..... 14

3. วัตถุดิบอุปกรณ์และวิธีการทดลอง 28

3.1 วัตถุดิบ..... 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของข้าวโพดชนิดต่างๆ	7
2	ขั้นตอนการทำน้ำนมข้าวโพด	30
3	ขั้นตอนการทำหัวเชื้อโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางที่	หน้า
1 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	46
2 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	47
3 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	48
4 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	49
5 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด..	49
6 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านรสชาติของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	50
7 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	50
8 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	52
9 แสดงข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมทางด้านการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	52
10 การวิเคราะห์แบบ ANOVA Analysis ของนมเปรี้ยวข้าวโพดในด้านการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวข้าวโพด.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

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

ในข้าวโพดประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส (sucrose) และส่วนน้อยจะเป็นพวกกลูโคส (glucose) ฟรุคโตส (fructose) และมอลโตส (maltose) ซึ่งน้ำตาลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลเหล่านี้เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (กฤษฎา สัมพันธารักษ์ , 2531 : 8)

ข้าวโพดมีประโยชน์และคุณค่าต่อร่างกาย เมื่อรับประทานอย่างสม่ำเสมอจะช่วยขับปัสสาวะ ลดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว ลดอาการบวมน้ำ 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 ภูหลำ, 2540 : 3)

การนำข้าวโพดมาแปรรูปเป็นนมเปรี้ยวเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ หรือผู้ที่รับประทานมังสวิรัติมีทางเลือกที่จะเลือกรับประทานนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด เพื่อประโยชน์และสุขภาพของร่างกาย ดังนั้น การทดลองนี้จึงทำการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพด เพื่อดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการนำน้ำนมข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในการผลิตนมเปรี้ยวต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ผู้บริโภคยอมรับ

ขอบเขตของปัญหา

ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด
2. สามารถเผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจศึกษา
3. สามารถนำนมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดไปเผยแพร่หรือนำไปประกอบอาชีพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวโพด (corn)

แหล่งกำเนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แหล่งกำเนิดของข้าวโพดหวานไม่สามารถจำเพาะเจาะจงได้ว่าเกิดขึ้นเมื่อใด ณ ที่ใด ยีนแฝง su ซึ่งกลายพันธุ์มาจากยีนข่ม su บนโครโมโซมแท่งที่4 อาจจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในหลายๆ เชื้อสาย (races) ของข้าวโพด การนำลักษณะความหวานดังกล่าวมาใช้ประโยชน์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการปลูกข้าวโพดหวานกระจายไปในแหล่งต่างๆ

ข้าวโพดพันธุ์แรกของอเมริกาในสมัยเมืองขึ้นชื่อพันธุ์ popoon น่าจะได้มาจากพวก Iroquois Indians ในปี 1779 ข้าวโพดหวานได้ถูกนำไปใส่ไว้ในรายการเมล็ดพันธุ์ (seed catalogs) เป็นครั้งแรกในปี 1828 อย่างไรก็ตามได้มีการตีพิมพ์เกี่ยวกับข้าวโพดหวานตั้งแต่ปี 1821 เกี่ยวกับความน่ารับปประทานของมันและได้รับการยกย่องว่าเป็นพืชผักที่อร่อยที่สุดดังนั้นจึงน่าเชื่อได้ว่าข้าวโพดหวานคงจะเป็นที่รู้จักอย่างดีอย่างน้อยก็ในปี 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)

ต้นข้าวโพดส่วนใหญ่จะมีลำต้นเดียวตั้งตรง ในกรณีที่ใช้อัตราปลูกต่ำ มีระยะระหว่างต้นหรือระหว่างแถวกว้าง หรือมีการนำข้าวโพดต่างสภาพแวดล้อมมาปลูก ข้าวโพดอาจสร้างแขนง (tiller) ขึ้นได้ แขนงที่เจริญเติบโตสูงขึ้นจะแข่งขันกับต้นหลัก และแขนงที่เกิดขึ้นมักจะสร้างช่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ทำให้เกิดมีกาบใบที่ใช้หุ้มฝักที่เรียกว่า husk จำนวนมาก ฝักของข้าวโพดเป็นช่อดอกแบบ spike ที่มีดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่เรียงเป็นแถวอยู่บนส่วนของซัง (cob) 1 spikelet จะประกอบด้วย 2 floret แต่มีเพียง floret เดียวที่สามารถรับการผสมพันธุ์ได้ ก้านเกสรตัวเมีย (style) เรียกว่าไหม (silk) เป็นส่วนที่ยืดยาวจากรังไข่ (ovary) ไหมแต่ละเส้นจะมีปุ่มขนที่สามารถรับละอองเกสรตัวผู้ได้ตลอดความยาวของเส้นไหม ไหมบริเวณส่วนโคนฝักจะเกิดขึ้นก่อน ตามด้วยส่วนกลางฝัก แต่ไหมของบริเวณกลางฝักจะยืดตัวโผล่พ้นกาบหุ้มฝักอ่อน 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 ทำให้เมล็ดของข้าวโพดที่ติดบนซังเกิดเป็นแถวคู่ด้วย โดยปกติมีจำนวนได้ตั้งแต่ 12 ถึง 20 แถว ก้านของเมล็ดที่ติดกับซัง (spikelet axis) เรียกว่า rachilla จะมีส่วนของแผ่นกาบ (glume) ที่เรียกว่า chaff สีขาวใสติดอยู่

เมื่อรังไข่ของข้าวโพดได้รับการผสมเกสร ข้าวโพดจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรทไว้ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม (endosperm) และมีการพัฒนาส่วนของคัพภะ (embryo) เพื่อที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป การสะสมแป้งในส่วนของ endosperm จะสิ้นสุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) โดยจะปรากฏแผ่นเยื่อสีดำหรือน้ำตาลดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(black layer) ที่บริเวณโคนของเมล็ด ส่วนของ embryo ที่ได้รับการพัฒนามาเต็มที่จะปรากฏว่าภายในมีส่วนราก (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 prymary root และ lateral root จะเป็นราก ชั่วคราว (seminal root) มีอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ ในระหว่างที่ต้นกล้าของข้าวโพดเริ่มเจริญเติบโตที่บริเวณข้อที่ 2 (coleoptilar node) ซึ่งอยู่บริเวณส่วนของปลายของปล้องแรก (mesocotyl) จะปรากฏว่ามีการพัฒนารากที่เป็นประเภทรากถาวร (aventitious 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 เหลืองหรือขาว อาหารที่เก็บสะสมใน endosperm ส่วนใหญ่เป็นแป้งซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

4.1 แป้งอ่อน (soft starch) เป็นแป้งซึ่งรวมกันอยู่อย่างหลวม ๆ โดยมากพบที่ส่วนบนหรือส่วนกลางของเมล็ด มีสีขาวขุ่น

