สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น

EFFECTS OF GLUCOSE SUCROSE AND LACTOSE ON CHEMICAL PHYSICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FROZEN SOY YOGHURT

โดย

นางสาวศิรดา สิ้นจู้

วพ.
ศ4390ง
2545
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49833
วัน, เดือน, ปี 1 มิ.ย. 2547
b.....
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b11244519

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง ผลของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

Effects of Glucose Sucrose and Lactose on Chemical Physical and Sensory Properties of Frozen Soy Yoghurt

ชื่อ – สกุล นางสาวศิรดา สิ้นจู้

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ปิยะวิทย์ ทิพรส

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยแปรปริมาณน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทสแต่ละชนิด เป็น 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก พร้อมกับเปรียบเทียบเมื่อใช้ร่วมกันทั้งหมด 3 ชนิด พบว่า โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใส่น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนทางด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด($P\leq0.05$) ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)และร้อยละปริมาณกรดแลคติค พบว่า ตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากที่สุด (3.82) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส 1 เปอร์เซ็นต์ ($P\leq0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่มีร้อยละปริมาณกรดแลคติค มากที่สุด(2.06 เปอร์เซ็นต์) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่มีการใช้น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน($P\leq0.05$) ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพโดยการหาค่าร้อยละการแยกตัวของน้ำในโยเกิร์ต (% Syneresis) พบว่า ตัวอย่างโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่มีค่าร้อยละการแยกตัวของน้ำมากที่สุด(23.49 เปอร์เซ็นต์) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ ($P\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ ปิยะวิทย์ ทิพรส (อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ) ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยดีตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค ที่ได้ให้ความอำนวยความสะดวก ในการใช้ห้องปฏิบัติการการอุตสาหกรรมเกษตร และขอขอบคุณ อาจารย์ จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ได้ให้ความอำนวยความสะดวก ในการใช้ห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีการเกษตร- การผลิตสัตว์ นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ทำให้การทดลองในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ความดีและประโยชน์จากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ได้ให้การสนับสนุน ในด้านทุนทรัพย์ และให้กำลังใจตลอดมา รวมทั้งอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน

ศิรดา สิ้นจู้

มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ถั่วเหลือง	3
2.1.1 พันธุ์ถั่วเหลือง	3
2.1.2 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง	4
2.2 นมโค	6
2.2.1 ความหมายคำที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	7
2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมโค	8
2.3 โยเกิร์ต	10
2.3.1 ชนิดของโยเกิร์ต	10
2.4 โยเกิร์ตแช่แข็ง	11
2.4.1 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง	12
2.5 น้ำตาลซูโครส	15
2.5.1 คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำตาลซูโครส	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์	16
2.6 น้ำตาลกลูโคส	19
2.6.1 ชนิดของน้ำตาลกลูโคส	19
2.6.2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำตาลกลูโคส	19
2.6.3 การผลิต	20
2.7 น้ำตาลแล็กโทส	21
2.7.1 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์	22
2.7.2 คุณสมบัติทางชีวเคมีและฟิสิกส์	22
2.7.3 อนุพันธ์ของแล็กโทส	23
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	27
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	27
3.2 วิธีการ	29
3.3 สถานที่ทำการวิจัย	32
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	33
4.1 ศึกษาชนิดของน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง	33
4.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ในโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง	45
4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง	46
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองเป็นกรัม ต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้.....	4
2	เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง กับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ	
2	เป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้.....	5
3	เปรียบเทียบส่วนประกอบของนมโคกับนมกระบือ และนมคน.....	8
4	Proximate analysis ของ Flavored frozen yoghurt 34 ชนิด ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา.....	14
5	เปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ	17
6	ค่า water activity น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์ชนิดสำคัญ ๆ จะเจริญเติบโตได้.....	18
7	$(\alpha)^{20}_{D}$ และ จุดหลอมเหลวของน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ชนิด.....	19
8	ค่า % โดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ชนิด α - glucose monohydrate, α - glucose anhydrous และ β-glucose ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	20
9	ชนิดของ glucose syrup.....	21
10	คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแล็กโทสและอนุพันธ์.....	26
11	ผลกระทบทางฟิสิกส์ของแล็กโทส และอนุพันธ์.....	26
12	แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารให้ความหวาน.....	33
13	แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ต-ถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน.....	36
14	แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน.....	39
15	แสดงผลทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็น สารให้ความหวาน.....	42
16	แสดงผลการตรวจสอบการแยกตัวของน้ำ.....	45
17	แสดงผลการหาปริมาณกรดแลคติค.....	46
18	แสดงผลการวัดความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงปฏิกิริยาของกาแล็กโทสเพื่อให้ได้อนุพันธ์ที่มีประโยชน์.....	24
2	แสดงขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนในประเทศไทย มีการใช้แหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย โปรตีนที่ได้รับจากสัตว์ เช่น เนื้อ ไข่ ปลา ไก่ เป็นต้น เป็นอาหารโปรตีนที่มีราคาแพงเมื่อเทียบกับรายได้โดยเฉลี่ยของประชากรในประเทศ ดังนั้นจึงมีการค้นพบการนำโปรตีนจากพืชมาใช้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ เนื่องจากว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง ราคาถูกและหาได้ง่าย เช่น ในเมล็ดธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าว ถั่ว เป็นต้น

นมและผลิตภัณฑ์นมจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย แต่นมก็มีข้อจำกัดสำหรับผู้บริโภคที่ไม่มีเอนไซม์ย่อยน้ำตาลแล็กโทสในน้ำนม ทำให้ไม่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์จากนมได้และเนื่องจากราคาของน้ำนมวัวมีราคาสูง ผู้บริโภคจึงหันมาสนใจที่จะบริโภคนมถั่วเหลืองซึ่งมีราคาถูกกว่าและมีคุณค่าทางโปรตีนใกล้เคียงกัน (นรินทร์ ทองศิริ,2531:102) แต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาทางด้านกลิ่นถั่วของถั่วเหลืองเองซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ

นอกจากปัญหากลิ่นถั่วของถั่วเหลืองแล้ว ยังมีปัญหาที่สำคัญที่เกิดขึ้นกับผู้บริโภคคือ ปริมาณโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) ที่มีในถั่วเหลืองซึ่งประกอบด้วยแรฟฟีโนส (Raffinose) ร้อยละ 1.1, สตาชิโอส (Stachiose) ร้อยละ 3.7 และอราบิโนส (Arabinose) ร้อยละ 0.002 ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ทำให้เกิดแก๊สในลำไส้ (Flaulance) ทำให้จำเป็นต้องหาวิธีการนำเชื้อ Bifidobacteria มาช่วยในการย่อย องค์ประกอบน้ำตาลเหล่านี้ในขณะทำการหมักไปพร้อมกับเชื้อ Streptococcus thermophilus และ Lactobacillus bulgaricus ซึ่งเชื้อแบคทีเรีย 2 ตัวหลังนี้เมื่อนำมาหมักกับนมถั่วเหลืองแล้ว สามารถเจริญได้ดีและสร้างกลิ่นจากการหมักโยเกิร์ตที่ดี

การทำให้โยเกิร์ตเย็นจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมระดับความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ การให้ความเย็นแก่ผลิตภัณฑ์จะเริ่มตั้งแต่ผลิตภัณฑ์มีระดับความเป็นกรดที่ต้องการ คือ ประมาณที่ pH 4.6 หรือมีความเข้มข้นของกรดแลคติคประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของโยเกิร์ต วิธีการให้ความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น การทำให้เย็นทำได้โดยทำให้โยเกิร์ตเย็นลงจากอุณหภูมิ 30 – 45 องศาเซลเซียส เป็นต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (ดีที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในโยเกิร์ต ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ จะทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงได้ทำการแช่แข็งโยเกิร์ตถั่วเหลือง เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ศึกษาชนิดของน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง
2. ศึกษากรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง เพื่อหาชนิดของน้ำตาลที่เหมาะสม
3. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง
4. ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่มีการเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยทำการทดสอบกับนักศึกษาปริญญาตรี จากสาขาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตพืช เทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตสัตว์ และอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลของอัตราส่วนของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

2.ข้อมูลจากการทดลองสามารถนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ให้ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Glysine max (C.) Mewill มีชื่อสามัญเรียกกันไปต่าง ๆ เช่น soya bean, chinese bean, manchurian bean และ soy bean ซึ่งชื่อ soy bean เป็นที่รู้จัก และยอมรับมากที่สุด ถั่วเหลืองจัดอยู่ในวงศ์ Leguminowar วงศ์ย่อย Papilionoideae พืชในสกุลนี้ยังแบ่งออกได้อีกหลายชนิด ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก (annual) มีอายุเพียงฤดูปลูกเดียว มีการผสมเกสรโดยตัวเอง (self-polination crop) (กลุ่มเกษตรสัญจร,มปป. : 9) ถั่วเหลืองเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียตะวันออก (east asia) และเป็นพืชที่สำคัญเศรษฐกิจของไทย เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก และใช้เวลาอันสั้นในการปลูก เสียค่าใช้จ่ายน้อยถั่วเหลืองถูกนำเข้ามาในไทย โดยชาวจีนที่อพยพมา ซึ่งอาหารจากถั่วเหลืองที่คนไทยนิยมบริโภคได้แก่ นมถั่วเหลือง (soy bean milk) เต้าหู้ (tofu- or soy bean curd) เต้าฮวย (soft bean curd) ฟองเต้าหู้ (yuba) ซีอิ๊ว (soy sauce) ซอสปรุงรส (flavored sauce) และใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำมันถั่วเหลือง (soy bean oil) กากถั่วเหลืองใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (สมชาย ประภาวัต, 2535 : 1)

2.1.1 พันธุ์ถั่วเหลือง สมชายประภาวัต (2535 : 1) ได้แบ่งพันธุ์ถั่วเหลืองออกเป็นดังนี้

2.1.1.1 พันธุ์ สจ.1 พันธุ์ที่มีเมล็ดค่อนข้างเล็กชาวบ้านเรียกพันธุ์ตาดำ หรือ พันธุ์ยอดลั่นเมล็ด สีเหลือง ตาสีดำ อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 90 - 100 วัน เหมาะสำหรับปลูกในฤดูฝน ไม่เหมาะสมที่จะปลูกในแหล่งที่มีโรคราสนิมระบาด

2.1.1.2 พันธุ์ สจ.2 เมล็ดมีหนวดเล็กกว่าพันธุ์สจ. 1 ชาวบ้านเรียกพันธุ์ตาแดง เมล็ดสีเหลือง ตาสีน้ำตาลแดง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 100 วัน เหมาะสำหรับปลูกในช่วงปลายฤดูฝน หรือฤดูแล้ง ไม่เหมาะสมที่จะปลูกในแหล่งที่มีโรคราสนิมระบาด

2.1.1.3 พันธุ์ สจ.4 เมล็ดสีเหลือง ตาสีน้ำตาลอ่อน อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 95 วัน ปลูกได้ดี ทั่วไปในฤดูฝนและฤดูแล้ง ขนาดเมล็ดโตกว่าพันธุ์ สจ. 1 และ สจ.2 เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราสนิมได้ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 พันธุ์ สจ.5 เป็นพันธุ์ที่ค้นพบล่าสุด คล้ายพันธุ์ สจ. 4 เมล็ดมีขนาดโต คุณภาพดีปลูกได้ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง แต่ให้ผลผลิตสูงในฤดูฝน มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทนต่อโรคราสนิมดีกว่าพันธุ์ สจ. 4

2.1.1 องค์ประกอบของเมล็ดถั่วเหลือง

2.1.2.1 โปรตีนของถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง จัดว่าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีสารอาหารครบถ้วน ซึ่งได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนในช่วง 35 - 40 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรตีนในถั่วเหลืองถือว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองเป็นกรัม ต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้

องค์ประกอบทางเคมี	ถั่วเหลือง
ความชื้น	10.00
พลังงาน (แคลอรี / 100 กรัม)	4.18
ไขมัน	18.94
โปรตีน	36.00
คาร์โบไฮเดรต	25.88
เส้นใย	4.87
เถ้า	4.31

ที่มา : ผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการสถาบันค้นคว้า และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต, 2535 : 31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง กับเนื้อสัตว์ต่าง ๆ เป็นกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้

ชนิดอาหาร	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	พลังงาน
ปลาช่อน	20.5	3.8	-	116
กุ้ง (น้ำจืด)	19.4	1.7	5.4	115
ปู	19.8	4.0	-	115
เนื้อหมู	14.1	35.0	-	331
เนื้อไก่	20.2	12.6	-	192
เนื้อวัว (Lean)	22.2	6.1	-	144
ถั่วเหลือง	36.5	19.9	22.8	516
ถั่วเขียว	24.4	1.2	72.2	397

ที่มา : รุจิรา สัมมะสุต และ คณะ (อ้างโดย สมชาย ประภาวัต, 2535 : 4)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองกับโปรตีนอาหารอื่น ๆ พบว่าถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีน สูงกว่า 1.5 เท่าของโปรตีนจากเนยแข็ง 2 เท่าของโปรตีนที่ได้จากไข่ หรือแป้งสาลี และพบว่าแป้งถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนเท่ากับเนื้อวัว 2.4 กิโลกรัมหรือไข่ไก่ 67 ฟอง หรือนมวัว 13 ลิตร แต่โปรตีนจากถั่วเหลือง ก็ยังเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่สมบูรณ์ คือ ปริมาณของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น เมทธิโอนิน(methionine) ซีสเตอีน (cystein) และ ซีสทีน (cystine) ยังมีปริมาณที่น้อยกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ แต่ถั่วเหลืองก็ยังมีกรดอะมิโนบางตัวที่สูง เช่น ไลซีน (lysine)