4.2 แป้งแข็ง (hard starch) เป็นแป้งซึ่งอยู่รวมกันแน่น พบที่ด้านข้างและด้านบนเมล็ด มีลักษณะค่อนข้างใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Embryo ส่วนนี้มีลักษณะเป็นมัน (oily portion) อยู่ค่อนไปหาด้านล่างของเมล็ด โดยฝังตัวอยู่ทางด้านหนึ่งของ endosperm ประกอบด้วยแกนกลาง (central axis) ปลายข้างหนึ่ง คือ 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 ทำให้ข้าวโพดมีความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโตและอายุการเก็บเกี่ยว ลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของข้าวโพดได้ ดังต่อไปนี้ (ราเชนท์ ถิรพร, 2539: 11)

1. การจำแนกตามลักษณะของเมล็ด

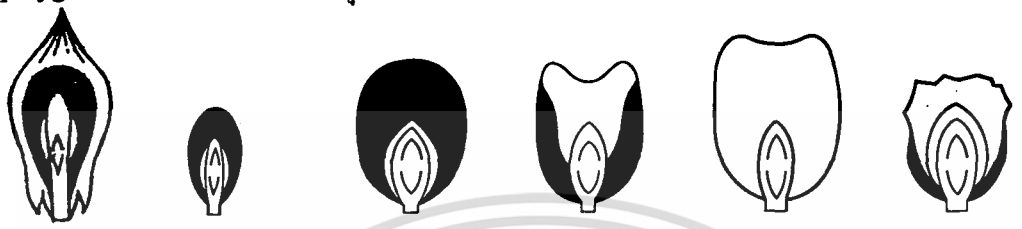
ภายในเมล็ดของข้าวโพดจะประกอบไปด้วย แป้ง 2 ชนิด คือ แป้ง(hard starch หรือ horny starch) และแป้งอ่อน (soft starch) อาศัยตำแหน่งของแป้งแต่ละชนิดในเมล็ดและลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ด (glume) สามารถจำแนกข้าวโพดออกได้เป็น 7 ชนิด คือ

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 อาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ gene คู่เดียว เช่น ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) ถูกควบคุมด้วย gene "Fl" 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



pod corn pop corn flint corn dent corn flour corn sweet corn

ภาพที่ 1 ลักษณะของข้าวโพดชนิดต่างๆ

1.1 Pod corn (ข้าวโพดป่า) เป็นข้าวโพดชนิดเก่าแก่ พบว่า มีปลูกในแถบอเมริกากลางและใต้ ซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของข้าวโพด เมล็ด pod corn ทุกเมล็ดบนฝักจะมีเปลือกที่หุ้มเมล็ดอย่างมิดชิดเหมือนๆ กับเมล็ดหญ้า และยังมีกาบหุ้มฝัก (husk) หุ้มอีกชั้นหนึ่ง เมล็ดภายในเปลือกมีสีต่างๆหหรือเป็นลาย 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 เมล็ดมีรูปร่างเรียวแหลมคล้ายเมล็ดข้าว

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 มีสีต่าง ๆ ได้แก่ เหลือง เหลืองส้ม ขาว และ ดำ เป็นต้น

1.4 Dent corn (ข้าวโพดหัวบุบ)เป็นข้าวโพดที่มีส่วนของแป้งอ่อนอยู่ด้านบนของเมล็ด ส่วนแป้งแข็งจะอยู่ด้านล่างและด้านข้าง เมื่อข้าวโพดแก่จะมีการสูญเสียความชื้นของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้แป้งอ่อนหดตัว ด้านบนของเมล็ดจึงเป็นรอยบุบ ข้าวโพดชนิดนี้จึงถูกเรียกว่าข้าวโพดหัวบุบ มีหลายสีเช่นเดียวกับข้าวโพดหัวแข็ง dent corn จัดอยู่ใน sub species indentata

1.5 Flour corn (ข้าวโพดแป้งอ่อน) เป็นข้าวโพดที่เมล็ดมีแป้งอ่อนเป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมด มีส่วนแป้งแข็งเป็นชั้นบาง ๆ ข้างในเมล็ด เมื่อข้าวโพดแก่การหดตัวของแป้งในเมล็ดจะเท่า ๆ กันโดยรอบ จึงคงรูปร่างเหมือนข้าวโพดหัวแข็ง แต่มีลักษณะทึบแสง (opaque) flour corn ถูกควบคุมโดย recessive gene "fl" จัดอยู่ใน sub species amylacea

1.6 Sweet corn (ข้าวโพดหวาน) เป็นข้าวโพดที่มีส่วนน้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปเป็นแป้งไม่สมบูรณ์ ทำให้เมล็ดก่อนสุกแก่มีความหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ๆ และเมื่อแก่จะมีลักษณะเหี่ยวย่น sweet corn ถูกควบคุมโดยคู่ของ recessive gene ที่แตกต่างกันหลายกลุ่มได้แก่ sugary "su" ข้าวโพดชนิดนี้เมล็ดจะใส ส่วนข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดย gene shrunken 2 "sh_2" 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"O_2" 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 อิริพร,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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรทและน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดพันธุ์ Golden Cross Bantan ที่ระดับอายุระดับต่าง ๆ กัน

ชนิดของข้าวโพด	อายุเมล็ด (วัน)	รีดิวซิงซูการ์ b	ซูโครส b	น้ำตาลทั้งหมด b	WSP b,c	แป้ง b	คาร์โบไฮเดรททั้งหมด 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 - ผลรวมของรีดิวซิ่งซูการ์ + ซูโครส + WSP + แป้ง เป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง

e - คิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง

ที่มา : (Creech :37)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนข้าวโพด (corn protein)

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

1. Alumin ละลายได้ในน้ำ 3.2 %
2. Globumin ละลายได้ในน้ำเกลือ 1.5 %
3. Prolamine ละลายได้ใน ethanol alcohol 70-80 % ได้ 47.2 %
4. Glutelin ละลายในสารละลายด่างได้ 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 ที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบของเมล็ดข้าวโพดได้แก่ fat, wax, phosphatide cereboside steroid และ carotenoid สารประกอบเหล่านี้สามารถละลายได้ดีใน ether, chloroform หรือตัวทำละลายไขมันอื่น ๆ น้ำมันในเมล็ดข้าวโพดส่วนใหญ่ (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 , fructrose 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

emdosperm ได้แก่ ไนอะซีน กรดแพนโทธินิค ไรโบฟลาวีน และไธลามีน เป็นต้น ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมันของข้าวโพด ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี

เม็ดสี (pigment)

สีของเมล็ดข้าวโพดเกิดจากวัตถุที่เป็นองค์ประกอบของ endosperm ได้แก่ carotene ซึ่งเป็นตัวที่แสดงสีในวิตามินเอในไขมันน้ำนม และไขมันที่ติดกับหนังสัตว์ ส่วน lutein และ zeaxanthin จะให้สีแดงแก่ไข่และสีเหลืองกับหนังและน่องไก่

ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีน (β - Carotein)