2.1.2.2 ไขมันของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองประกอบด้วยไขมัน 17 - 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไขมันเท่ากับ 2 เท่า ของน้ำมันในไข่ และ 5 เท่าของน้ำนม น้ำมันถั่วเหลืองมีความสำคัญต่อโภชนาการของมนุษย์ คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองสูงกว่าน้ำมันจากสัตว์และน้ำมันเนย องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายคน เช่น กรดไลโนเลอิค (linoleic) 25.0 - 64.8 เปอร์เซ็นต์ และกรดไลโนเลนิค (linolenic) 0.3 - 12.1 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำมันถั่วเหลืองมีเลคซิทิน (lecithin) 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสำคัญต่อร่างกาย และถั่วเหลืองมีเลคซิทิน ในปริมาณที่พอในอาหารของมนุษย์ ประโยชน์ของเลคซิทิน เช่น ใช้เสริมสร้างระบบประสาท บำรุงต่อมไร้ท่อต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้โคเลสเตอรอล กระจายออกไปจากที่เกาะอยู่ตามอวัยวะสำคัญ ช่วยดูดซึม และขนส่งไขมันเข้าสู่โลหิต เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มสมองเซลล์ประสาท และอื่น ๆ ประโยชน์ด้านอาหารต่อผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ในการทำขนมปัง ชอทเทนนิ่ง (shortenning) และไอศกรีม

2.1.2.3 คาร์โบไฮเดรตของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่เป็นพวก galactans, pentosans และ hemicelllose ซึ่งร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรต ทั้งหมดที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถั่วเหลืองนั้นต่างจาก legeunes ตรงที่มีแป้ง starch น้อยมาก ทำให้เหมาะสำหรับคนที่เป็นโรคเบาหวาน ส่วนน้ำตาลอิสระ ซึ่งละลายในน้ำได้แก่ ซูโครส (sucrose) แรฟฟิโนส และ สตาชิโอส เป็นพวก ไดแซคคาไรด์ (disaccharide) ไตรแซคคาไรด์ (trisaccharide) เตตระแซคคาไรด์ (tetrasaccharide) ตามลำดับมีปริมาณน้อยมาก

2.1.2.4 วิตามินและแร่ธาตุในถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่อุดมสมบูรณ์ด้วยวิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ วิตามินในถั่วเหลือง เช่น วิตามินบีหนึ่ง (thiamine), วิตามินบีสอง (riboflavin) ไนอะซีน (niacin) และ ธาตุเหล็ก จะพบ วิตามินบีสอง มากกว่าพืชอื่น ๆ นอกจากวิตามินแล้วยังประกอบด้วย ไบโอติน (biotin) โคลิน (choline) และอิโนซิทอล (inosital) นอกจากนี้ยังพบแคลเซียม (calcium) ฟอสฟอรัส (phosphorus) เหล็ก (iron) และโปแตสเซียม (potassium) สำหรับแคลเซียมมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกายคน ส่วนโปแตสเซียมช่วยในการเสริมกล้ามเนื้อต่างๆ ฟอสฟอรัสช่วยบำรุงประสาท และสมอง เหล็กช่วยในเรื่องโลหิต

2.2 นมโค

องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำนม วรรณา ตั้งเจริญสุข และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ (2531 : 43) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าน้ำนม และ น้ำนมชนิดต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. น้ำนม หมายถึง ของเหลวสะอาดบริสุทธิ์ กลั่นได้จากเต้านมโคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ ปราศจากโคโลสตรัม (colostrum) ประกอบด้วยไขมันไม่น้อยกว่า 3.25 เปอร์เซ็นต์ และ milk solids-not-fat (MSNF) ไม่น้อยกว่า 8.25 เปอร์เซ็นต์

2. โคโลสตรัม บางครั้งเรียกว่า น้ำนมถั่วเหลือง เป็นน้ำนมที่รีดได้ในช่วงระหว่าง 15 วัน ก่อนสัตว์คลอดลูก และ 5 วัน หลังจากคลอด เป็นนมที่มีกลิ่นแรง รสชาติขม มีสีเหลือง และมีความเหนียวข้น ใช้เลี้ยงลูกอ่อนแรกเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. milk-solids-non-fat หมายถึง องค์ประกอบน้ำนมทั้งหมดไม่รวมน้ำกับไขมัน

4. Total Solids (TS) หมายถึง องค์ประกอบทั้งหมดของน้ำนมแต่ไม่รวมน้ำ

5. milk serum หรือเรียกว่า ซีรัมอย่างเดียว หมายถึง องค์ประกอบทั้งหมดของน้ำนม ซึ่งไม่รวมไขมัน และ เคซีน (casein)

6. skim milk หรือที่เรียกว่า หางนม หรือนมขาดมันเนย หมายถึง นมที่ผ่านการแยกเอาไขมันออกไปแล้ว

7. whey หรือ เวย์ หมายถึง ของเหลวสีเหลืองอ่อน ที่เหลือจากกรรมวิธีการผลิตเนยแข็ง บางครั้งเรียก "milk serum"

2.2.1 ความหมายคำที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(2530 : 2) ได้ให้ความหมายของ นมดิบ นมสด นมสดพาสเจอร์ไรซ์ นมสดสเตอร์ริไรซ์ นมสดยูเอชที ดังนี้

1. นมดิบ (raw milk) หมายถึง นมที่รีดจากแม่ โดยหลังจากคลอดลูกแล้ว 3 วัน เพื่อให้ปราศจากน้ำนมเหลือง โดยมิได้แยก หรือเติมวัตถุอื่นใด

2. นมสด (fresh whole milk) หมายถึง นมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว

3. นมสดพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurized milk) หมายถึง นมดิบที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้ ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือให้ความร้อนไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงที่อยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 16 $\pm$1 วินาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ก่อนบรรจุในภาชนะบรรจุสะอาดปิดสนิท

4. นมสดสเตอร์ริไรซ์ (sterilized milk) หมายถึง นมดิบที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาที่เหมาะสม ก่อนบรรจุในภาชนะ ที่สะอาดปิดสนิทอากาศเข้าออกมิได้

5. นมสดยูเอชที (ultra high temperature milk หรือ ultra heat treated milk) หมายถึง นมดิบที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 1 วินาที ก่อนบรรจุในภาชนะ และภาชนะที่ปราศจากเชื้อ และปิดสนิทอากาศผ่านเข้าออกไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมโค

น้ำนมโคมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่มาก แต่ส่วนประกอบที่สำคัญทางอาหารของนมมีอยู่ เช่น ไขมันนมมีอยู่ เช่น ไขมันนม โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบส่วนประกอบของนมโคกับนมกระบือ และนมคน

ตัวอย่างน้ำนม	เปอร์เซ็นต์				
	ของแข็ง	โปรตีน	ไขมัน	น้ำตาล	แร่ธาตุ
น้ำนมโค	12.8	3.5	3.8	4.9	0.73
น้ำนมกระบือ	21.9	5.5	10.5	4.5	0.85
น้ำนมคน	12.6	2.0	3.5	6.8	0.30

ที่มา : ชวนิศนดากร วรวรรณ, 2534 : 40

องค์ประกอบที่สำคัญของนม (วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ และ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, 2534 : 206 - 207) ได้ให้ความหมายของน้ำ ไขมัน โปรตีน น้ำตาล ดังนี้

1. น้ำ

เป็นองค์ประกอบที่มีจำนวนมากที่สุดปกติจะมีน้ำระหว่าง 87.5 - 89.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย ในส่วนประกอบที่เป็นของแข็งกระจายไปทั่วถ้านำน้ำออกจากนม จะได้ส่วนที่เหลือเรียกว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมด

2. ไขมันหรือมันเนย (butterfat)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในนมเป็นตัวทำให้นมเกิดรสชาติอร่อย ไขมันในนมมีอยู่หลายชนิดที่สำคัญเช่น ฟอสโฟไลปิด (phospholipids) โคเลสเตอรอล(cholesterols) และคาโรทีน (carotenes) ปกติไขมันจะมีอยู่ในช่วงระหว่าง 3.5 - 3.9 เปอร์เซ็นต์ ไขมันของนมประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด และกลีเซอรอล กรดไขมันโดยมีไตรกลีเซอร์ไรด์ ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ของไขมันทั้งหมดที่เหลือเป็นพวกฟอสโฟไลปิด และสเตอรอล (sterols) ส่วนโคเลสเตอรอลในน้ำนมมีประมาณ 100 - 200 ส่วนในล้านส่วน บางส่วนก็ละลายเป็นวิตามินดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรตีน (milk protein)

โปรตีนเป็นสารรวมของกรดอะมิโนหลายชนิด มีคุณภาพทางอาหารสูง แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เคซีน (casein) และ โปรตีนเวย์ (whey protein) ในนมปกติจะมีโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 2.9 - 3.8 เปอร์เซ็นต์

เคซีน เป็นโปรตีนสังเคราะห์ในเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมอยู่ในรูปเกลือแคลเซียม คือ แคลเซียมเคซิเนต ไม่ละลายน้ำแต่อยู่ในรูปแขวนลอย ทำให้นมมีสีขาวขุ่นจะพบเคซีนมากถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ในโปรตีนทั้งหมดของนม เคซีนอาจแยกออกจากน้ำนมได้โดยการทำน้ำนมให้เป็นลิ่มหรือตกตะกอน โดยลิ่มของนมทำได้โดยใช้กรดผสม หรือใช้เอนไซม์เรนนิน เช่น การทำเนยแข็งหรือนมเปรี้ยว

โปรตีนเวย์ เป็นโปรตีนที่ทนกรด แต่ไม่ทนต่อความร้อน โดยเมื่อโปรตีนโดนความร้อนจะทำให้เกิดรสชาติที่เรียกว่า boiled-milk flavor หรือ cooked flavor โปรตีนเวย์ประกอบไปด้วย β-lactoglo bulin (บีตา-แลคโตโกลบูลิน) 50 เปอร์เซ็นต์ และ lactalbumin (แลคตัลบูมิน) 12 เปอร์เซ็นต์ immune globulin (อิมมูนโกลบูลิน) 10 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นพวก serum albumin (ซีรัมอัลบูมิน)

4.น้ำตาลแล็กโทส (lactose)

เป็นสารประกอบของคาร์โบไฮเดรตหลัก และยังพบสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ เช่น ซีรีโบไซด์ (cereboside) กลูโคส กาแลคโตส ซูโครส ตลอดจนน้ำตาลอะมิโน แต่สารเหล่านี้พบในปริมาณที่น้อยมาก ในน้ำนมจะมีน้ำตาลแล็กโทสอยู่ในช่วงระหว่าง 4.4 - 5.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล แล็กโทสมีความสำคัญต่อกระบวนการหลั่ง และการบ่มของผลิตภัณฑ์นม ถ้าต้มน้ำนมให้ร้อนเกิน 90 องศาเซลเซียส นานจะทำให้น้ำตาลแตกตัวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีรสใหม่ได้

5.แร่ธาตุ (minerals)

แร่ธาตุในน้ำนมมีอยู่ประมาณร้อยละ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปออกไซด์ เช่น แคลเซียมออกไซด์ ฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ คลอรีน ส่วนเหล็ก ทองแดง ไอโอดีน กำมะถัน แมงกานีส อลูมิเนียม สังกะสี มีอยู่น้อย ปริมาณแร่ธาตุที่พบในน้ำนมจะผันแปรไปตามฤดูกาล ปริมาณแร่ธาตุที่สัตว์ได้รับในอาหารระยะการให้น้ำนม และสภาพผิดปกติของเต้านม(ชวนิศนดากรวรวรรณ,2534: 342)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ส่วนประกอบอื่น ๆ

มีอยู่ในจำนวนที่น้อยมาก แต่ก็มีความสำคัญ เช่น เม็ดสี เอนไซม์ เม็ดสี (pigments) มีสารบางชนิด เช่น คาโรทีน และสารแซนโทฟิลล์ (xanthophill) ซึ่งให้สีเหลือง นอกจากนี้ยังพบไรโบฟลาวิน ที่ให้สีเหลืองอีกด้วย เอนไซม์ (emzyme) มีหลายชนิด เช่น เอนไซม์ไลเปส (lipase) โปรตีนเอส (protease) เคตตาเลส (catalase) เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ไดออสเตส (diostase) แล็กเตส (lactase) รีดักเตส (reductase) ส่วนใหญ่จะสลายตัวง่าย เมื่อโดนความร้อน (ชวนิศนดากรวรวรรณ, 2534 : 343)

2.3 โยเกิร์ต

เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในคาบสมุทรบอลข่าน รู้จักกันในรูปของโยเกิร์ต ที่ไม่ได้ปรุงแต่งกลิ่นรส (natural yoghurt หรือ plain unsweeten yoghurt)

ก่อน คศ.1950 โยเกิร์ตยังไม่ได้รับความนิยมในยุโรปตะวันตก และอเมริกาเหนือเท่าใดนัก เนื่องจากโยเกิร์ตแบบจืดนั้นมีกรดสูง เปรี้ยวเกินไปอีกทั้งโยเกิร์ตไม่ได้เป็นอาหารหลักของชนชาติในเขตนี้ นอกจากนี้การนำเอาโยเกิร์ตไปทำเป็นอาหารต่าง ๆ ก็ยังไม่แพร่หลายจนในปี ค.ศ.1960 ได้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมการทำโยเกิร์ต ขึ้นในประเทศสวิสเซอแลนด์นับจากนั้นโยเกิร์ต ก็เป็นที่นิยมแพร่หลายไปประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก

โยเกิร์ตสามารถเตรียมได้จากนมอุดมไขมัน หรือพร่องไขมัน นมเข้มข้น นมคืนรูปจากนมผง ขาดไขมัน หรือพร่องไขมัน หรือส่วนผสมของนมดังกล่าวผสมเข้าด้วยกัน ทั้งนี้โดยผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์ หรือไม่ก็ตามแล้วฆ่าเชื้อด้วยการสเตอร์ริไรซ์ หรือพาสเจอร์ไรซ์ จึงทำการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ เฉพาะจากนั้นทำให้เย็นแล้วบรรจุ เพื่อรอจำหน่าย

2.3.1 ชนิดของโยเกิร์ต (types of yoghurt)

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาศัยหลักการต่อไปนี้

2.3.1.1 มาตรฐานกฎหมาย (legal standard)

มาตรฐานกฎหมายของโยเกิร์ต ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของผลิต-ภัณฑ์ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (milk solid-not-fat และ MSNF) หรือปริมาณของแข็งทั้งหมดตามมาตรฐานของ FAO / WHO กำหนดให้แบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันดังนี้ “full” (สูงกว่า 3.0%) “medium” (ประมาณ 3.0 - 0.5%) และ “low” (ต่ำกว่า 0.5%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 กรรมวิธีการผลิต (Methods of production)

การผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมมี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ set yoghurt และ stirred yoghurt ขึ้นกับระบบการผลิต และโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน (coagulum) โดยที่ set yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่การหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ (สำหรับการจำหน่ายปลีก) ลักษณะของ Coagulum ที่ได้เป็นมวลเนื้อเดียวกันที่ต่อเนื่อง และมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลว ส่วน stirred yoghurt เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะได้หลังจากการหมักเกิดขึ้นในถังหมักเรียบร้อยแล้ว ลักษณะของ coagulum ที่ได้จะแตก หรือ แยกจากกันก่อนที่จะนำไปผ่านการให้ความเย็น หรือบรรจุตัวอย่างหนึ่งของโยเกิร์ตประเภท stirred yoghurt นี้ ได้แก่ นมเปรี้ยว หรือ fluid yoghurt ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียง 11% หรือน้อยกว่าเป็นต้น

2.3.1.3 กลิ่นรส (flavour)

การเติมกลิ่นรสเข้าไปในโยเกิร์ต ทำให้เกิดลักษณะผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันดังนี้ คือ natural หรือ plain yoghurt ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมมีรสชาติเปรี้ยวแหลม fruit yoghurt ได้จากการเติมผลไม้ และสารให้ความหวานใน natural yoghurt และ flavoured yoghurt ได้จากการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้

2.4 โยเกิร์ตแช่แข็ง (frozen yoghurt)

โยเกิร์ตแช่แข็ง เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยรวมเอาลักษณะของไอศกรีม และโยเกิร์ตเข้าด้วยกัน ทำให้ได้รับความสนใจอย่างมากจากวงการอุตสาหกรรม มาตั้งแต่ช่วงกลางปี ค.ศ. 1977 ทั้งในสหรัฐอเมริกา และในยุโรป เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะในหมู่ผู้บริโภคทั้งที่ชอบบริโภคโยเกิร์ต และไม่ชอบบริโภคโยเกิร์ตแต่ชอบบริโภคไอศกรีม และผู้บริโภคที่ต้องการ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมัน หรือแคลอรีสูง จากการสำรวจพบว่า ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 109 แห่งในสหรัฐอเมริกามีผู้ผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งออกวางจำหน่ายมากกว่าร้อยละ 75 (Lang, 1979 : 7 - 8)

โยเกิร์ตแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยเชื้อ Lactobacillus bulgaricus และ / หรือ Streptococcus thermophilus ร่วมกับวิธีการ และองค์ประกอบต่าง ๆ ในการผลิตไอศกรีม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะของไอศกรีม คือ มีลักษณะเนียน (smooth) มีความมัน (creamy) และมีความคงตัว ส่วนที่มีลักษณะของโยเกิร์ต คือมี pH ต่ำ และมีกลิ่นรสของความเป็นกรด (Anon, 1986 :17-19 ; Huber, 1988:4,337-374)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 กรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็ง (Anon, 1986:17-19 ; Chandan, 1977:118-119 ; Huber, 1988:4,337-374) มี ขั้นตอนทั่วไป ดังนี้

2.4.1.1 การเตรียมส่วนผสมของโยเกิร์ตแช่แข็ง

ของแข็งนมไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF)	ร้อยละ	7 - 15
ไขมันนม	ร้อยละ	0.5 - 4
สารให้ความหวาน	ร้อยละ	11 - 30
สารให้ความคงตัว	ร้อยละ	0.1 - 0.6
เชื้อโยเกิร์ต	ร้อยละ	3 - 10

2.4.1.2 การผสม (mixing) การผสมส่วนที่เป็นของแห้งให้เข้ากันก่อน ซึ่งได้แก่นมผงขาดมันเนย สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว จะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของสารให้ความคงตัว และทำให้ละลายได้ง่ายขึ้น ก่อนนำไปผสมกับนม ซึ่งปรับมาตรฐานไขมันเป็นร้อยละ 1 ด้วยนมผงขาดมันเนยโดยใช้ Pearson 's square method (Arbuckle, 1987:5) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์ (2536: 5)

2.4.1.3 พาสเจอร์ไรเซชั่น (pasteurization) ฆ่าเชื้อส่วนผสมที่อุณหภูมิ 80 - 85 องศาเซลเซียส นาน 20 - 30 นาที เป็นการทำลายจุลินทรีย์ และไล่อากาศ องค์ประกอบของน้ำนมแตกตัว และชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่าง ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ซึ่งจะให้รสชาติที่ต้องการ ความร้อนจะทำให้โปรตีนอัลบูมิน และโกลบูลินตกตะกอน ซึ่งช่วยเพิ่มความหนืด และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และยังลดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

2.4.1.4 โฮโมจีไนเซชั่น (homogenization) เป็นการนำส่วนผสมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ผ่านช่องเปิดขนาดเล็กด้วยอัตราเร็ว และความดันสูง เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันเม็ดไขมันมีขนาดเล็กลง และแทรกตัวเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยไม่แยกเป็นชั้นไขมันออกมา ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะมีเนื้อเนียน ละเอียด และเพิ่มความสามารถในการปั่นให้ขึ้นฟูได้ง่าย และช่วยลดเวลาที่จะทำให้แข็งตัว (Arbuckle, 1987:5) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์ (2536: 5)

ในการทำให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันนี้ สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงก็คือ อุณหภูมิของส่วนผสม และความดันที่ใช้โดยอุณหภูมิที่ใช้มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ (off flavour) จากไขมันในนมได้ เนื่องจากเม็ดไขมัน (Fat globule) ถูกทำให้เล็กลง พื้นที่ผิว (surface area) จะเพิ่มขึ้นเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยเอนไซม์เกิดเป็นสารพวกเปอร์ออกไซด์ที่ให้กลิ่นผิดปกติได้ง่าย การป้องกันปฏิกิริยานี้จะทำโดยใช้อุณหภูมิสูง ทำลายเอนไซม์ก่อนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฮโมจีไนเซชั่นซึ่งในกรรมวิธีการผลิตโยเกิร์ตแช่แข็งนี้ ส่วนผสมที่ถูกอุ่นให้ร้อนถึง 60 - 65 องศาเซลเซียส เพียงพอที่จะทำลายเอนไซม์ดังกล่าวได้ ส่วนความดันที่ใช้จะอยู่ในช่วง 2,000 - 2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในขั้นที่ 1 (first stage) และ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในขั้นที่สอง (second stage) การใช้ two stage homogenization นี้เพื่อป้องกันการจับตัวของเม็ดไขมัน เมื่อผ่านการโฮโมจีไนเซชั่นขั้นแรก เนื่องจากพื้นที่ผิวของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดไขมันได้ง่าย (Arbuckle, 1987:7) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์ (2536: 5)

2.4.1.5 การถ่ายเชื้อโยเกิร์ต (inoculation) หลังจากการพาสเจอร์ไรซ์เสร็จสิ้นลง ส่วนผสมจะถูกทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 40 - 45 องศาเซลเซียส เพื่อให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญ ของแบคทีเรีย การถ่ายหัวเชื้อโยเกิร์ต ลงในส่วนผสมจะต้องทำโดยวิธีการปลอดเชื้อ (aseptic technique) โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ต จาก starter culture ประมาณร้อยละ 3 - 10 ใส่ในส่วนผสม

2.4.1.6 การบ่ม (Incubation) บ่มส่วนผสมเหลวของโยเกิร์ตแช่แข็งที่อุณหภูมิ 40 - 45 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อ Lactobacillus bulgaricus และ Streptococcus thermophilus เวลาที่ใช้อยู่ระหว่าง 2 - 8 ชั่วโมง หรือจนกระทั่ง pH เท่ากับ 4.4 - 4.8 ในช่วงการบ่ม แบคทีเรียจะย่อยน้ำตาลแล็กโทสในนม และสร้างกรดแลคติคขึ้น ซึ่งกรดแลคติคเป็นตัวการสำคัญทำให้โมเลกุลของเคซีน เกิดการรวมตัวและเกิดเป็น curd เพราะกรดที่เกิดจะไปลดค่า pH ของน้ำนมจนถึง pH 4.6 - 4.7 ซึ่งเป็น isoelectric point ของน้ำนม ซึ่งทำให้เคซีนในนมตกตะกอน หลังจากนั้นจะบ่มเพื่อให้ pH ประมาณ 4.4

2.4.1.7 aging เป็นการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 8 องศาเซลเซียส นาน 16 - 24 ชั่วโมง เพื่อหยุดยั้งปฏิกิริยาการสร้างกรดของแบคทีเรีย เมื่อ pH หรือปริมาณกรดได้ตามต้องการแล้ว โดยการทำให้เย็นลงอย่างช้า ๆ และยังเป็นการป้องกันการหดตัวของ curd ในระหว่างการบ่มในที่เย็นส่วนผสมจะมีความหนืดสูงขึ้น สารให้ความคงตัวในส่วนผสมจะมีโครงสร้างเจลที่แข็งขึ้น และเม็ดไขมันจะกลายเป็นไขมันแข็ง (solid fat) (วรรณา ตั้งเจริญสุข และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531:37-45) เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็งได้จะมีความนุ่มไม่เหลวง่ายหลังจากผ่านขั้นตอน aging และยังทำให้การละลายของไอศกรีมเกิดขึ้นช้าลงด้วย

2.4.1.8 การแช่แข็ง(freezing) โดยปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม ที่อุณหภูมิ -6 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เป็นขั้นตอนการเติมอากาศ และเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ การปั่นจะสิ้นสุดเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะข้นเหนียว ยิ่งใช้เวลาน้อยเท่าใด ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อนุ่ม (smooth) มากขึ้นเท่านั้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำจะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก เวลาและอุณหภูมิในการปั่นจะแตกต่างกันไปตามชนิด ของเครื่อง ลักษณะของโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตแข็งที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว อากาศ และของแข็ง หรือ three phase system โดยเซลล์อากาศกระจัดกระจายอยู่ในชั้นของ ของเหลว (continuous liquid phase) ซึ่งประกอบไปด้วย ผลึกน้ำแข็ง ไขมันแข็ง โปรตีนนม ผลึก แล็กโทส สารให้ความคงตัว ซูโครส เกลือที่ละลาย และไม่ละลายน้ำ (วรรณา ตั้งเจริญสุข และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531:37-45) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็น soft serve frozen yoghurt

2.4.1.9 การทำให้แข็งตัว (hardening) แช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส หรือ ต่ำกว่านาน 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า Hard frozen yogurt

2.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตแช่แข็ง โยเกิร์ตแช่แข็งมีปริมาณส่วนผสมที่ แปรผันในช่วงกว้าง มีผลให้องค์ประกอบของโยเกิร์ตแช่แข็ง มีช่วงกว้าง ขึ้นอยู่กับสูตรของส่วนผสม สำหรับมาตรฐานของโยเกิร์ตแช่แข็ง กำหนดโดยองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) กำหนดว่าโยเกิร์ตแช่แข็งจะต้องมีค่าความเป็นกรด (titratable acidity as lactic acid) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 แต่องค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ไม่ได้กำหนดไว้ (Kosikowski, 1981:853-856)

ในปี 1981 Kosikowski ได้ทดลองหาองค์ประกอบของโยเกิร์ตแช่แข็ง ในสหรัฐอเมริกา สามารถสรุปผลวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Proximate analysis ของ Flavored frozen yoghurt 34 ชนิด ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา[a]

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ)	ช่วงร้อยละที่วิเคราะห์
ไขมัน	1.4	0.8 - 2.5
โปรตีน	4.0	1.7 - 4.5
ของแข็งทั้งหมด	30.9	23.6 - 38.9
เถ้า	0.9	0.7 - 1.2
คาร์โบไฮเดรต และอื่น ๆ[b]	27.8	17.5 - 34.0

a : จากผู้ผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา 10 ราย

b : คาร์โบไฮเดรต รวมถึง สารให้ความคงตัว และกรดแลคติค

ที่มา : Kosikowski (1981:853-856)

นอกจากนี้ พบว่า ความเป็นกรดของโยเกิร์ตแช่แข็ง อยู่ในช่วงร้อยละ 0.31 - 1.35 และ pH อยู่ระหว่าง 4.0 - 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 1989 Tieszen และ Baer ได้วิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตแช่แข็ง โดยเก็บตัวอย่าง 19 ตัวอย่างจาก Brookings และ Sioux Fall ในรัฐ South Dakota และ Minneapolis ในรัฐ Minnesota พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด คือต่ำกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่นับได้จากวิธี standard plate count พบว่า ตัวอย่างส่วนใหญ่มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วงที่แนะนำคือ $5x10^6$ - $7x10^6$ โคโลนี ต่อกรัม ซึ่งปริมาณเชื้อโยเกิร์ตนี้ เชื่อว่าให้ประโยชน์ต่อสุขภาพได้เนื่องจากเชื้อโยเกิร์ตสามารถดำรงชีวิตอยู่ภายในร่างกายได้ระยะหนึ่ง เชื้อโยเกิร์ตนี้ใช้เป็นแหล่งเอนไซม์แล็กเตส ช่วยย่อยแล็กโทสที่เหลืออยู่ภายในลำไส้ ซึ่งเป็นผลดีกับผู้บริโภคที่มีอาการ lactose-intolerance (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542:6)

2.5 น้ำตาลซูโครส (กล้าณรงค์ ศรีรอต,2542:21-30)

"น้ำตาล" หรือน้ำตาลทรายที่ใช้กันทั่วไปนั้นหมายถึงน้ำตาลซูโครส มีสูตรโมเลกุลว่า $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) เกิดจากการจับตัวของน้ำตาลกลูโคส และฟรักโทส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 342 ปกติน้ำตาลบริสุทธิ์ จะอยู่ในรูปผลึกแบบ monoclenic ไม่มีสี และมีลักษณะโปร่งแสง ปกติเมื่อพืชสังเคราะห์จะสร้างแป้ง เพื่อเก็บไว้เป็นอาหาร แต่ในพืชบางชนิดสามารถสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้ในปริมาณสูง และเก็บไว้ในลำตัว หรือหัวได้ โดยเฉพาะ Saccharum officinarum (อ้อย) หรือพืชหัว Beta vulgaris (หัวบีท) เมื่อนำพืชประเภทนี้มาสกัดโดยน้ำ น้ำตาลก็จะละลายออกมา และเมื่อทำการสกัดสิ่งแปลกปลอมออก ก็สามารถตกผลึกน้ำตาลออกมาได้