เบต้าแคโรทีนมีคุณค่าต่อร่างกาย คือ เป็นสารตั้งต้นในการสร้างวิตามินเอ ช่วยให้มองเห็นในที่มืดสลัวได้ดี ช่วยรักษาสภาวะของเยื่อบุตาขาว กระจกตาให้เป็นปกติ ป้องกันการเกิดต้อกระจกในผู้สูงอายุ เบต้าแคโรทีนมีคุณสมบัติเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ (Antioxidant) ที่คอยกำจัดอนุมูลอิสระ จึงป้องกันการเกิดมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งในช่องปาก , กล่องเสียง , ตับ กระเพาะอาหาร , ช่วยทำให้ระบบคุ้มกันของร่างกายมีสภาพสมบูรณ์แข็งแรง , รักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคอิริโธรพอยอิติกโปรโตพอร์ฟียเรีย , ใช้ในการปลูกเปลี่ยนอวัยวะ , เป็นสารให้สีกับพวกอาหารไขมัน , ใช้เป็นสีเคลือบเม็ดยา หรือใช้ในเป็นสีผสมในเครื่องสำอาง , ใช้ผสมอาหารสัตว์ โดยพบว่าปริมาณของเบต้าแคโรทีน สามารถทำลายความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในปอดได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม เบต้าแคโรทีนเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย โดยเฉพาะจากกระบวนการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนสูง (ดนิดา ราชปัก, 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 ข้าวโพดชนิดนี้จะให้ผลผลิตสูงเนื่องจากได้รับอุณหภูมิกลางคืนที่ค่อนข้างต่ำ และได้รับช่วงแสงยาว เมื่อนำมาปลูกในเขตอากาศร้อนจะออกดอกเร็ว และให้ผลผลิตต่ำ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Tropical maize เป็นข้าวโพดในเขตอากาศร้อน ตั้งแต่ระดับเส้นสูญสูตรถึง 20 องศาเหนือและใต้ เจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศร้อนของทวีปอาฟริกา อเมริกาใต้ และเอเซีย ข้าวโพดเขตร้อนมีทั้งที่ปลูกในที่สูงจากระดับน้ำทะเล (high land maize) และข้าวโพดที่ปลูกกันในพื้นที่ราบต่ำ (tropical lowland maize)

4. จำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว

ข้าวโพดเขตอากาศร้อน โดยเฉพาะ tropical lowland maize จะมีอายุเก็บเกี่ยวเมล็ดแก่ที่แตกต่างกันตามพันธุกรรม 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

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

ตารางที่ 4 แสดงการจำแนกอายุเก็บเกี่ยวข้าวโพดในเขตอากาศอบอุ่น

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์

เมล็ดข้าวโพดและส่วนอื่น ๆ ของต้นข้าวโพดสมารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายชนิด 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 ส่วนการสุกแก่เก็บเกี่ยวหมายถึง การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ความชื้นของเมล็ดต่ำกว่าร้อยละ 25 ถ้าสังเกตภายนอกจะเห็นว่ากาบหุ้มฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้ง โดยปกติข้าวโพดจะแก่เก็บเกี่ยวได้ที่อายุประมาณ 90-120 วัน ขึ้นกับอยู่พันธุ์ของข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติจะเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อข้าวโพดแก่จัด หรือปล่อยให้เมล็ดแห้งในแปลงให้นานที่สุดแล้วจึงเริ่มเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทุ่นเวลาในการตากหรือลดความชื้นของเมล็ด ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสามารถใช้แรงงานคน หรือใช้เครื่องเก็บเกี่ยวชนิดกะเทาะเมล็ดในตัวเอง (combine harvester)

2.2 โยเกิต (Yogurt)

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

ตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางอาหารและปริมาณแคลอรี่ ต่อโยเกิร์ต 100 กรัม

น้ำหนัก (กรัม) ต่อ โยเกิร์ต 100 กรัม			แคลอรี่ต่อ
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 คุณค่าของนมเปรี้ยวเปรียบเทียบกับนมสด

รายการ	นมสด	โยเกิร์ต
แคลอรี่	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 : อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์, 2534 : 94

ผู้ที่บริโภคนมเปรี้ยวเป็นประจำจะมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงและอายุยืน โดยคุณประโยชน์ของนมเปรี้ยวสามารถสรุปได้ดังนี้ (พิษณุ วิเชียรสวรรค์, 2533)

1. ช่วยระบบย่อย แก้ปัญหาท้องผูก หยุดอาการท้องร่วง คนสูงอายุยังจะมีกรดในกระเพาะน้อย กรดแลคติกในโยเกิร์ตจะเข้าไปแทนที่กรดในกระเพาะที่ขาดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนสูงอายุทำให้การย่อยดีขึ้น

2. มีวิตามินบีมาก ช่วยให้มีภูมิต้านทานโรคและสร้างเม็ดเลือด ทั้งยังช่วยให้อารมณ์แจ่มใส

3. มีแคลเซียมมาก ทำให้คนแก่ช้าลง และทำให้ฟันและกระดูกแข็งแรง

4. ทำลายวิตามินซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในลำไส้ที่ทำให้เกิดการแพ้ต่าง ๆ เช่น ลมพิษ เป็นต้น

5. ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเชื่อกันว่าสารเคมีที่มีชื่อว่า ไฮดร็อกซีเมธิลกลูตาเรต (Hydroxy Methylglutarate) ที่ได้จากการสร้างของเชื้อนมเปรี้ยว ซึ่งสารนี้จะมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์คอลเลสเตอรอลในร่างกาย

แบคทีเรียในโยเกิร์ต (Bacteria in yogurt)

แบคทีเรียที่เป็นเชื้อหลักในการเริ่มต้น (mother culture) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้แก่ *Streptococus thermophillus* และ *Lactobacillus bulgaricus* โดยการใช้แบคทีเรียทั้งสองร่วมกันในการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในนมทำให้สร้างกรด Lactic ของแบคทีเรียดีขึ้น เนื่องจากทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนของโปรตีนในนมเร็วขึ้น โดยการผลิตกรดแลคติกมิได้เกิดจากการหมักน้ำตาลแลคโตสโดยตรงหากเกิดจากแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus* ผลิตเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส (β - galactosidase) เพื่อไฮโดร์ไลซ์โปรตีนในนมให้ได้กรดอะมิโน เช่น ฮีสติดีน (histidine) ไกลซีน (glycine) และ วาลีน (valine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญต่อการเจริญของ *Streptococcus thermophillus* การสร้างกรดฟอร์มิค (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 บุรพลชัย, 2531 : 15)

การผลิตกรดแลคติกของแบคทีเรียทั้งสองชนิดจะอยู่ในรูป L (+) – Lactic acid ซึ่งผลิตโดย *Streptococcus thermophillus* และ D (-) – Lactic acid ที่เกิดขึ้นจะมี 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือจะเป็น D (-) – Lactic acid ซึ่งแบคทีเรียทั้งสองชนิดยังสร้างสารอื่น ๆ ที่มีผลต่อกลิ่นรสของ โยเกิร์ต ได้แก่ อะซิตัลดีไฮด์ (acetaldhyde) อะซิโตน (acetone) สร้างสารพวก volatile acids เช่น กรดฟอร์มิค กรดบิวทีริค กรดอะซีติก ฯลฯ