น้ำตาลจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้ว ยังมีหน้าที่อื่น ๆ อีกมากที่หาสารอื่น ๆ ทดแทนไม่ได้ ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนืด ความแวววัน เป็นต้น ในประเทศไทยมีการใช้น้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหาร และยา โดยกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้มากที่สุด การนำน้ำตาลไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อที่จะให้ความหวานนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องรู้หลักการหรือคุณสมบัติที่สำคัญๆ ของน้ำตาล และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อที่ทำให้สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้

2.5.1 คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำตาลซูโครส

2.5.1.1 การแตกตัวของน้ำตาลซูโครส

น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัว คือ น้ำตาลกลูโคสจับตัวกับน้ำตาลฟรักโทส ในสภาวะที่มีความร้อนสูง หรือมีน้ำย่อย หรือถ้ามีสภาพกรด-ด่างสูงก็จะมีการแตกตัวเป็นน้ำตาลเดี่ยวทั้งสอง และก็จะดำเนินปฏิกิริยาแตกต่างออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป จะได้สารประกอบต่าง ๆ หลายชนิด ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรด / ด่าง สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากการแตกตัวของน้ำ-ตาลทรายที่อุตสาหกรรมอาหารมักประสบปัญหาเสมอ ก็คือสภาพการเกิดสี เช่น สีชมพู สีแดง สีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เมื่อน้ำตาลซูโครสแตกตัวออกมาเป็นน้ำตาลฟรักโทส และกลูโคสจะเกิดเหตุการณ์ที่สำคัญ ๆ คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะมีมากขึ้นกว่าเดิม คือ จะเกิดน้ำตาลกลูโคส และฟรักโทสทั้งหมดเป็น 360 หน่วยจากน้ำตาลทราย 342 หน่วย การเบี่ยงเบนของแสงจากค่า specific rotation $[\alpha]_D$ ของน้ำตาลซูโครสที่ $+66.5^\circ$ จะเปลี่ยนเป็น -19.8° ซึ่งจะเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "inversion" และเรียกน้ำตาลที่เกิดจากเหตุการณ์นี้ว่า invert sugars ซึ่งมีความหมายถึงน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรักโทส ที่เกิดจากเหตุการณ์นี้นั่นเอง

2.5.1.2 esterification

น้ำตาลสามารถทำปฏิกิริยากับพวก long chain fatty acid ester ได้เป็น sugar ester ในกรณีที่มีน้ำย่อย หรือตัวทำละลาย หรือตัวเร่งที่เหมาะสม

sugar ester ที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติเป็น surfactant ที่สามารถใช้รับประทานได้ ใช้ในอุตสาหกรรมซักล้าง ยา เครื่องสำอาง พลาสติก และสิ่งทอ เพราะมีความสามารถในการกระจายตัว การเกิดฟอง การเป็น emulsifier และการทำความสะอาด

2.5.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์

2.5.2.1 การให้ความหวาน

น้ำตาลซูโครสจะมีคุณสมบัติการให้ความหวานที่ถูกกำหนดให้เป็นค่ามาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 100 หน่วย (สารละลาย 20%) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ที่ความเข้มข้นและ อุณหภูมิเดียวกัน จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

ชนิดน้ำตาล	ความหวาน (หน่วย)
น้ำตาลฟรักโทส	140 - 175
น้ำตาลฟรักโทส และกลูโคส (Invert sugar)	100 - 130
น้ำตาลซูโครส	100
น้ำตาลกลูโคส (Anhydrous)	70 - 75
น้ำตาลกลูโคส (Monohydrate)	60 - 75
น้ำตาลมอลโทส	30
น้ำตาลแลกโทส	15
น้ำตาลกาแลกโทส	58

ที่มา : Eisenberg (1955:112) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 26)

2.5.2.2 ความหนาแน่นของสารละลายน้ำตาลซูโครส

ความหนาแน่นของสารละลายที่เกิดจากการเติมน้ำตาลซูโครสลงไป มีความร้อนสำคัญมากในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิต การคำนวณหาการถ่ายเทความร้อน น้ำหนักที่ไหลผ่าน ฯลฯ ต้องอาศัยค่าความหนาแน่นปัจจัยทั้งสิ้น

2.5.2.3 จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นของสารละลาย (boiling point elevation, BPE)

เป็นที่ทราบกันดีว่า เมื่ออาหารมีส่วนผสมของตัวถูกละลายมากขึ้น โดยเฉพาะน้ำตาล ผลทางฟิสิกส์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ จุดเดือดของอาหารนั้นจะเพิ่มขึ้น จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นนี้มีความสำคัญต่องานออกแบบกระบวนการผลิตโดยเฉพาะกระบวนการใช้ความร้อน

2.5.2.4 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ที่สำคัญของสารละลาย คือค่าเอนทาลปี ซึ่งจำนวนมากสำหรับการคำนวณออกแบบเกี่ยวกับการใช้ความร้อนเกือบทุกกรณี เอนทาลปีของอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก

2.5.2.5 การละลายตัวของน้ำตาล

การละลายน้ำตาล จะเป็นงานหลักของการปฏิบัติในอุตสาหกรรม เนื่องจากการรับซื้อน้ำตาลในรูปผลึก ก่อนใช้จะต้องนำมาละลาย มีการเติมน้ำ และให้ความร้อน แต่น้ำตาลจะละลายได้มากน้อยนั้นจะมีปัจจัยจำกัดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49833

2.5.2.6 แรงดึงผิว (surface tension)

แรงดึงผิวในอาหารเป็นตัวการทำให้เกิดฟอง และเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการ ออกแบบระบบกวน ระบบขนถ่ายต่าง ๆ

2.5.2.7 ความหนืด (viscosity)

ลักษณะที่เด่นที่สุดของน้ำตาลนอกจากให้ความหวานแล้วคือ การสร้างความหนืดให้กับอาหาร ความหนืดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.5.2.7.1 dynamic viscosity (μ) มีหน่วยที่รู้จักกัน คือ centipoise (cP) หรือหน่วย SI คือ Pa.s

2.5.2.7.2 kinematic viscosity (v) มีหน่วยเป็น centistokes (cSt) หรือหน่วย SI คือ m^2/s

2.5.2.8 ความสามารถในการหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การเติมน้ำตาลลงในอาหารนอกจากจะเพิ่มแรงตึงผิว แรงดันออสโมติกแล้ว ยังทำการลดความอิสระของน้ำลงอีกด้วย ความอิสระของน้ำที่รู้จักกันดีในค่า water activity (A_w) ค่า A_w ปกติของน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1.00 และจะเริ่มลดลง เมื่อมีตัวละลายเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์จะมีความสามารถจำกัด ในการเติบโตในช่วง A_w ต่ำ ๆ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่า water activity น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์ชนิดสำคัญ ๆ จะเจริญเติบโตได้

ชนิดของจุลินทรีย์	Water activity น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์สามารถขึ้นได้
Normal bacteria	0.91
Normal yeasts	0.88
Normal molds	0.80
Xerophilic molds	0.65
Osmophilic yeasts	0.60

ที่มา : Eskin et al. (1971:212) อ้างโดยกล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 30)

การเติมน้ำตาลทรายปริมาณมาก ๆ ในอาหาร เช่น อาหารเชื่อมต่าง ๆ หน้าที่ของน้ำตาลทราย นอกจากจะให้ความหวานแล้ว ยังทำหน้าที่ลดความอิสระของน้ำ เพิ่มแรงดันออสโมติก และลดค่า A_w ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตในอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 น้ำตาลกลูโคส

กลูโคสจะเป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า D-Glucose หรือ dextrose นั่นเอง ซึ่งมีสูตรของเคมีว่า $C_6H_{12}O_6$ และพบว่าเป็นหน่วย (unit) เล็ก ๆ ของแป้ง เซลลูโลส (cellulose) และไกลโคเจน (glycogen)

2.6.1 ชนิดของน้ำตาลกลูโคส

แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. α - glucose monohydrate หรือ dextrose monohydrate คือ ผลึก D-glucose ที่มีน้ำอยู่ 1 โมเลกุล

2. α - glucose anhydrous หรือ dextrose anhydrous เป็นผลึกของ D-glucose ที่ไม่มีน้ำอยู่ในโมเลกุลเลย

3. β-glucose เป็นผลึกของ D-glucose ที่ทำการตกผลึกที่อุณหภูมิสูง คือ ในช่วง 50 - 115°C

2.6.2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำตาลกลูโคส

2.6.2.1 Specific rotation, $(\alpha)_D^{20}$ และ จุดหลอมเหลว (Melting point)

ตารางที่ 7 $(\alpha)_D^{20}$ และ จุดหลอมเหลวของน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ชนิด

ชนิด	$(\alpha)_D^{20}$	Melting point (°C)
α - glucose monohydrate	102.2 → + 47.9	83
α - glucose anhydrous	112.2 → + 52.7	146
β-glucose	18.7 → + 52.7	148- 150

ที่มา : Mauch (1984:302) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 30)

2.6.2.2 negative heat of solution (ที่อุณหภูมิ 25°C)

เมื่อนำน้ำตาลกลูโคสแต่ละชนิดมาละลายในน้ำที่ 25°C แล้ว กลูโคสแต่ละชนิดจะให้ค่า negative heat ออกมาไม่เท่ากัน โดย glucose anhydrous จะมีค่า negative heat เท่ากับ 60.7 กิโลจูล ต่อกรัม glucose monohydrate จะมีค่า negative heat เท่ากับ 105.5 กิโลจูลต่อกรัม และสำหรับ sucrose ซึ่งมี glucose อยู่ด้วยจะให้ค่า negative heat เท่ากับ 16.12 กิโลกรัมจูลต่อกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 solubility หรือ ความสามารถในการละลาย (คิดเป็น % โดยน้ำหนัก)

ความสามารถในการละลายของน้ำตาล glucose ทั้ง 3 ชนิด ในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ก็จะมีค่าต่างกัน โดยที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น glucose จะละลายได้มากขึ้น และในจำนวนน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ชนิด เมื่อเทียบที่อุณหภูมิเดียวกันแล้ว β-glucose จะละลายได้ดีที่สุด

ตารางที่ 8 ค่า % โดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคสทั้ง 3 ชนิด α - glucose monohydrate, α - glucose anhydrous และ β-glucose ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	% โดยน้ำหนักของ		
(°C)	α - glucose monohydrate	α - glucose anhydrous	β-glucose
0	33.78	53.80	67.00
20	47.26	60.65	71.48
40	62.09	67.78	75.96
50	69.67	71.46	78.20

ที่มา : Mauch (1984:303) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 35)

2.6.3 การผลิต

สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม มักจะผลิต α - glucose monohydrate หรือที่เรียกกันว่า α - glucose anhydrous ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

Solubility (ที่ 20°C)	=	47.2% โดยน้ำหนัก
Osmotic pressure	=	13 bar
Melting point	=	83°C
Viscosity (เมื่อสารละลายเข้มข้น 44% ที่ 25°C)	=	88.2 mPa.s or cP
Density ที่ 20°C (เมื่อสารละลายเข้มข้น 50.5%)	=	1.229 ก. / มล.
พลังงาน	=	15.69 กิโลจูล / กรัม
Heat of solution ที่ 20°C	=	-105.5 กิโลจูล / กรัม

ที่มา : Mauch (1984:302) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 35)

สำหรับสารที่ใช้เป็น sweetener ซึ่งนำมาใช้ในอุตสาหกรรม คือ glucose syrup ซึ่งส่วนใหญ่ในสหรัฐอเมริกา จะทำมาจากแป้งข้าวโพด และมีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่า corn syrup หรือ corn sweetener ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด แสดงดังตารางที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ชนิดของ glucose syrup

ชนิด	ค่า DE
I	20 - 38
II	38 - 55
III	55 - 73
IV	> 73

ที่มา: Mauch (1984:303) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 36)

ปัจจุบันเป็นที่รู้จักกันดีในการค้าขาย โดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งแบ่งตามรูปแบบของสารประกอบที่มี glucose ได้ออกเป็น 4 ชนิด โดยจะรวม dextrose monohydrate และ dextrose anhydrous ด้วย

I Maltodextrin เป็นสารละลายเข้มข้น หรือ เป็นผงของ disaccharides ที่แห้งก็ได้ มีค่า DE < 20 กระบวนการผลิตจะสั้นกว่าการผลิต corn syrup

II Dried corn syrup เป็นเม็ดผลึก หรือผงซึ่งได้จากการแยกน้ำออกจาก corn syrup

III Dextrose monohydrate ก็คือ α - D - glucose monohydrate

IV Dextrose anhydrous ก็คือ α - D - glucose anhydrous

2.7 น้ำตาลแล็กโทส

น้ำตาลแล็กโทสเป็นน้ำตาลที่สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมผลิตได้ และเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในน้ำนม ความสนใจในการศึกษาคุณสมบัติของน้ำตาลแล็กโทสมีมาก สืบเนื่องมาจากความต้องการในการใช้ประโยชน์จากหางนม ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเนยแข็ง น้ำตาลแล็กโทส (4-O-β-D-galactopyranosyl-D-glucopyranose) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบมากที่สุดในน้ำนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทุก ๆ ปอนด์ของเนยแข็งที่ผลิตได้ จะได้หางนมประมาณ 9 ปอนด์ เป็นผลิตผลพลอยได้ และหางนมที่ได้จะประกอบด้วย 6% ของแข็ง ซึ่ง 4.7% จะเป็นน้ำตาลแล็กโทส นอกนั้นจะเป็นโปรตีน และเกลือแร่ วิธีการสกัดน้ำตาลแล็กโทสออกจากหางนม จะต้องทำการแยกโปรตีน และเกลือแร่ออกก่อน โดยใช้อุลตราฟิลเตรชั่น จากนั้นจะผ่าน ion exchange resin แล้วทำให้สารละลายเข้มข้น โดย evaporation ก่อนจะตกผลึกน้ำตาลแล็กโทส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 คุณสมบัติ และการใช้ประโยชน์