แบคทีเรียมีความสำคัญอย่างมากในการผลิตโยเกิร์ต เนื่องจากเป็นตัวสร้างกรดแลคติกและสร้างสารที่ทำให้เกิดกลิ่น รสเฉพาะตัวของโยเกิร์ต ซึ่งแบคทีเรียดังกล่าวคือ *Streptococus thermophillus* และ *Lactobacillus bulgaricus* นั้นเอง อย่างไรก็ตามนอกจากแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้แล้วก็ยังมีแบคทีเรียตัวอื่นๆ ที่มีความสามารถในการสร้างกรดแลกติกได้เช่นกัน เช่น L. jugurti, L. lactis, L. acidophilus, S. lactis เป็นต้น แต่สาเหตุที่ไม่เป็นที่นิยมในการใช้เป็นหัวเชื้อโยเกิร์ตทั่วๆ ไป 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)

การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่นม (SNF) ในนม

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
47210

ผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตยิ่งสูงผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จะมีความหนืดมากขึ้นตามไปด้วยโยเกิร์ตที่มีคุณภาพดีได้จากนมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid หรือ TS) เท่ากับ 15 – 16% ซึ่งจะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มี TS 14 – 15% อย่างไรก็ตามถ้า TS ในของผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ตสูงกว่า 25% ขึ้นไป จะทำให้ความชื้นลดลงและมีผลให้กิจกรรมของเชื้อลดลงด้วย การเพิ่มปริมาณของแข็งอาจกระทำได้โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ 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 synersis ลดลง คุณสมบัติที่ดีของสารคงตัวคือ ไม่มีกลิ่น มีประสิทธิภาพสูงในช่วง pH ต่ำ และกระจายตัวได้ดีในอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักนม สำหรับสารเคมีที่นิยมใช้เป็นสารคงตัว เช่น เจลาติน vegetable gums (carboxymethyl cellulose, locusbean และ guar) และ seaweed gums (alginates และ carrageenans) เป็นต้น สารคงตัวเหล่านี้อาจใช้เพียงสารประกอบชนิดเดียว หรือสารประกอบผสมหลายตัวซึ่งสารประกอบแบบหลังจะเป็นที่นิยมในการค้ามาก เนื่องจากสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหลายชนิดนั่นเอง

การเติมสารให้ความหวาน

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

นอกจากนี้อาจมีการเติมสารประกอบอื่น ๆ ลงในนมด้วย เช่น สารกันเสีย หรือ เพนิซิลลิเนสที่ใช้ทำลายสภาพของสารปฏิชีวนะเพนิซิลเลี่ยม เพื่อให้นมเหมาะสมต่อการผลิตโยเกิร์ตมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization)

หลังการปรับส่วนผสมของนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการแล้ว การนำนมที่ปรับแล้วมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันจะมีผลต่อคุณภาพของนม ในด้านการเป็นสารอิมัลชั่นที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการให้นมผ่านเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ด้วยความเร็วสูงโดยผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ภายใต้ความดันสูง ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมทางด้านเคมีและกายภาพที่จะนำไปเตรียมโยเกิร์ต

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันมีผลทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมทีผิวหน้า หรือการแยกชั้นของน้ำหางนม (wheying – off) สำหรับการเลือกใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์แบบ 1 หรือ 2 stage จะขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ในนมที่ปรับองค์ประกอบแล้ว ภาพที่ 5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องโฮโมจีไนซ์ที่เป็น 2 stage แต่โดยทั่วไปนมโยเกิร์ตจะใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์ที่มีเพียง 1 stage ที่มีอุณหภูมิ 50 – 70 องศาเซลเซียส และมีความดันระหว่าง 1,500 – 2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิตย์, 2531:196)

การให้ความร้อน (heat treatment)

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากเพิ่มความเข้มข้นของนมแล้วยังมีผลต่อการผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต การให้ความร้อนแก่นมมีจุดประสงค์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหมัก (fermentation process)

นมที่ผ่านการให้ความร้อน จะต้องทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 40-45 องศาเซลเซียส การถ่ายหัวเชื้อโยเกิร์ตลงในส่วนผสมจะต้องทำด้วยวิธีการปลอดเชื้อ (Aseptic technique) โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อจาก Starter Culture 5-10 เปอร์เซ็นต์ หัวเชื้อโยเกิร์ตจะประกอบด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์ผสมของ *Lactobacillus bulgricus* 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 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิของเชื้อที่ใช้ด้วย สำหรับอีกวิธีหนึ่งเป็นการบ่มที่ใช้เวลานานประมาณ 16-18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่าจนได้ปริมาณกรดที่ต้องการ

ในช่วงการบ่มนี้ แบคทีเรียจะทำการย่อยน้ำตาลแลคโตสในส่วนผสมและสร้างกรด แลคติกขึ้นทำให้โมเลกุลของเคซีนเกิดการรวมตัวและเกิดเป็น curd ขึ้นที่ pH 4.6-4.7 ซึ่งเป็นจุด isoelectric point ของน้ำนม หลังนั้นจะบ่มต่อเพื่อให้ pH ลดลงอีกประมาณ 4.2-4.4 โดยใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง ลักษณะ curd ที่ได้จะเรียบเนียน ไม่เกิดการแยกตัวของน้ำเวย์ออกมา

การเกิดเจลของโยเกิร์ต

เป็นผลจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและกายภาพในนม ดังมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. หัวเชื้อโยเกิร์ตใช้น้ำตาลแลคโตสในนมเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและทำการหมักในกรดแลคติกและสารประกอบอื่น ๆ ออกมา กรดแลคติกที่สร้างขึ้นเรื่อย ๆ นี้ จะสลายสภาพความคงตัวของอนุภาคเคซีอีน (casein micelle) และทำให้สารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีนในน้ำหางนมสูญเสียสภาพธรรมชาติไปด้วย

2. เกิดการรวมตัวของ casein micelles และ/หรือกลุ่มของ micelles ย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และเกิดการตกตะกอนบางส่วน (coalesce) ออกมา ในขณะที่ความเป็นกรด – ด่างใกล้จุด isoelectric คือระหว่าง pH 4.6 – 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกิดปฏิกิริยาระหว่าง แอลฟา – แลคตาลบูมิน / บีตา – แลคโตโกลบูลินซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่ในหางน้ำนมกับเคซีอีน ทำให้เกิด casein micelle ที่มีความคงตัวมากขึ้น ดังนั้นร่างแหของเจลที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่แน่นอนนี้ สามารถจับกับองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต รวมทั้งน้ำให้อยู่ในโครงสร้างดังกล่าวด้วย

การทำความเย็น (cooling)

การทำให้โยเกิร์ตเย็นจนมีอุณภูมิต่ำกว่า 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) โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะของเคิร์ตที่มีสีขาวนวล กลิ่นหอมและมีเนื้อสัมผัสที่ละเอียด ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

2. นมผง โดยทั่วไปน้ำนมจะมี Solid non fat (SNF) ประมาณ 9 – 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำมาทำเป็นโยเกิร์ตแล้วจะมีลักษณะเละ และอาจเกิดปรากฏการณ์แยกตัวของเวย์ (wheying off) คือส่วนที่เป็นน้ำแยกตัวออกจากส่วนที่เป็นลิ่ม อันเป็นสัญลักษณ์ที่ไม่ดีของโยเกิร์ต ปัญหานี้แก้ได้โดยการเติมนมผงขาดมันเนย เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ SNF ให้ถึง 14 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปทางการค้านิยมใช้หางนมผง อัตราส่วนที่ผสมหางนมผงจะอยู่ในช่วง 1 – 6 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับที่เหมาะสมคือ 3 – 4 เปอร์เซ็นต์ เพราะการใช้หางนมมากเกินไป จะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะของเนื้อสัมผัสเป็นแป้งหรือผง (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 เถ้า 0.80 เปอร์เซ็นต์ เพราะเหตุที่หางนมมีน้ำมากและมีอาหารเพียงพอที่แบคทีเรียจะเจริญได้จึงทำให้หางนมมีการเน่าเสียได้ง่าย แต่เมื่อนำมาทำเป็นโยเกิร์ตแล้วหางนมจะมีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531)

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

5. เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้มักใช้ส่วนผสมของเชื้อ *L. bulgaricus* และเชื้อ *S. thermophillus* ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1 ในปริมาณ 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ แบคทีเรียเหล่านี้เจริญได้ดี ในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตเนียนน่ารับประทาน (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิตย์, 2531 : 200)

6. น้ำผลไม้ การเติมผลไม้ลงไปในโยเกิร์ต เป็นการช่วยเพิ่มรสชาติของโยเกิร์ต ทำให้น่ารับประทานและช่วยจูงใจผู้ซื้อ ผลไม้ที่ใช้อาจเป็นผลไม้สดซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อและแช่แข็ง หรือผลไม้บรรจุในน้ำเชื่อมที่ขายในท้องตลาด โดยจะต้องปราศจากยีสต์และรา ไม่มีสารแปลกปลอม และความเป็นกรด – ด่างต้องไม่ต่ำกว่า 3.0 (สุชาดา สังข์พันธุ์, 2538 : 16)

7. สีและกลิ่น (Color & Flavor) ใส่เพื่อปรุงแต่งโยเกิร์ตให้ชวนรับประทานมากขึ้น โดยเน้นให้เหมือนกับธรรมชาติ โดยอาจใช้สารหรือกลิ่นที่ได้จากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ (สุชาดา สังข์พันธุ์,2538 : 16)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดี

ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดีพอจะสังเกตได้ดังนี้คือ

1. เคริ์ด (curd เป็นตะกอนลิ่มสีขาวนวล) ของนมเปรี้ยวต้องเป็นเคริ์ดที่เข็งตัวไม่อ่อนเหลว)
2. เคริ์ดของนมเปรี้ยวต้องไม่หดตัวเป็นก้อนแยกอยู่ต่างหาก
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. น้ำนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้นต้องมีคุณภาพดีปราศจากสารปฏิชีวนะ (Antibiotics) และมีสารที่มีผลในการทำลายแบคทีเรีย (Bactericidal Substances) อื่นๆ รวมทั้งเม็ดเลือดขาว (Leucocytes) ชนิดของน้ำนมอาจจะใช้นมสด หางนม หรือครีมขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ต้องการผลิตซึ่งน้ำนมที่เหมาะสมจะใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ควรมีลักษณะดังนี้

1.1 มีคุณภาพสูง

1.2 กลิ่นและรสปกติ

1.3 องค์ประกอบทางเคมีปกติ

1.4 ปราศจากตะกอน หรือ ฝุ่นผง

1.5 ปริมาณแบคทีเรียต่ำ

1.6 ปราศจากสารปฏิชีวนะ (Antibiltics) หรือ สารยับยั้ง (Inhibitory substances) อื่นๆ รวมทั้งสารกันบูด (Preservatives)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่างๆที่อยู่ในน้ำนม

2.2 เป็นการไล่อากาศออก

2.3 ทำให้น้ำนมมีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก

2.4 ทำให้องค์ประกอบบางอย่างของน้ำนมแตกตัวและชักนำให้เกิดเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่าง

3. เครื่องที่ใช้ต่างๆต้องสะอาด และผ่านการฆ่าเชื้อ

4. หัวเชื้อบริสุทธิ์ (Pure Culture) ต้องมีคุณภาพดีและมีความสมดุลของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ หัวเชื้อที่ใช้จัดเป็นพวก High Lactic Acid Producing ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophillus* ซึ่งโดยทั่วไปเป็นนิยมใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ส่วนหัวเชื้อชนิดพิเศษเรียกว่า Biograde Yogurt ประกอบด้วย *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophillus* และ *Lactobacillus acidophillus* จะทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีรูปร่าง รส และ กลิ่น รวมทั้งอายุการเก็บดีกว่าโยเกิร์ตที่ใช้หัวเชื้อโดยทั่วไป

5. ปริมาณของหัวเชื้อ ที่ใช้ในการหมัก ตามปกติจะเติมหัวเชื้อประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ ขณะเดียวกันอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มต้องเหมาะสม คือใช้อุณหภูมิในการบ่ม 42-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆจนอุณหภูมิสุดท้ายอยู่ระหว่าง 7-10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจะมีความเป็นกรดประมาณ 0.85-0.90 เปอร์เซ็นต์ มี pH ระหว่าง 4.4-4.6

6. ความระมัดระวังในการบรรจุ ภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงและปราศจากตำหนิ โดยภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับใส่โยเกิร์ตจะเป็นภาชนะพลาสติกโดยส่วนใหญ่เป็นพวก Polystyrene

7. การหลีกเลี่ยงการเขย่าภาชนะหรือการสั่นสะเทือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างการบ่มเพื่อให้เกิดตะกอนนม

8. ภายหลังจากเสร็จสิ้นการผลิตแล้ว จะต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิดังกล่าวผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษา (Shelf – life) ประมาณ 14 วัน

9. ความระมัดระวังในการขนส่งหรือเคลื่อนย้าย ไม่ให้เกิดการกระทบกระเทือนมากนัก เพราะจะทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะไม่เรียบและเสียรูปทรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และมีจำนวนมากว่าเชื้อ Lactobacilli ขณะที่ในช่วงท้ายของการหมักเชื้อ Lactobacilli จะเจริญได้ดีกว่าเชื้อ Streptococci ทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีอัตราส่วนของเชื้อใกล้เคียงกัน