2.7.1.1 รูปผลึก

รูปผลึกของน้ำตาลแล็กโทส มีทั้งหมด 3 แบบ ที่พบมากที่สุด คือ α - monohydrate (α-lactose.H_2O) ซึ่งจะได้จากการตกผลึกสารละลายแล็กโทสอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 93.5°C แต่เนื่องจาก α - monohydrate มีความสามารถในการละลายต่ำทำให้ไม่นิยมนำมาใช้ประโยชน์อีก 2 รูป ซึ่งพบน้อยกว่า และมีประโยชน์มากกว่า คือ รูป anhydrous alpha และรูป beta สำหรับ ข้อดีของทั้ง 2 รูปที่มีการนำมาใช้คือ β-lactose จะมีความสามารถในการละลาย และความหวานสูงกว่า α - monohydrate และ anhydrous- β- lactose จะไม่ดูดความชื้นจากบรรยากาศ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการผลิต เพื่อให้ผลิตได้มากขึ้น

รูป anhydrous ของ α - lactose เตรียมได้ 2 วิธี วิธีแรกเตรียมได้จากการให้ความร้อน α monohydrate ที่อุณหภูมิ 130°C ถ้าอยู่ในสภาพสุญญากาศ จะได้รูปที่ไม่เสถียรและสามารถดูดความชื้นได้ (α_H) ส่วนอีกรูปหนึ่งจะเสถียรกว่าเตรียมได้จากการให้ความร้อน α - monohydrateในบรรยากาศ (α_S) วิธีที่สองจะใช้บริการ reflux α - monohydrate ในแอลกอฮอล์ เช่น methanol, elthanol, isobutanol ฯลฯ (α_{ROH})

รูป β- lactose จะเตรียมได้จากการ reflux α - monohydrate ในแอลกอฮอล์ที่มีเบสในปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้ anhydrous form ของ α - lactose ยังสามารถเปลี่ยนเป็น β-lactose ได้ถ้ามีการเติม β- lactose ปริมาณเล็กน้อยลงไปในระหว่างกระบวนการผลิต anhydrous form

2.7.2 คุณสมบัติทางชีวเคมี และฟิสิกส์

ความหวานของน้ำตาลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำตาล สารละลาย β- lactose 15 - 30% จะหวานเท่ากับน้ำตาล แต่เนื่องจากสารละลายของทั้ง 2 anomer สามารถเกิด mutarotation และเกิดความสมดุลย์ระหว่าง α และ β ได้ จึงทำให้ความหวานลดลง (เหลือเพียง 15 หน่วย เมื่อเทียบกับกลูโคส 100 หน่วยความหวาน) จึงไม่ค่อยนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ยกเว้นในกรณีที่อาหารนั้นต้องการให้มีความสามารถในการละลายสูง

น้ำตาลแล็กโทสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับ adult mammal โดยเฉพาะมนุษย์ คาดการณ์กันว่าเกือบ 70% ของประชากรมนุษย์ทั่วโลกที่เจริญเต็มที่แล้วเป็น lactose intolerance เนื่องจากมีระดับน้ำย่อย β-galactosidase (lactase) ในลำไส้ไม่มากพอที่จะย่อยน้ำตาลแล็กโทสไปเป็น monomer ของมัน นั่นคือกลูโคส และกาแล็กโทสนั่นเอง ทำให้เกิดโรคท้องเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดกรด และแก๊ส เนื่องจากจุลินทรีย์ในลำไส้ ซึ่งทำให้มีการผลิตนมเปรี้ยว หรือนมชนิดต่าง ๆ ที่มีการให้จุลินทรีย์ใช้น้ำตาลแล็กโทสให้หมดก่อน แล้วจึงเปลี่ยนมาเป็นอาหารของมนุษย์

การใช้ประโยชน์น้ำตาลแล็กโทสในปัจจุบัน ได้มีการมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็ง, ใช้ในอาหารทารก และใช้แทนที่น้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ขนมปัง นอกจากนี้จากธรรมชาติ และการสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความสามารถในการละลาย และความหวานของมัน ตลอดจน lactose intolerance ทำให้การใช้ประโยชน์ค่อนข้างจำกัด จึงได้มีการเปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสไปเป็นอนุพันธ์ ของมัน เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า

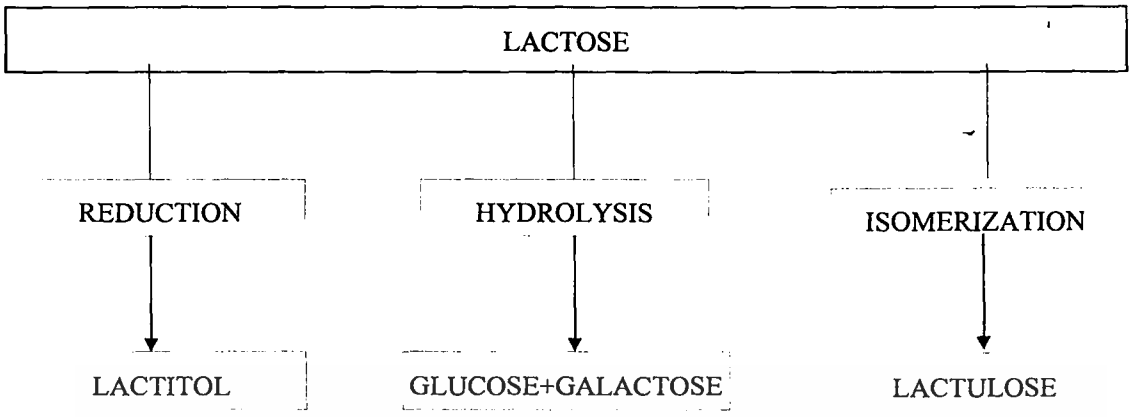
2.7.3 อนุพันธ์ของแล็กโทส

2.7.3.1 Lactitol

Lactitol เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์โมเลกุลคู่ที่ได้จากการทำปฏิกิริยา reduction กับส่วนที่เป็นกลูโคสของแล็กโทส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา หมู่คาร์บอนิล จะถูกเปลี่ยนไปเป็นหมู่แอลกอฮอล์ วิธีผลิต Lactitol ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และนิยมกันมากคือ การทำ hydrogenation โดยใช้ Raney nickel catalyst ที่อุณหภูมิ 100°C นาน 6 ชั่วโมง และความดัน 8,825 kPa

Lactitol สามารถตกผลึกให้อยู่ในรูป monohydrate ที่อุณหภูมิ 94 - 97°C monohydrate ที่ผลิตได้มีความสามารถในการละลายได้ดีเยี่ยม โดยที่อุณหภูมิ 25°C สามารถละลายได้ 206 กรัม ในน้ำ 100 กรัม และถ้าอุณหภูมิ 75°C สามารถละลายได้ถึง 915 กรัมในน้ำ 100 กรัม เนื่องจาก Lactitol ไม่ใช่น้ำตาลรีดิวซ์ จึงไม่เกิด mutarotation ขึ้น ทำให้ความหวานของสารละลายไม่ลดลง นอกจากนี้การขาดหมู่คาร์บอนิลทำให้เกิดความเสถียรต่อกรด, เบส, ความร้อน และ nonenzymatic browning reaction ในด้านคุณสมบัติการดูดความชื้น Lactitol สามารถดูดได้ดีกว่า mannitol แต่น้อยกว่า sorbitol, glycerol และ xylito ปฏิกิริยาของแล็กโทส แสดงดังภาพที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยาของแล็กโทส เพื่อให้ได้อนุพันธ์ที่มีประโยชน์
ที่มา : Lineback and George (1982:80) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, (2542 : 52)

Lactitol มีความหวานกว่าแล็กโทสเล็กน้อยประมาณ 30-35% จะมีความหวานเท่ากับซูโครส แบคทีเรียในปากไม่สามารถใช้ Lactitol ได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็น "tooth-protective" ได้ นอกจากนี้ Lactitol ยังไม่ให้พลังงาน เนื่องจากไม่สามารถถูกย่อย หรือดูดซึมในลำไส้เล็กได้

ปัจจุบัน Lacititol ยังไม่ได้รับการยอมรับจาก Food and Drug Administration (FDA) ให้เป็น food additive แต่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากคุณสมบัติของมันได้มีการนำมาใช้เป็น bulking agent ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เนื่องจากมีความหวานน้อย และละลายได้สูง ความเสถียรต่อสารเคมีต่าง ๆ ทำให้มีการนำมาใช้กับอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการผลิต ที่ซับซ้อน หรือต้องมีการเก็บไว้นาน นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเนื่องจากไม่ทำให้ฟันผุ แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการควบคุมปริมาณ เนื่องจากอาจทำให้เกิดท้องเสียได้

2.7.3.2 น้ำเชื่อมแล็กโทส

ปฏิกิริยา hydrolysis น้ำตาลแล็กโทส จะได้น้ำเชื่อมที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส และ กาแล็กโทส กระบวนการย่อยมี 2 แบบ คือ ย่อยใช้กรด หรือใช้เอนไซม์ กรดที่เป็นที่นิยมใช้ คือ HCl หรือ H_2SO_4 ส่วนเอนไซม์ที่ใช้คือ β-galactosidase ความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับ % hydrolysis น้ำเชื่อมที่ 75% hydrolysis และมีค่า % solid เท่ากับ 63-66 จะทนต่อการเกิดผลึก และการเจริญของจุลินทรีย์ ถ้ามากกว่า 75% จะเป็น supersaturate solution จะเกิดการตกผลึกของกาแล็กโทส ถ้าน้อยกว่า 75% แล็กโทสจะละลายไม่สมบูรณ์ และจะตกผลึกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหวานน้ำเชื่อมขึ้นอยู่กับ degree of hydrolysis และความเข้มข้นของน้ำตาล ถ้าความเข้มข้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (75% hydrolysis) จะหวานเหมือนน้ำเชื่อมซูโครส ในขณะที่ 90%hydrolysis พบว่า มีความหวานไม่ต่างจาก 75% นอกจากนี้น้ำเชื่อมที่ประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด คือ แล็กโทส, กาแล็กโทส และกลูโคส พบว่ามีค่าความหวานมากกว่าค่าที่คำนวณได้จากน้ำตาลแต่ละตัว เนื่องจากทั้ง 3 ชนิด จะเกิด synergistic ซึ่งกัน และกัน

การใช้ประโยชน์จากน้ำเชื่อมแล็กโทส สามารถนำไปใช้เป็นสารให้ความหวานสำหรับคนที่เป็น lactose intolerance นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในไอศกรีม, คาราเมล, ผลิตภัณฑ์ขนมปัง, ผลไม้กระป๋อง, ไวน์และเบียร์ แต่อย่างไรก็ตาม FDA ยังไม่ยอมรับให้เป็น food additive

2.7.3.3 Lactulose

เตรียมได้จากปฏิกิริยา isomerization ของแล็กโทส ปัจจุบันวิธีการผลิตคือจะให้แล็กโทสทำปฏิกิริยากับ boric acid ในสารละลายที่มี tertiary amines และมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ที่ pH เท่ากับ 11 จะได้สารละลายที่ไม่มีสี ปริมาณน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวต่ำ และ % yield lactulose สูง คือเกือบ 90% lactulose ประกอบด้วยน้ำตาลกาแล็กโทส และฟรักโทส ละลายได้ดีมากในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์มีขั้ว เช่น เมธานอล และไม่ตกผลึกจากสารละลายที่เข้มข้น เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ตกผลึกยาก เมื่ออยู่ในสารละลายต่างจะไม่เสถียร จะทำปฏิกิริยาได้กาแล็กโทส, isosaccharinic acid และผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ยังว่องไวกับปฏิกิริยา dehydration ที่มี amine และ degradation lactulose ยังมีคุณสมบัติในการเป็น humectant ได้ดีพอ ๆ กับซูโครส อีกด้วย

lactulose มีความหวานปานกลาง คือหวานประมาณ 46-62% ของซูโครส และไม่ให้พลังงาน ถ้ารับประทานมากจะทำให้เกิดท้องเฟ้อ และท้องเสียได้ มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร และยา คือมีการนำมาใช้ในอาหารทารก จะช่วยให้การเจริญของ Bilidobacterium bifidum ในลำไส้ดีขึ้น ใช้รักษาโรคท้องผูกเรื้อรัง เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นยาระบาย และร่างกายจะไม่สร้างภูมิต้านทานต่อ lactulose เหมือนยาทั่วไป, ช่วยรักษาโรคที่เกิดกับตับ เนื่องจากมีสารประกอบไนโตรเจนในเลือดสูง lactulose จะผลิตสารชนิดหนึ่งซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดสามารถลดระดับสารเหล่านี้ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นยาระบาย จึงมีการจำกัดปริมาณการใช้ในอาหาร และปัจจุบันยังไม่เป็นที่ยอมรับจาก FDA

คุณสมบัติของน้ำตาลแล็กโทส และอนุพันธ์ สรุปได้ดังตารางที่ 10 และ 11 งานวิจัยในปัจจุบัน จะเน้นไปที่การตรวจสอบความปลอดภัยของแล็กโทส และอนุพันธ์เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FDA ยอมรับ ซึ่งจะทำให้มีการใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง และเป็นทางเลือกหนึ่งจากการใช้ประโยชน์จาก หางนม ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้ที่พบมากที่สุดอย่างหนึ่ง

ตารางที่ 10 คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของแล็กโทสและอนุพันธ์

สารประกอบ	การละลายน้ำ	ความเสถียรทางเคมี
lactose	ต่ำ	เสถียรปานกลางในกรดอ่อน ไม่เสถียรในเบส เสถียรปานกลางในกรดอ่อน
lactitol	สูง	เสถียรในกระบวนการย่อยสลาย โดยใช้เบส และ อุณหภูมิ
lactulose	สูง	เสถียรปานกลางในกรดอ่อน ไม่เสถียร อย่างมากในเบส
lactose hydrolysates	สูงปานกลาง	เสถียรในกรดอ่อน

ที่มา : Lineback and Inglett (1982 : 74) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต ,(2542 : 55)

ตารางที่ 11 ผลกระทบทางฟิสิกส์ของแล็กโทส และอนุพันธ์

สารประกอบ	ปฏิกิริยากายภาพ		
	ความหวาน	คุณค่าทางอาหาร	ปฏิกิริยาข้างเคียง
lactose	ต่ำ	ย่อยสลายได้สมบูรณ์	เล็กน้อย
lactitol	ต่ำ	ไม่สามารถย่อยสลายได้	เกิดอาการท้องเสีย
lactulose	ปานกลาง	ไม่สามารถย่อยสลายได้	เกิดอาการท้องเสีย
lactose hydrolysates	ปานกลางถึงสูง	ย่อยสลายได้สมบูรณ์	เล็กน้อย

ที่มา : Lineback and Inglett (1982 : 74) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต ,(2542 : 56)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ สารเคมี และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

3.1.1 อุปกรณ์

1. ตู้อบ (oven)
2. เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. ตู้บ่มอาหาร (incubator) ยี่ห้อ Memmert รุ่น W 8540
4. เครื่องปั่นผสมอาหาร (blender)
5. เตาแก๊ส ยี่ห้อ electrolux รุ่น EK 9720
6. เครื่องวัด pH meter
7. ตู้แช่เย็น (refrigerator) SUPER CHILL รุ่น UN 617 D
8. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
9. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
10. บิวเรต (burette)
11. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
12. ปิเปต (pipette)
13. ขาตั้ง
14. เครื่องอังน้ำร้อน (water bath)
15. ช้อนตักสาร (spatular)
16. แท่งแก้วคน (Stirring rod)
17. บีกเกอร์ (beaker)
18. กรวยกรองแก้ว (funnel)
19. ถ้วยพลาสติกใส
20. กระชอนพลาสติก
21. กระดาษกรอง (whatman เบอร์ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. กระดาษทิชชู
23. ถุงมือยาง
24. ทัพพี
25. ดีมหนีบ
26. หม้อสแตนเลส
27. กระดาษสติ๊กเกอร์
28. เหยือกตวง
29. ถาดอะลูมิเนียม
30. กระดาษฟอยด์

สารเคมี (chemicals)

1. น้ำตาลกลูโคส	เกรดอาหาร
2. น้ำตาลซูโครส	เกรดอาหาร
3. น้ำตาลแล็กโทส	เกรดอาหาร
4. โซเดียมไบคาร์บอเนต	เกรดอาหาร
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์	เกรดวิเคราะห์
6. ฟีนอฟธาลีน อินดิเคเตอร์	เกรดวิเคราะห์
7. น้ำกลั่น	

3.1.2 วัตถุดิบ

3.1.2.1 ถั่วเหลืองซีก ยี่ห้อ ไร่ทิพย์ ซื้อจากร้านค้าตลาดหัวตะเข้ เตรียมโดยการนำถั่วเหลืองมาคัดเมล็ดเสียหรือลีบออกให้หมด จากนั้นนำถั่วเหลืองมาแช่สารละลายโซเดียมไบ-คาร์บอเนต 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 ชั่วโมง เพื่อขจัดกลิ่นถั่ว หลังจากนั้นล้างน้ำให้สะอาด ถั่วเหลืองที่ซื้อมาควรเก็บในที่แห้งไม่มีความชื้น

1. นมผงขาดมันเนย ยี่ห้อ มิชชั่น ซื้อจาก ฟู้ดส์ไลอ้อน เก็บรักษาโดยเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท
2. นมสดพร่องมันเนย ยี่ห้อ ดัชมิลล์ ชนิดจืด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.หัวเชื้อโยเกิร์ตสำเร็จรูป ยี่ห้อ ดัชชี่ ไบโอ ซึ่งมีเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ Lactobacillus acidophilus , Bifidobacterium , Lactobacillus casei ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 – 5 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์ที่ใช้ทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A4
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน
3. แผ่นดิสก์

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 ศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลแล็กโทส ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพ ของการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

วัตถุประสงค์ข้อนี้ แปรปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดเป็น 1 , 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก โดยขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งแสดงในแผนภูมิภาพที่ 2

ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง สามารถทำได้ดังนี้

นำสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แช่ถั่วเหลือง นาน 3 ชั่วโมง

↓

ล้างน้ำให้สะอาด เก็บเปลือกที่ไม่ต้องการออกให้หมด

↓

นำถั่วเหลืองมาปั่นด้วยน้ำอุ่นประมาณ 60 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 20 g / 200 ml

↓

กรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้มาต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด เพื่อไล่กลิ่น นาน 20 นาที

↓

นำน้ำถั่วเหลือง 40 g + นมสดพร่องมันเนย 60 g+นมผงขาดมันเนย 10 g +แปรปริมาณ-น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซูโครส : 1 , 1.5 , 2 % w / w

กลูโคส : 1 , 1.5 , 2 % w / w

แล็กโทส : 1 , 1.5 , 2 % w / w

แบบผสมทั้งหมด : 1 , 1.5 , 2 % w / w

(ซูโครส : กลูโคส : แล็กโทส)

↓

นำมาปั่นด้วยเครื่องบดละเอียดความเร็วสูง นาน 2 นาที

↓

นำมาผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์
ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

↓

รอให้เย็นลงเหลืออุณหภูมิ 40 – 45 องศาเซลเซียส

↓

เติมหัวเชื้อโยเกิร์ต 5 % โดย w/w โดยหัวเชื้อที่ใช้ คือ หัวเชื้อสำเร็จรูป
มีเชื้ออยู่ 3 ชนิด Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium และ Lactobacillus casei
คนให้เข้ากัน

↓

บรรจุลงถ้วยพลาสติกใส ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง

↓

หลังจากนั้นนำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

↓

นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

↓

โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง → ประเมินผล

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

ที่มา : ดัดแปลงจาก (วรรณา ตั้งเจริญสุข และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531 : 112)

3.2.1.1 การประเมินผล การประเมินผลได้ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ ของการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

3.2.1.1.1 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่

3.2.1.1.1.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดโดยใช้เครื่องวัด pH meter

3.2.1.1.1.2 ร้อยละปริมาณกรดแลคติค (ดัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1990 :100) อ้างโดย กีรสุดา สมบูรณ์บูรณะ,2536:119

3.2.1.1.2 ลักษณะทางกายภาพ

3.2.1.1.2.1 ร้อยละการแยกตัวของน้ำ (% syneresis) ตามวิธีของ (Johnson and Zabik (1981 : 101) อ้างโดย กีรสุดา สมบูรณ์บูรณะ,2536:120

3.2.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วัตถุประสงค์ข้อนี้วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS v. 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2.1การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน จากนักศึกษาสาขาวิชา เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์, เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช และอุตสาหกรรมเกษตร ชั้นปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถาม hedonic scale วางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomized complete block design) ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS v. 11

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลำประทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2545 ถึงวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ศึกษาชนิดของน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

4.1.1น้ำตาลกลูโคส จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารให้ความหวาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ร้อยละปริมาณของน้ำตาลกลูโคส (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) *			
	Control	1	1.5	2
ลักษณะปรากฏ	7.80^{a}	7.20^{a}	7.60^{a}	7.20^{a}
สี	7.20^{a}	7.60^{a}	7.60^{a}	7.80^{a}
กลิ่น	5.80^{d}	6.60^{c}	7.47^{b}	8.20^{a}
รสชาติ	5.33^{d}	8.00^{a}	7.07^{b}	6.00^{c}
เนื้อสัมผัส	6.80^{a}	7.00^{a}	7.20^{a}	7.00^{a}
ความชอบรวม	5.60^{b}	8.40^{a}	7.60^{a}	6.40^{b}

* ค่าเฉลี่ยจากการวิจัย 2 ซ้ำ

a , b , c , d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่าแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม ที่ทำให้ลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน มีความมัน และมีความคงตัว (Anon, 1986 :17-19)

สี

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านสี พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสมที่สุดคือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสปกติจะมีสีขาว เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยมีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เลยทำให้ได้สีไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะถ้าหากใช้ความร้อนเกิน 90 องศาเซลเซียส นานพอควรจะทำให้น้ำตาลแตกตัวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) (ชวนิศนดากร วรวรรณ, 2534 : 342)

กลิ่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านกลิ่น พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม ที่ทำให้กลิ่นโยเกิร์ตดีที่สุดคือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตจะต้องมีการบ่ม บ่มส่วนผสมเหลวของโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus acidophilus , Bifidobacterium , และ Lactobacillus casei ซึ่งแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลเป็นอาหารแล้วสร้างกรดแลคติคทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต (วรรณา ตั้งเจริญสุข และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531 : 6) การที่กลิ่นแตกต่างกัน เป็นเพราะเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลที่ใช้แตกต่างกัน หรือเป็นเพราะแบคทีเรียที่ใช้ในการบ่มมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติคต่างกัน

รสชาติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านรสชาติ พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม ที่ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสให้ความหวานที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลกลูโคส จะมีความหวาน 60-75 หน่วย (Eisenberg. 1955 : 139) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต,2542 : 26 การผลิตโยเกิร์ต มีการฆ่าเชื้อส่วนผสมที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส นาน 20-30 นาที เป็นการทำลายจุลินทรีย์ และไล่อากาศ องค์ประกอบน้ำนมแตกตัว และชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่าง ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ซึ่งจะให้รสชาติที่ต้องการ

เนื้อสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม ที่ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตดีที่สุดคือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก การผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลือง จะมีขั้นตอนการผสม โดยการผสมของแห้งให้เข้ากันก่อนซึ่งได้แก่ นมผงขาดมันเนย สารให้ความหวาน จะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของสารให้ความหวาน และทำให้ละลายได้ง่ายขึ้น (Arbuckle, 1987 : 3) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 5 แล้วนำมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน

ความชอบรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านความชอบรวม พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม ที่ทำให้ความชอบรวมของโยเกิร์ตสูงสุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ใช้แตกต่างกัน ทำให้กลิ่น, รสชาติมีความแตกต่างกัน ทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถแยกแยะหรือให้คะแนนด้านการยอมรับได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 น้ำตาลซูโครส จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ร้อยละปริมาณของน้ำตาลกลูโคส (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) *			
	Control	1	1.5	2
ลักษณะปรากฏ	7.60^{a}	6.60^{b}	7.60^{a}	7.00^{ab}
สี	7.60^{a}	7.20^{a}	7.80^{a}	7.40^{a}
กลิ่น	5.80^{d}	6.80^{c}	7.60^{b}	8.60^{a}
รสชาติ	5.60^{d}	8.00^{a}	7.20^{b}	6.40^{c}
เนื้อสัมผัส	7.20^{ab}	7.00^{b}	7.60^{a}	6.20^{b}
ความชอบรวม	5.40^{c}	8.40^{a}	7.40^{b}	7.20^{b}

* ค่าเฉลี่ยจากการวิจัย 2 ซ้ำ

a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม ที่ทำให้ลักษณะปรากฏดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลนอกจากจะเป็นสารให้ความหวานแล้ว ยังมีหน้าที่อื่น ๆ มากที่หาสารอื่น ๆ ทดแทนไม่ได้ ทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนืด ความแวววัน เป็นต้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542 : 22) ซึ่งก็ทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะที่น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านสี พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครส ที่ทำให้สีของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสที่นำมาเป็นส่วนผสมในโยเกิร์ต เป็นน้ำซูโครสที่ผ่านการฟอกสีแล้ว ทำให้สีของโยเกิร์ตไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าให้ความร้อนสูงเกิน 90 องศาเซลเซียส นานพอควรจะทำให้น้ำตาลแตกตัวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) (ชวนิศนดากร วรวรรณ, 2534 : 342)

กลิ่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านกลิ่น พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม ทำให้กลิ่นของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก การผลิตโยเกิร์ตจะต้องมีการบ่ม บ่มส่วนผสมเหลวของโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium และ Lactobacillus casei ซึ่งแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลเป็นอาหารในการเจริญแล้วสร้างกรดแลคติค ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต (วรรณา ตั้งเจริญสุข และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531 : 6) การที่กลิ่นของโยเกิร์ตแตกต่างกัน เป็นเพราะเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลที่ใช้แตกต่างกัน หรือเป็นเพราะแบคทีเรียที่ใช้ในการบ่มมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติคต่างกัน

รสชาติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านรสชาติ พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม ที่ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก น้ำตาลแต่ละชนิดให้ความหวานที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลซูโครส จะมีความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100 หน่วย (Eisenberg, 1955 : 139) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542 : 26 แล้วเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลซูโครสในโยเกิร์ตที่ใช้ก็แตกต่างกัน ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตแตกต่างกัน

เนื้อสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม ที่ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลือง จะมีขั้นตอนการผสม โดยการผสมของแห้งให้เข้ากันก่อนซึ่งได้แก่ นมผงขาดมันเนย สารให้ความหวาน จะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของสารให้ความหวานและทำให้ละลายได้ง่ายขึ้น (Arbuckle, 1987 : 3) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 5 แล้วนำมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน

ความชอบรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านความชอบรวม พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม ที่ทำให้คะแนนความชอบรวมสูงที่สุดคือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ใช้ต่างกัน และแบคทีเรียนำน้ำตาลไปเป็นอาหารในการเจริญแล้วสร้างกรดแลคติคในปริมาณที่ต่างกัน ทำให้กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 น้ำตาลแล็กโทส จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ร้อยละปริมาณของน้ำตาลแล็กโทส (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) *			
	Control	1%	1.5%	2%
ลักษณะปรากฏ	6.80[a]	6.80[a]	6.73[a]	6.73[a]
สี	6.80[a]	6.67[a]	6.80[a]	6.67[a]
กลิ่น	5.80[d]	6.60[c]	7.40[b]	8.20[a]
รสชาติ	5.60[d]	8.00[a]	7.20[b]	6.40[c]
เนื้อสัมผัส	6.93[a]	6.00[a]	6.53[a]	6.73[a]
ความชอบรวม	6.00[b]	7.80[a]	6.60[b]	6.40[b]

* ค่าเฉลี่ยจากการวิจัย 2 ซ้ำ

a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้ลักษณะปรากฏดีที่สุดคือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน มีความมัน และมีความคงตัว (Anon, 1986 :17-19)

สี

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านสี พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้สีของโย-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิร์ตดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลแล็กโทสที่ใช้มีสีขาวและผงละเอียด เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยมีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทำให้สีของโยเกิร์ตไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะถ้าใช้ความร้อนเกิน 90 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำตาลแตกตัวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) (ชวนิศนดากร วรวรรณ, 2534 : 342)

กลิ่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านกลิ่น พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้กลิ่นโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตจะต้องมีการบ่ม บ่มส่วนผสมเหลวของโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus acidophilus , Bifidobacillus, และ Lactobacillus casci ซึ่งแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลเป็นอาหารในการเจริญและสร้างกรดแลคติค ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต (วรรณา ตั้งเจริญสุข และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531 : 6) การที่กลิ่นของโยเกิร์ตแตกต่างกัน เป็นเพราะเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลที่ใช้แตกต่างกัน หรือจะเป็นเพราะแบคทีเรียที่ใช้ในการบ่มมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติคต่างกัน

รสชาติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านรสชาติ พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำตาลแต่ละชนิดให้ความหวานที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลแล็กโทส จะมีความหวาน 15 หน่วย (Eisenberg, 1955 :139) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542 :26 แล้วเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลในโยเกิร์ตที่ใช้ก็แตกต่างกัน ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลือง จะมีขั้นตอนการผสมโดยการผสมของแห้งให้เข้ากันก่อน ซึ่งได้แก่ นมผงขาดมันเนย สารให้ความหวาน จะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของสารให้ความหวานและทำให้ละลายได้ง่ายขึ้น (Arbuckle, 1987 : 3) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 3 แล้วนำมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน

ความชอบรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านความชอบรวม พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้ความชอบรวมของโยเกิร์ตสูงสุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณน้ำตาลแล็กโทสที่ใช้แตกต่างกัน และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคมีการนำน้ำตาลไปใช้ในการเจริญทำให้กลิ่น, รสชาติ มีความแตกต่าง ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติเฉพาะที่ดีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 Mix (น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส) จากการศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส ที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ร้อยละปริมาณของน้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส*			
	Control	1	1.5	2
ลักษณะปรากฏ	7.80[a]	7.20[a]	7.60[a]	7.20[a]
สี	7.87[a]	7.13[a]	7.80[a]	7.20[a]
กลิ่น	5.40[d]	6.20[c]	7.00[b]	8.40[a]
รสชาติ	5.27[d]	8.00[a]	7.20[b]	6.00[c]
เนื้อสัมผัส	6.80[a]	7.00[a]	7.20[a]	7.00[a]
ความชอบรวม	5.80[d]	8.40[a]	7.40[b]	6.60[c]

* ค่าเฉลี่ยจากการวิจัย 2 ซ้ำ

a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คนของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านลักษณะปรากฏ พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้ลักษณะปรากฏดีที่สุดคือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก น้ำตาล 3 ชนิดที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง มีสีขาว และน้ำตาล ทั้ง 3 ชนิด ยังมีความหวานแตกต่างกัน คือ น้ำตาลกลูโคส มีความหวาน 60-75 หน่วย , น้ำตาลซูโครส มีความหวาน 100 หน่วย , และน้ำตาลแล็กโทส 15 หน่วย ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน มีความมัน และมีความคงตัว (Anon, 1986 :17-19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านสี พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้สีของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 2 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก น้ำตาล 3 ชนิดที่ใช้เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองมีสีขาว เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยมีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทำให้สีของโยเกิร์ตไม่เปลี่ยนแปลง เพราะถ้าใช้ความร้อนเกิน 90 องศาเซลเซียส จะทำให้น้ำตาลแตกตัวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) (ชวนิศนดากร วรวรรณ, 2534 : 342)

กลิ่น

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านกลิ่น พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส ที่ทำให้กลิ่นโยเกิร์ตดีที่สุดคือ 2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก การผลิตโยเกิร์ตจะต้องมีการบ่ม บ่มส่วนผสมเหลวของโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Lactobacillus acidophilus , Bifidobacterium และ Lactobacillus casei ซึ่งแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลเป็นอาหารในการเจริญและสร้างกรดแลคติค ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของโยเกิร์ต (วรรณา ตั้งเจริญสุข และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ, 2531 : 6) การที่กลิ่นของโยเกิร์ตมีความแตกต่างกัน เป็นเพราะเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลที่ใช้แตกต่างกัน หรือจะเป็นเพราะจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบ่มมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติคต่างกัน

รสชาติ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านรสชาติ พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก น้ำตาลแต่ละชนิดให้ความหวานที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลซูโครส จะมีความหวาน 100 หน่วย, น้ำตาลกลูโคส จะมีความหวาน 60-75 หน่วย, น้ำตาลแล็กโทส 15 หน่วย (Eisenberg, 1955 : 139) อ้างโดย กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2542 : 26 แล้วเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลในโยเกิร์ตที่ใช้ก็แตกต่างกัน ทำให้รสชาติของโยเกิร์ตแตกต่างกัน

เนื้อสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5, และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้เนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตดีที่สุด คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลือง จะมีขั้นตอนการผสม โดยการผสมของแห้งให้เข้ากันก่อนซึ่งได้แก่ นมผงขาดมันเนย สารให้ความหวาน จะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของสารให้ความหวานและทำให้ละลายได้ง่ายขึ้น (Arbuckle, 1987 : 3) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 5 แล้วนำมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน

ความชอบรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เป็นสารให้ความหวานแก่โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ระดับ 1, 1.5,และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทางด้านความชอบรวม พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม ที่ทำให้คะแนนความชอบรวมของโยเกิร์ตสูงสุด คือ 1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากมีการใช้น้ำตาลหลายชนิดผสมกัน ทำให้กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ทำให้โยเกิร์ตมีลักษณะเฉพาะที่ดีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลแต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

4.2.1 การตรวจสอบการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (% syneresis) แสดงผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงผลการตรวจสอบการแยกตัวของน้ำ

โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง		ตัวอย่าง *				
		1	2	3	4	5
ร้อยละของน้ำ	การแยกตัว	19.92^{b}	21.70^{ab}	23.49^{a}	22.93^{ab}	20.56^{ab}

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

หมายเหตุ 1 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง (Control)

2 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน

3 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน

4 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารให้ความหวาน

5 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน

จากตารางจะเห็นว่า ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์ การแยกตัวของน้ำมากที่สุด คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน เนื่องจากตัวอย่างแต่ละตัวมีความสามารถในการยึดจับกับโมเลกุลของน้ำได้ต่างกัน เมื่อพิจารณาปัจจัยอุณหภูมิและอายุการเก็บ พบว่า การเก็บตัวอย่างอุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะการกรองเกิดไม่สมบูรณ์ เนื่องจากลักษณะเนื้อของโยเกิร์ตบางตัวอย่าง มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ซึ่งบางครั้งพบว่ามีน้ำแยกตัวออกมา แต่จะขังอยู่เหนือผิวหน้าของโยเกิร์ต และซึมผ่านเนื้อของโยเกิร์ตลงไปได้อย่างช้า ๆ หรือไม่ซึมผ่านเลย ทำให้ปริมาณน้ำที่วัดได้มีค่าคลาดเคลื่อนได้ (Doxastakis และ Sherman, 1983:219) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

4.3.1 การหาปริมาณกรดแลคติค (Titratable acidity as lactic)

ตารางที่ 17 แสดงผลการหาปริมาณกรดแลคติค

โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง	ตัวอย่าง				
	1	2	3	4	5
ร้อยละปริมาณกรดแลคติก	2.00[a]	1.90[a]	1.63[b]	1.90[a]	2.00[a]

a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

หมายเหตุ 1 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง (Control)

2 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน

3 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน

4 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารให้ความหวาน

5 คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารให้ความหวาน

จากตารางจะเห็นว่า ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p 0.05) โดยตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคมากที่สุดคือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่มีการใช้น้ำตาลกลูโคส + น้ำตาลซูโครส + น้ำตาลแล็กโทส เนื่องจาก ร้อยละความเป็นกรดแลคติคของโยเกิร์ต ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นเชื้อแบคทีเรียที่ยังมีชีวิตอยู่จึงสามารถทำงานได้ดี ความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ จึงมีความแตกต่างกัน (Ohmiya และ Sato,1969:670) อ้างโดย กีรสุดา สมบูรณ์บูรณะ, 2536 : 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ด้วยเครื่องวัด pH meter

ตารางที่ 18 แสดงผลการวัดความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

ตัวอย่าง (เปอร์เซ็นต์)	ค่า pH ที่วัดได้
L 1	4.10
L 1.5	3.95
L 2	3.95
S 1	4.19
S 1.5	4.18
S 2	4.20
G 1	4.18
G 1.5	4.05
G 2	4.06
M 1	3.82
M 1.5	3.83
M 2	3.84
Control	3.91

หมายเหตุ

L คือ น้ำตาลแล็กโทส
S คือ น้ำตาลซูโครส
G คือ น้ำตาลกลูโคส
M คือ น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส

จากตารางการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จะเห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำตัว-อย่างมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ผลปรากฏว่า ตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุด คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารให้ความหวาน (Kosikowshi,1981:854) อ้างโดย อรพิน ประยงค์รัตน์, 2536 : 10 กล่าวว่า ความเป็นกรดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โยเกิร์ตแช่แข็ง อยู่ในช่วงร้อยละ 0.31-0.35 และ pH อยู่ระหว่าง 4.0-6.5 เป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และแล็กโทส ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ผลิตได้ โดยแปรปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดเป็น 1 , 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ตามลำดับ พร้อมกับเปรียบเทียบกับเมื่อใช้น้ำตาลทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยการหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ผลปรากฏว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง มากที่สุด(3.82) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารให้ความหวาน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แแข็ง โดยการหาปริมาณกรดแลคติค ผลปรากฏว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งมีค่าความเป็นกรดแลคติคมากที่สุด(2.00 เปอร์เซ็นต์) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+ น้ำตาลซูโครส+ น้ำตาลแล็กโทส ร่วมกันเป็นสารให้ความหวาน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง โดยการหาเปอร์เซ็นต์การแยกตัวของน้ำ (% Syneresis)จากโยเกิร์ต ผลปรากฏว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) โดยโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีเปอร์เซ็นต์การแยกตัวของน้ำมากที่สุด(23.49 เปอร์เซ็นต์) คือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็งที่ใช้น้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารให้ความหวาน

ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนต่อชนิดของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม คือ น้ำตาลกลูโคส 1 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในทุกๆ ด้าน คือ ความหนืดและความแวววัน ที่ดีของโยเกิร์ต มีสีขาว กลิ่นหอมของการหมักซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต รสชาติหวานอมเปรี้ยว

ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนต่อชนิดของน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม คือ น้ำตาลซูโครส 1 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนการยอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในทุกๆ ด้าน คือ ความหนืดและความแวววัน ที่ดีของโยเกิร์ต มีสีขาว กลิ่นหอมของการหมักซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต รสชาติหวานอมเปรี้ยว

ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนต่อชนิดของน้ำตาลแล็กโทสที่เหมาะสม คือ น้ำตาลแล็กโทส 1 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในทุกๆ ด้าน คือ ความหนืดและความแวววันที่ดีของโยเกิร์ต มีสีขาว กลิ่นหอมของการหมักซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต รสชาติหวานอมเปรี้ยว

ผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสกึ่งฝึกฝนต่อชนิดของน้ำตาลกลูโคส+ น้ำตาลซูโครส+ น้ำตาลแล็กโทส ร่วมกันที่เหมาะสม คือ น้ำตาลกลูโคส+ น้ำตาลซูโครส+ น้ำตาลแล็กโทส ร่วมกัน 1 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในทุกๆ ด้าน คือ ความหนืดและความแวววันที่ดีของโยเกิร์ต มีสีขาว กลิ่นหอมของการหมักซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของโยเกิร์ต รสชาติหวานอมเปรี้ยว

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลให้มากกว่าการทดลองในครั้งนี้
2. ควรตักฟองอากาศทิ้งให้หมด เพื่อผิวหน้าของโยเกิร์ตจะได้เรียบเนียน
3. ระหว่างการพาสเจอร์ไรซ์ควรจะคนโยเกิร์ตตลอดเวลา เพื่อป้องกันการไหม้ ซึ่งทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์
4. ควรมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพเพิ่มเติม เนื่องจากการวิจัยนี้มีเวลาค่อนข้างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กีรสุดา สมบูรณ์บูรณะ.2536. ผลของอุณหภูมิและอายุการเก็บต่อปริมาณสารบางชนิดและคุณภาพของโยเกิร์ตชนิดธรรมดา . กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 144 น.

กลุ่มเกษตรสัญจร, (ผู้จัดพิมพ์). ม.ป.ป. ถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : กลุ่มเกษตรสัญจร. 63 น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542. สารให้ความหวาน. กรุงเทพฯ : จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ . 118 น.

ค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, สถาบัน. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 150 น.

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม, ภาควิชา. 2545. คู่มือการทำปัญหาพิเศษ. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 60 น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ.2534. การเลี้ยงโคนม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. 356 น.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ.2534. การผลิตโคนม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 235น.

วรรณา ตั้งเจริญสุข และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 187 น.

สมชาย ประภาวัต. 2535. เทคโนโลยีการทำแป้งจากถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. 60 น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ. 12 น.

อรพิน ประยงค์รัตน์ . 2536 . ผลของแอสปาเตมร่วมกับโพลีเด็กซ์โตรสและกัมต่างชนิด ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง . กรุงเทพฯ . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 88 น.

Anon. 1986. Dextrorotary or Levorotary Lactic Acid-No Problem. North Eur. Dairy J. 52 (1) : 17-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

Hedonic Scale Test

ผลิตภัณฑ์.....วันที่.....

ชื่อผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส.....เวลา.....