6. การใช้ปริมาณความร้อนในการฆ่าเชื้อน้ำนมสูง จะเกิดการแตกตัวของสารโพลีเมอร์ทำให้น้ำนมมีความเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อ Lactobacilli อีกทั้งออกซิเจนบางส่วนถูกกำจัดออกไป

ความบกพร่องของนมเปรี้ยว

1. เมื่อบ่มครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นมไม่ยอมาขึ้นเคร็ด เป็นเพราะเชื้อนมเปรี้ยวอ่อนแอหรือ อุณหภูมิที่ใช้บ่มสูงกว่า 45 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส หรือนมที่นำมาผลิตเป็นนมแมสไตติสหรือมีสารปฏิชีวนะ เช่น เพนนิซิลินปะปนมา

2. เคร็ดของนมเปรี้ยวเป็นเคร็ดที่อ่อน (Weak curd) เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตเป็นนมประเภทผิดปกติ (Abnormal milk) หรือการอุ่นนมใช้ความร้อนสูงเกินไป

3. นมเปรี้ยวมีรสชาติไม่ดี เป็นเพราะนมที่นำมาผลิตนั้นมีคุณภาพไม่ดี หรือเชื้อนมเปรี้ยวไม่บริสุทธิ์ (เอกชัย ไตรพิศ, 2539 : 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาโยเกิร์ต

จะต้องเก็บรักษาโยเกิร์ตไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส (เหมาะสมที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) ซึ่งจะเก็บไว้ได้ประมาณ 14 – 28 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสุขลักษณะในการผลิต เทคนิคการผลิต ชนิดของภาชนะบรรจุ อุณหภูมิที่เก็บรักษาและการใช้สารกันเสีย ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ต จะเพิ่มมากขึ้นจะทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป 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	- ตรวจดูคุณภาพของนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ที่มา : Robinson and Tamine, 1985

ปัญหาที่พบในการผลิตโยเกิร์ต

1. ลักษณะของเนื้อสัมผัสผิดปกติ (Texture defect)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลิ่นรสที่ผิดปกติ (Flavor defect)

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

สรรพคุณของโยเกิร์ตที่พบประกอบด้วย

ความเป็นกรด ช่วยย่อยอาหารเหมาะสำหรับคนที่มีกระเพาะอ่อน หรือคนสูงอายุ วิตามินบี ช่วยให้ผิวพรรณผ่องใส จิตใจสบายไม่หงุดหงิด มีภูมิต้านทานโรคสูงจะช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ยังช่วยสร้างอินสิทอล ซึ่งเป็นสารช่วยป้องกันผมร่วงเป็นจุดที่ช่วยชะลอความชรา

แคลเซียมทำฟันและกระดูกแข็งแรง ป้องกันการเป็นตะคริว นมเปรี้ยว 1 ถ้วย จะช่วยให้นอนหลับสบาย จึงใช้เป็นยานอนหลับได้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

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

3.2 สารเคมี

โซเดียมไฮดรอกไซด์

ฟีนอล์ฟทาลีน

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์สำหรับการทำน้ำนมข้าวโพด

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับตรวจสอบทางเคมี

1. กระบอกตวง
2. ฟลาส
3. ปิเปต
4. บีกเกอร์
5. บิวเรต
6. น้ำกลั่น
7. บัฟเฟอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1. ช้อนพลาสติก
2. แบบสอบถาม

3.4 วิธีการดำเนินการทดลอง

1. ขั้นตอนการทำน้ำนมข้าวโพด

1.1 นำข้าวโพดฝักสด 1 กิโลกรัม มาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำมาตัดแต่ง แกะเอาแต่เมล็ด

1.2 นำไปแช่น้ำ แล้วนำมาปั่นกับน้ำสะอาดด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด

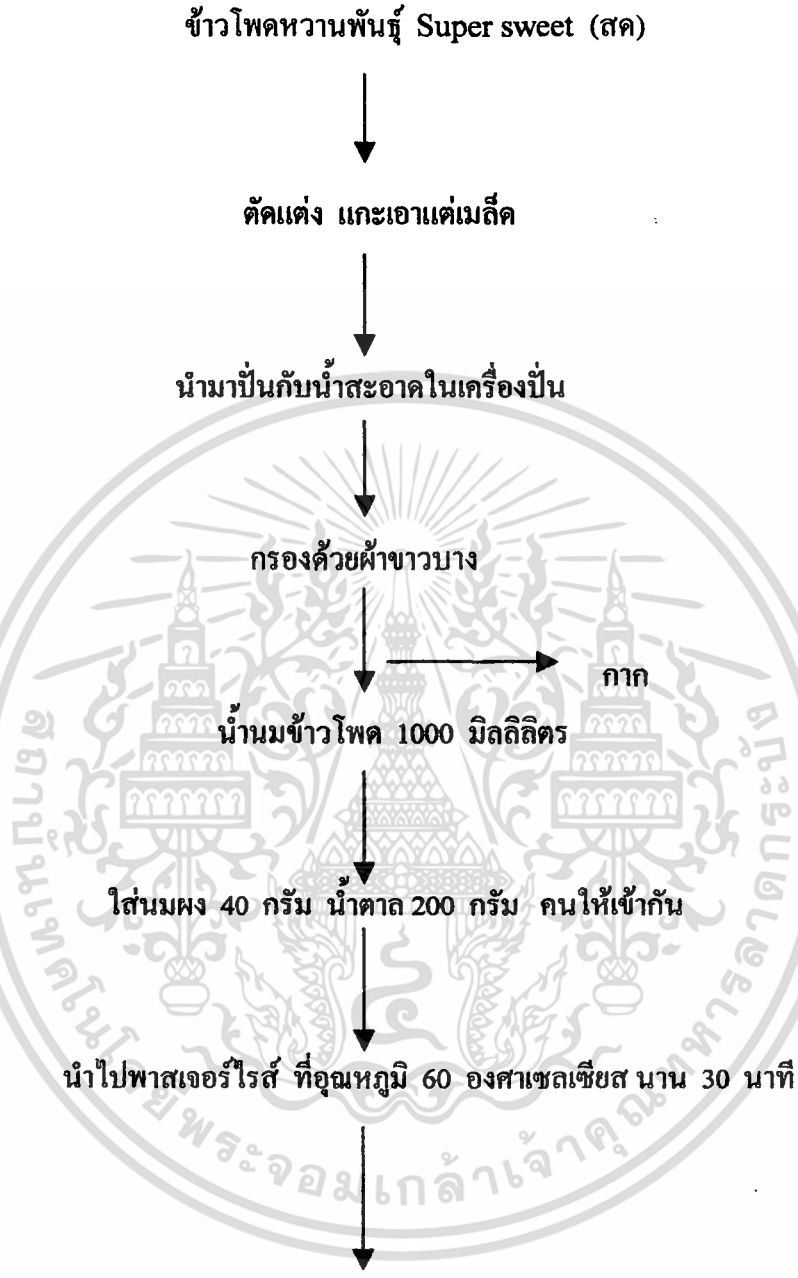
1.3 นำไปกรองบนผ้าข้าวบาง เพื่อกรองเอากากทิ้ง ให้ได้น้ำข้าวโพด 1000 มิลลิลิตร