คำชี้แจง

กรุณาทดสอบทางประสาทสัมผัสตัวอย่างจากซ้ายไปขวาแล้วประเมินผลในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม โดยให้คะแนนความชอบตัวอย่างแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

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

ปัจจัย	ผลิตภัณฑ์			
	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส (เมื่ออยู่ในปาก)	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

1.1 การตรวจสอบการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต (% syneresis)

(Johnson และ Zabik, 1981)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)
2. กรวยกรองแก้ว (funnel)
3. กระดาษกรอง (whatman เบอร์ 1)

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งน้ำหลักขวดรูปชมพู่ จดบันทึกไว้
2. ชั่งน้ำหนักโยเกิร์ต 70 กรัม ใส่ลงในกรวยซึ่งมีกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 โดยใช้ขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนรองรับน้ำที่แยกออกมาจากโยเกิร์ต
3. จับเวลา 1 ชั่วโมง ยกกรวยออก ชั่งน้ำหนักขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำซึ่งแยกออกมาจากโยเกิร์ตอยู่ภายใน
4. หักลบค่าที่ได้จากข้อ 3 ด้วยน้ำหนักขวดรูปชมพู่ จะได้น้ำหนักของน้ำที่แยกออกมา
5. คำนวณหาค่าร้อยละการแยกตัวของน้ำโดย

$$\text{ร้อยละการแยกตัวของน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่แยกออกมา}}{\text{น้ำหนักโยเกิร์ตเริ่มขึ้น}} \times 100$$

2.วิเคราะห์ทางเคมี

2.1 การหาปริมาณกรดแลคติค (Titratable acidity)

<u>สารเคมี</u>

- สารละลายฟีนอฟธาลีน (phenopthalein indicator) เตรียมโดยละลายฟีนอฟธาลีน 1 กรัม ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% 100 มิลลิลิตร เตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ทีละหยดจนหยดแรกให้สีชมพูแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 200 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับน้ำปริมาณเท่า ๆ กันในขวดพลาสติก ทิ้งไว้เป็นเวลา 3-4 วัน เพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ส่วนที่ไม่ละลายตกตะกอน จากนั้นให้สารละลายส่วนใสมาเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้ stock solution ประมาณ 8 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดรเจนพธาเลต (potassium hydrogen phthalate) เพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอน

<u>วิธีการ</u>

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างโยเกิร์ตที่จะหาปริมาณ 2 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นปลอดคาร์บอนไฮดรอกไซด์ (อุ่นน้ำกลั่นให้มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส) 30 มิลลิลิตร

2. เติมสารฟีนอฟธาลีน 3 หยด

3. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะได้สารละลายที่มีสีชมพูอ่อน

4. คำนวณปริมาณกรดในรูปของกรดแลคติคตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรด} = \frac{N \times V \times 90.08 \times 100}{1000 \times Wt}$$

กำหนดให้

N = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

Wt = น้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างโยเกิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวก ค 1 ผลการให้คะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของซูโครส

ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง				ผลรวม
	A	B	C	D	
1	5	6	8	8	27
2	6	7	8	8	29
3	7	6	6	6	25
4	5	8	9	9	31
5	6	7	7	7	27
6	7	8	9	9	33
7	6	7	8	8	29
8	5	6	7	7	25
9	5	6	6	6	23
10	6	7	8	8	29
11	6	7	6	6	25
12	5	6	7	7	25
13	7	7	8	8	30
14	6	8	9	9	32
15	5	6	8	8	27
ผลรวม	87	10	114	114	417
ค่าเฉลี่ย	5.80	6.80	7.60	7.60	

A = Control

B = ซูโครส 1%

C = ซูโครส 1.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D = ซูโครส 2%

ตัวอย่างการคำนวณว่า analysis of variance ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น

การคำนวณหา CF (Correction Factor)

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

$$= (417)^2 / (15 \times 4)$$

$$= 173{,}889 / 60$$

$$= 2898.15$$

การคำนวณหาค่า df (degree of freedom)

2.1 df, sample

= จำนวนตัวอย่าง - 1

= 4 - 1

= 3

2.2 df, judges

= จำนวนผู้ทดสอบ - 1

= 15 - 1

= 14

2.3 df, total

= จำนวนการตรวจ - 1

= 60 - 1

= 59

2.4 df, error

= df, total - df, judges - df, sample

= 59 - 14 - 3

= 42

การคำนวณหาค่า SS (Sum of square)

3.1 SS, Sample $= \frac{\sum(\text{ค่า total ของแต่ละ sample})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินแต่ละ sample})} - \text{CF}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{(87^2 + \ldots + 114^2)}{15} - 2898.15$$

$$= 32.85$$

3.2 SS, judges $= \dfrac{\sum(\text{ค่า total ของแต่ละ judges})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ judges})} - CF$

$$= \frac{(27^2 + 29^2 + \ldots 27^2)}{4} - 2898.15$$

$$= 30.1$$

3.3 SS, total $= \sum (\text{ค่าการประเมินทุกค่า})^2 - CF$

$$= (5^2 + 6^2 + \ldots + 8^2) - 2898.15$$

$$= 2979 - 2898.15$$

$$= 80.85$$

3.4 SS, error $=$ SS, total - SS, judges - SS, sample

$$= 80.85 - 30.1 - 32.85$$

$$= 17.9$$

การคำนวณหา MS (Mean Square) ของตัวแปรโดยจำแนกได้ดังนี้

4.1 MS, sample $= \dfrac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}}$

$$= \frac{32.85}{3}$$

$$= 10.95$$

4.2 MS, judges $= \dfrac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}}$

$$= \frac{30.1}{14}$$

$$= 2.15$$

4.3 MS, error $= \dfrac{\text{SS, error}}{\text{df, error}}$

$$= \frac{17.9}{42}$$

$$= 0.42$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่า F (Variance ratio) ของ Sample และ Judges โดยจำแนกได้ดังนี้

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

$= \frac{10.95}{0.42}$

$= 26.07$

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

$= \frac{2.15}{0.42}$

$= 5.11$

ตารางภาคผนวก ค2 การวิเคราะห์แบบ Analysis of Variance ด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลือง

Source of Variation	SS	df	MS	F	F-
sample	32.85	3	10.95	26.07*	2.82
judges	30.1	14	2.15	5.11*	1.93
error	17.9	42	0.42		
total	80.85	59			

6. ไปพิจารณาหาค่า P โดยเป็นตาราง (Variance ratio)

6.1 พิจารณาความแตกต่างของ sample

F, sample = 26.07

F, Total, P = 0.5 ที่ df, sample $n_1 = 3$

ที่ df, error $n_2 = 42$

= 2.82

จากการคำนวณ F sample ที่คำนวณได้ 26.07 มีค่ามากกว่าค่า F ในตาราง P ค่าที่ได้ 2.82 แสดงว่าแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

6.2 พิจารณาความแตกต่างของ judges

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F, judges = 5.11

F, Total, P = 0.05 ที่ df, sample n_1 = 14

df, error n_2 = 42

= 1.93

จากการคำนวณ F, judges ที่คำนวณได้ 5.11 มีค่ามากกว่าค่า F ในตาราง P ค่าที่วัดได้ 1.93 แสดงว่า Judges มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

1. พิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ระดับ $P \leq 0.05$ จากคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างตามลำดับจากมากไปหาน้อย

D	C	B	A
7.60	7.60	6.80	5.80

7.1 หาค่า Standard error (SE)

$$= \sqrt{\frac{\text{MS, error}}{\text{replicate}}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.42}{15}}$$

$$= \sqrt{0.03}$$

$$= 0.17$$

7.2 เปิดตารางหาค่า Significant studentized range (SSR) ที่ t = 3 ค่า df, error = 42 จากการเปิดตารางค่าที่ได้ = 3.01

7.3 คำนวณค่า LSD (Least significant difference) m^1 ความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด

LSD = SE x SSR

= 0.17 x 3.01

= 0.51

7.4 โดยค่า LSD ที่ได้จะเป็นค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด ค่าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละคู่มีค่ามากกว่าค่า LSD แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 3 ตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D - C = 7.60 – 7.60 = 0 < 0.51 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

D - B = 7.60 – 6.80 = 0.80 > 0.51 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

D - A = 7.60 – 5.80 = 1.80 > 0.51 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

C - B = 7.60 – 6.80 = 0.80 > 0.51 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

C - A = 7.60 – 5.80 = 1.80 > 0.51 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

B - A = 6.80 – 5.80 = 1 > 0.51 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางภาคผนวก ค 3 การวิเคราะห์แบบ Analysis of Variance ด้านการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็งที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวาน

D	C	B	A
7.60^{a}	7.60^{a}	6.80^{b}	5.80^{c}

ตารางภาคผนวก ค 4 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะ-ปรากฏของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 4

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	4.05	3	1.35	1.84^{ns}	2.82
judges	16.1	14	1.15	1.57^{ns}	1.93
error	30.7	42	0.73		
total	50.85	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 5 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านสีของ - โยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 5

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	2.85	3	1.95	1.25^{ns}	2.82
judges	18.6	14	1.32	1.89^{ns}	1.93
error	29.4	42	0.7		
total	50.85	59			

ตารางภาคผนวก ค 6 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 6

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	48.85	3	16.28	22.13^{*}	2.82
judges	5.23	14	0.37	0.50^{ns}	1.93
error	30.9	42	0.73		
total	84.98	59			

ตารางภาคผนวก ค 7 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 7

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	62.13	3	20.71	26.87^{*}	2.82
judges	9.9	14	0.70	0.91^{ns}	1.93
error	32.36	42	0.77		
total	104.4	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 8 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส-ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 8

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	1.2	3	0.4	0.33^{ns}	2.82
judges	26.5	14	1.89	1.58^{ns}	1.93
error	50.3	42	1.19		
total	78	59			

ตารางภาคผนวก ค 9 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบรวมของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงดังตาราง ค 9

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	69.9	3	23.2	16.82^{*}	2.82
judges	16.5	14	1.17	0.85^{ns}	1.93
error	57.9	42	1.37		
total	144	59			

ตารางภาคผนวก ค 10 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะ-ปรากฏของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 10

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	10.8	3	3.6	4.42^{*}	2.82
judges	24.6	14	1.75	2.15^{*}	1.93
error	34.2	42	0.81		
total	69.6	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 11 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 11

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	3	3	1	1.71^{ns}	2.82
judges	23.5	14	1.67	2.87^{*}	1.93
error	24.5	42	0.58		
total	51	59			

ตารางภาคผนวก ค 12 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 12

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	63.6	3	21.2	36.49^{*}	2.82
judges	11.6	14	0.82	1.42^{ns}	1.93
error	24.4	42	0.58		
total	99.6	59			

ตารางภาคผนวก ค 13 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 13

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	47.25	3	15.75	28.76^{*}	2.82
judges	4.73	14	0.33	0.61^{ns}	1.93
error	23	42	0.54		
total	74.98	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 14 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 14

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	5.25	3	1.75	3.06*	2.82
judges	32.4	14	2.31	4.05*	1.93
error	24	42	0.57		
total	61.65	59			

ตารางภาคผนวก ค 15 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบรวมของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 15

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	70.2	3	23.4	56.80*	2.82
judges	1.9	14	0.13	0.32ns	1.93
error	17.3	42	0.41		
total	89.4	59			

ตารางภาคผนวก ค 16 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 16

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	0.06	3	0.02	0.12ns	2.82
judges	3.23	14	0.23	1.30ns	1.93
error	7.43	42	0.17		
total	10.73	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 17 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 17

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	0.26	3	0.08	0.05^{ns}	2.82
judges	15.23	14	1.08	0.80^{ns}	1.93
error	70.23	42	1.67		
total	85.73	59			

ตารางภาคผนวก ค 18 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 18

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	48	3	16	22.03*	2.82
judges	5.5	14	0.39	0.54^{ns}	1.93
error	30.5	42	0.72		
total	84	59			

ตารางภาคผนวก ค 19 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 19

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	41.25	3	13.75	16.26*	2.82
judges	20.9	14	1.49	1.76^{ns}	1.93
error	35.5	42	0.84		
total	47.65	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 20 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 20

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	1.4	3	0.46	0.53^{ns}	2.82
judges	22.6	14	1.61	1.85^{ns}	1.93
error	36.6	42	0.87		
total	60.6	59			

ตารางภาคผนวก ค 21 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบรวมของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 21

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	10.2	3	3.4	3.41^{*}	2.82
judges	29	14	2.07	2.08^{*}	1.93
error	41.8	42	0.99		
total	81	59			

ตารางภาคผนวก ค 22 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 22

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	4.05	3	1.35	1.84^{ns}	2.82
judges	16.1	14	1.15	1.57^{ns}	1.93
error	30.7	42	0.730		
total	50.85	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 23 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวานแสดงผลดังตาราง ค 23

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	6.73	3	2.24	2.46^{ns}	2.82
judges	24	14	1.71	1.89^{ns}	1.93
error	38.26	42	0.91		
total	69	59			

ตารางภาคผนวก ค 24 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวานแสดงผลดังตาราง ค 24

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	73.65	3	24.55	42.78^{*}	2.82
judges	3.5	14	0.25	0.43^{ns}	1.93
error	24.1	42	0.57		
total	101.25	59			

ตารางภาคผนวก ค 25 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านรสชาติของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวานแสดงผลดังตาราง ค 25

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	66.85	3	22.28	26.45^{*}	2.82
judges	13.48	14	0.95	1.01^{ns}	1.93
error	39.9	42	0.95		
total	120.18	59			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 26 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวานแสดงผลดังตาราง ค 26

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	1.2	3.	0.4	0.33^{ns}	2.82
judges	26.5	14	1.89	1.58^{ns}	1.93
error	50.3	42			
total	78	59			

ตารางภาคผนวก ค 27 วิเคราะห์ค่าแปรปรวนด้านการทดลองทางประสาทสัมผัส ด้านความชอบรวมของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น ที่ใช้น้ำตาลกลูโคส+น้ำตาลซูโครส+น้ำตาลแล็กโทสเป็นสารที่ให้ความหวาน แสดงผลดังตาราง ค 27

Source of variation	SS	df	MS	F	F-
sample	55.65	3	18.55	22.84*	2.82
judges	9.1	14	0.65	0.80^{ns}	1.93
error	34.1	42	0.81		
total	98.85	59			

ตารางภาคผนวก ค 28 วิเคราะห์ความแปรปรวนการแยกตัวของน้ำ จากโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่เย็น % synersis

Source of variation	SS	df	MS	F	F _
Sample	37.89	3	12.63	5.22*	3.86
Judges	11.51	3	3.84	1.58^{ns}	3.86
Error	21.80	9	2.42		
Total	71.20	15			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 29 วิเคราะห์ความแปรปรวนการหาปริมาณกรดแลคติค ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

Source of variation	SS	df	MS	F	F _
Sample	0.07	3	0.02	1.65 ns	3.86
Judges	0.17	3	0.06	3.83 ns	3.86
Error	0.13	9	0.01		
Total	0.37	15			

ตารางภาคผนวก ค 30 วิเคราะห์ความแปรปรวนความเป็นกรด – ด่าง ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองแช่แข็ง

Source of variation	SS	df	MS	F	F _
Sample	0.05	3	0.02	2.40 ns	3.86
Judges	0.16	3	0.05	7.08*	3.86
Error	0.7	9	0.01		
Total	0.28	15			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้