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>แผนภาพที่ 2</u> ขั้นตอนการทำน้ำนมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อโยเกิร์ต

2.1 นำน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ในขั้นตอนแรก ปริมาณมา 500 มิลลิลิตร

2.2 เติมหัวเชื้อโยเกิร์ตนมเปรี้ยว 50 กรัม คนให้เข้ากัน

2.3 บรรจุลงในขวดที่ลวกน้ำร้อนแล้ว

2.4 ปิดปากขวดด้วยกระดาษฟอยล์

2.5 นำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

<u>แผนภาพที่ 3</u> ขั้นตอนการทำหัวเชื้อโยเกิร์ตน้ำนมข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำน้ำนมข้าวโพดที่เหลือในขั้นตอนที่ 1 มาบรรจุขวด ๆ ละ 100 มิลลิลิตร แล้วใส่หัวเชื้อนมเปรี้ยวข้าวโพดลงไป คือ 5 , 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

3. ศึกษาปริมาณหัวเชื้อนมเปรี้ยวน้ำนมข้าวโพดที่เหมาะสมเพื่อใช้ทำนมเปรี้ยวข้าวโพด โดยศึกษาปริมาณหัวเชื้อที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ

- หัวเชื้อโยเกิร์ตนมข้าวโพด 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด
- หัวเชื้อโยเกิร์ตนมข้าวโพด 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด
- หัวเชื้อโยเกิร์ตนมข้าวโพด 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำนมข้าวโพด

โดยทำการทดลองในแต่ละระดับ ๆ ละ 5 ซ้ำ

4. เข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 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 และ การยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธี 5 - Point Hedonic Scale test

7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง โดยมีการวางแผนการทดสอบแบบ Complete randomized design (CRD)

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

หมวดคหกรรมโรงเรียนพรตพิทยพยัต และห้องปฏิบัติการภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนน ฉลองกรุง แขวงลำปะทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

3.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง

เดือน พฤษภาคม 2544 ถึง เดือน ตุลาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดสอบค่าความเป็นกรดของนมเปรี้ยวข้าวโพด

ได้ศึกษาหาปริมาณเปอร์เซ็นต์กรดของตัวอย่างที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อต่างกันคือปริมาณหัวเชื้อนมเปรี้ยว 3 ระดับ ก็คือ หัวเชื้อนมเปรี้ยวข้าวโพด 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มาทดสอบหาค่าความเป็นกรดแลคติกของนมเปรี้ยว โดยวิธีการไตเตรทโดยใช้ตัวอย่าง นมเปรี้ยวข้าวโพด 10 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 50 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 3 หยด แล้วไตรเตรทด้วย 0.1 NaOH แล้วจดบันทึกผล ได้ผลออกมาดังนี้ จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยทางสถิติ

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบค่าความเป็นกรดของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้ปริมาณหัวเชื้อต่างกัน 3 ระดับ

ลำดับที่	ค่าความเป็นกรด (Acidity)		
	ตัวอย่าง T_1	ตัวอย่าง T_2	ตัวอย่าง T_3
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_1 = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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) มีค่าความเป็นกรดเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่าง 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 คนโดยแบ่งเป็นการยอมรับด้านสี, กลิ่นรสชาติ, การยอมรับรวมของตัวอย่างนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5%, 10% และ 15% ซึ่งผลการทดสอบชิมจะแสดงไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนค่าเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของนมเปรี้ยวจากน้ำนมข้าวโพด

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

หมายเหตุ

T_1 = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 5 %

T_2 = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_3 = นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อ 15 %

คะแนนเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 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 ทำให้ข้าวโพดเกิดกระบวนเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในของข้าวโพด ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับอายุของข้าวโพดที่นำมาทดลองซึ่งข้าวโพดที่ใช้มีอายุน้อยก็จะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีซีดได้ 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 เช่นถ้าใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณที่น้อยก็จะทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่เละไม่จับกันเป็นเคิร์ด และมีรสหวาน ซึ่งปัจจัยนี้จะมีผลต่อลักษณะของรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งลักษณะของตัวอย่าง T_1 (หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์) จะมีรสชาติที่หวานกว่าตัวอย่าง T_2 (หัวเชื้อ โยเกิร์ต 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 ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะว่าใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตชนิดเดียวกันและข้าวโพดพันธุ์เดียวกัน คือ พันธุ์ Super sweet จึงทำให้ลักษณะกลิ่นของนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน

นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อโยเกิร์ตในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเดิร์ด ไม่แตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและมีรสชาติที่ดี คือมีรสหวานเล็กน้อยและมีรสเปรี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย นมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใช้หัวเชื้อในปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ซึ่งลักษณะนมเปรี้ยวข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียดเป็นเคิร์ด ไม่แตกตัวแยกชั้นของน้ำ whey มีสีเหลืองนวล มีกลิ่นหอมของข้าวโพดและรสชาติที่ดี คือมีรสหวานเล็กน้อยและมีรสเปรี้ยว

นมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดที่ทำการทดลองนี้อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้ผู้บริโภคที่ไม่บริโภคน้ำนมสด หรือผู้ที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ ได้มีทางเลือกที่จะรับประทาน เพราะว่าในข้าวโพดมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยังช่วยรักษาโรคต่าง ๆ ได้เมื่อรับประทานอย่างสม่ำเสมอเช่น ช่วยขับปัสสาวะ ลดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว ลดอาการบวมน้ำ ช่วยขยายหลอดเลือด ปรับระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้สมดุล และยังช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง , โรคกล้ามเนื้อหัวใจวาย และ มะเร็งเป็นต้น นอกจากนั้นนมเปรี้ยวยังเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่านมสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนเคซีนในนมเปรี้ยวมีประโยชน์ต่อร่างกายมาก เนื่องจากถูกย่อยสลายง่ายกว่าโปรตีนเคซีนในนมสด 2 – 3 เท่า ทั้งนี้เป็นผลจากแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยย่อยสลายโปรตีนเคซีน ทำให้โปรตีนเคซีนอยู่ในสภาพที่ร่างกายย่อยง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้มาก นมเปรี้ยวข้าวโพดมีธาตุ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และซัลเฟอร์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงจึงช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง และยังมีวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินดี และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการเลือกซื้อข้าวโพดควรเลือกซื้อข้าวโพดที่สด เมล็ดไม่มีรอยย่นมากจนเกินไป
2. ข้าวโพดที่ปั่นแล้ว ควรนำมากรองเอากากออกก่อนนำไปพาสเจอร์ไรซ์
3. ก่อนจะนำไปพาสเจอร์ไรซ์ ควรนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันก่อนนำไปพาสเจอร์ไรซ์
4. น้ำนมข้าวโพดควรนำไปพาสเจอร์ไรซ์ ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที
5. ภาชนะที่ใช้ทำควรจะนำไปลวกน้ำร้อนก่อนเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 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.

คนิดา ราชปัก. 2543. เครื่องดื่มข้าวโพดกระป๋องจากเมล็ดข้าวโพดและซังข้าวโพด. กรุงเทพฯ: สัมมนาปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. ข้าวโพดหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์. 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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

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

สุรชัย มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศ. 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 โกสัยสุก. 2529. การปลูกพืชไร่. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต. 188 น.

อำไพพรรณ อมรวิวัฒน์. 2534. ผลิตภัณฑ์นมแคลอรี่ต่ำ. 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 Manufecture. 81 P.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 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

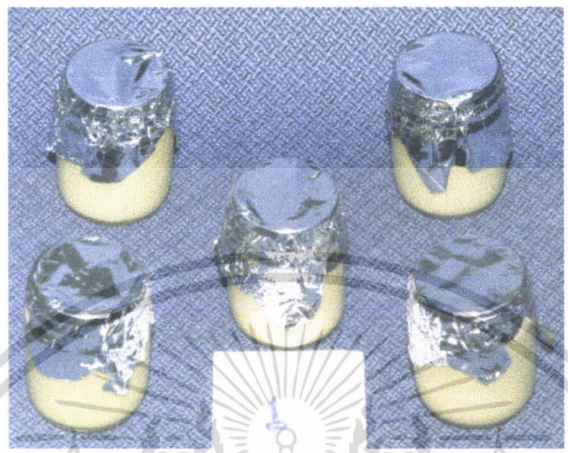
คุณลักษณะที่ประเมิน	ระบุคะแนนแสดงระดับความชอบ		
	482	265	905
สี			
กลิ่น			
รส			
เนื้อสัมผัส			
การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะและวิจารณ์ผล

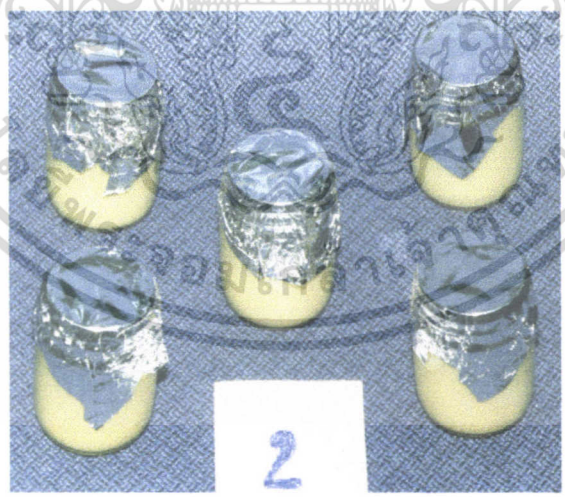
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

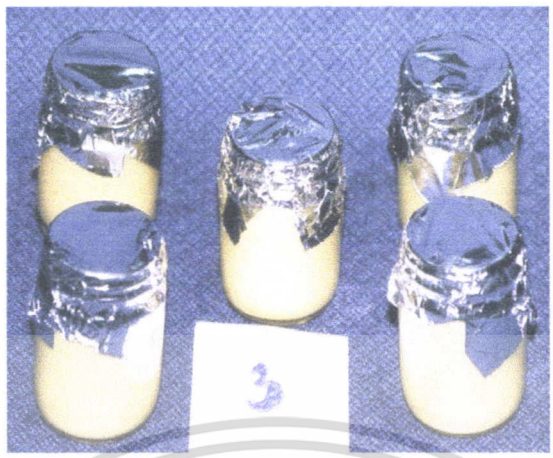


ภาคผนวกที่ ก 1 น้ำนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 5 เปอร์เซ็นต์



ภาคผนวกที่ ก 2 น้ำนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 10 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกที่ ก 3 น้ำนมเปรี้ยวข้าวโพดที่ใส่หัวเชื้อโยเกิร์ต 15 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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

ตารางภาคผนวกข 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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

ตารางภาคผนวกข 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^{ns}	2.00
Error	38	4.36	0.11		
Total	59	29.06			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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
Total	80.2	86.8	82.2
Sample Mean	4.02	4.31	4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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^{ns}	2.00
Error	38	3.68	0.097		
Total	59	6.25			

ตารางภาคผนวกข 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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

ตารางภาคผนวกข 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^{ns}	2.00
Error	38	3.83	0.10		
Total	59	20.12			

ตารางภาคผนวกข 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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^{ns}	2.00
Error	38	3.56	0.09		
Total	59	8.54			

ตารางภาคผนวกข 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกข 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

ตารางภาคผนวกข 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) ทดสอบการยอมทางด้านสีของนมเปรี้ยวข้าวโพด

1. การคำนวณหาค่า C.F. (Corection factor)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$= 989.02$$

2. การคำนวณหาค่า df (degree of freedom)

2.1 df, sample

= จำนวนตัวอย่าง – 1

= 3-1

= 2

2.2 df, Judges

= จำนวนผู้ทดสอบ – 1

= 20 – 1

= 19

2.3 df, total

= จำนวนการตรวจ – 1

= 60 – 1

= 59

2.4 df, error

= df, total – df, judges – 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

= (ผลรวมของค่า Total ของแต่ละ judges)^2 – C.F.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ Judges

$$= \frac{(12.4^2 + 11.6^2 + 12.2^2 + \ldots + 12.2^2)}{3} - 989.02$$

$$= 2.87$$

3.3 SS, Total

= (ผลรวมของค่าการประเมินทุกค่า)^2 – C.F.

= $(4.2^2 + 3.4^2 + 3.6^2 + \ldots + 4.8^2)$ – C.F.

= 1,018.08 – 989.02

= 29.06

3.4 SS, error

= SS, total – SS, judges – SS, sample

= 29.06 – 2.87 – 21.83 = 4.36

4. หา Ms (Mean square) ของทุกตัวแปรโดยจำแนกได้ดังนี้

4.1 Ms, sample

$$= \frac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}}$$

$$= \frac{21.83}{2}$$

= 10.92

4.2 Ms, judges

$$= \frac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}}$$

$$= \frac{2.87}{19}$$

= 0.15

4.3 Ms, error

$$= \frac{\text{SS, error}}{\text{df, error}}$$

$$= \frac{4.36}{38}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 0.11

5. คำนวณหาค่า 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 แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ที่ a = 3

df , Error = 38

SE = 2.84

4. คำนวณหาค่า Least Significant Difference (LSD) โดยใช้สูตรการคำนวณ คือ

LSD = SE x Sig.Studentized Range

= 0.005 x 2.84

= 0.0142

โดยค่า LSD ที่ได้จะเป็นค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด ถ้าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละคู่มากกว่าค่า LSD แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 2 มีความแตกต่างกันผลปรากฏค่าดังนี้

C (4.72)[a] B (4.12)[a] A (3.36)[b]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้