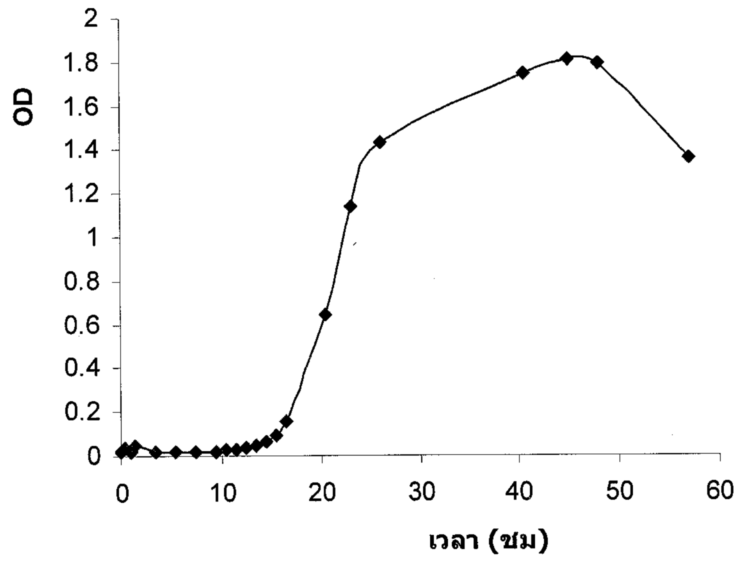
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

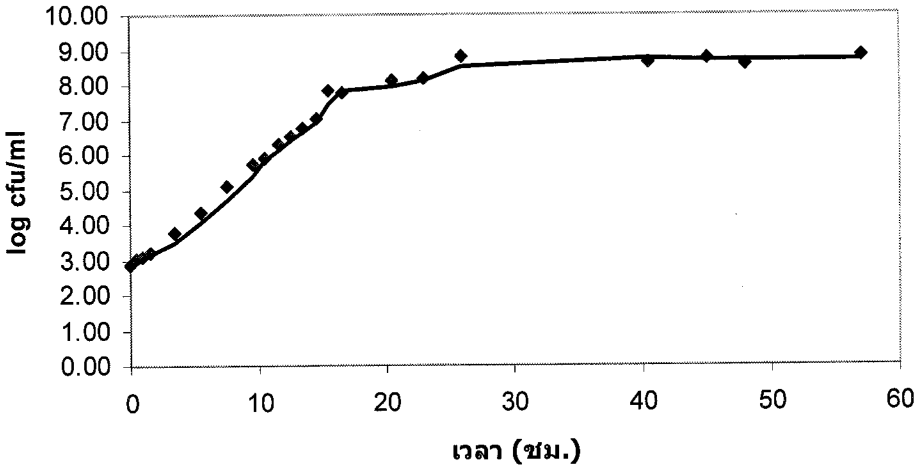
1. การทดลองที่ 1 ผลของการศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* TISTR No. 58

การศึกษากราฟการเจริญของเชื้อโปรไบโอติก *Lc.lactis* spp. *cremoris* โดยทำการทดลองเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °ซ สุ่มตัวอย่างที่ช่วงเวลาต่างๆมาวัดค่าการดูดกลืนแสง และตรวจนับจำนวนเชื้อโดยใช้วิธีการ Dilution plate count ผลการทดลองแสดงในกราฟดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสง (OD_{600}) ของเชื้อแบคทีเรีย *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth

จากภาพที่ 2 เป็นการศึกษาการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lc. lactis* spp. *cremoris* โดยการวัดความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth พบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นค่าการดูดแสงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth มีความขุ่นมากขึ้นแสดงว่ามีจำนวนเซลล์มากขึ้น การวัดความขุ่นเป็นวิธีที่ง่ายที่จะติดตามการเจริญ แต่วิธีนี้เป็นการวัดเซลล์เป็นและเซลล์ตายรวมกัน(ดวงพร คันธโชติ 2545) ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตจึงนับจำนวนเชื้อโดยใช้วิธีการ Dilution plate count แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3 กราฟการเจริญ(growth curve) ของเชื้อแบคทีเรีย *Lc. lactis* spp. *cremoris* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ

จากภาพที่ 3 พบว่าในช่วงแรกของการสุ่มตัวอย่างมาทำการศึกษาการเจริญนั้นเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมีการเจริญอยู่ในช่วงแล็ก เฟส (lag phase) คือชั่วโมงที่ 0 – 3.5 โดยมีจำนวนของแบคทีเรียโปรไบโอติกอยู่ประมาณ 3 Log cfu และเข้าสู่ช่วงล็อก เฟส(log phase) ในชั่วโมงที่ 3.5 ซึ่งจำนวนประชากรของแบคทีเรียโปรไบโอติกจะค่อยๆเพิ่มขึ้นและเข้าสู่เฟสคงที่ (stationary phase) ประมาณชั่วโมงที่ 19.5 ซึ่งมีจำนวนประชากรประมาณ 8 Log cfu ส่วนระยะเดท เฟส (death phase) นั้นอาจจะเริ่มหลังจากชั่วโมงที่ 56 หรือมากกว่า โดยในระยะแล็ก เฟส (lag phase) เมื่อปลูกถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อในระยะเริ่มต้นจะยังไม่มีการเพิ่มจำนวนทันที แต่จะมีการสังเคราะห์สารต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ทำให้เซลล์แต่ละเซลล์มีการเพิ่มขนาด และแบคทีเรียจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ ระยะล็อก เฟส (log phase) หรือเอ็กโปเนนเชียล เฟส (exponential phase)นั้น เซลล์จะมีการแบ่งตัวกันอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่เมื่อพล็อตล็อกของจำนวนเซลล์กับเวลาจะได้เป็นกราฟเส้นตรง (ดวงพร คันธโชติ, 2545) เมื่อเข้าสู่เฟสคงที่ (stationary phase) เป็นระยะที่แบคทีเรียมีจำนวนเซลล์สูงสุดและคงที่จำนวนประชากรแบคทีเรียอาจสูงถึง 10^8 cfu/ml จะเป็นช่วงที่การเจริญหยุดซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น กรด สารพิษต่างๆ (วรรณดี บัญญัติรัชต 2542) หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระยะเดท เฟส (death phase) ซึ่งแบคทีเรียจะลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีหลายสาเหตุที่ทำให้แบคทีเรียตาย แต่สาเหตุสำคัญคือ การขาดสารอาหารที่จำเป็นและการสะสมสารยับยั้งการเจริญ เช่น กรด ในช่วงนี้จำนวนของเซลล์ที่มีชีวิต (Viable cell) จะลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียล (exponential) ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่กลับกันกับช่วงเวลาล็อก เฟส (log phase) ปกติแบคทีเรียเจริญที่อัตราต่างๆกันและตายด้วยอัตราต่างๆกัน เช่นแบคทีเรียแกรมลบพวกเซลล์กลม (Gram negative cocci) ตายอย่างรวดเร็วมาก จึงมีเซลล์ที่มีชีวิตเหลือน้อยมากในอาหารหลังจาก 72 ชั่วโมง หรือน้อยกว่านั้น ในขณะที่แบคทีเรียชนิดอื่นๆ ตายอย่างช้าๆ โดยเซลล์ที่มีชีวิตนั้นอาจจะยังพบได้เป็นเวลาหลายเดือนหรือหลายปีก็ได้ (ดวงพร คันธโชติ, 2545)

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ช่วงระยะเฟสคงที่ (stationary phase) ของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก คือประมาณชั่วโมงที่ 20 ในการนำมาใช้เพื่อทำการทดลองในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ในการทดลองที่ 2 ต่อไป ซึ่งช่วงเวลาที่เลือกนำมาใช้เป็นช่วงเวลาที่พบว่ามีปริมาณของเชื้อสูงถึง 8 Log cfu ซึ่ง Analie and Vilijoen (2001) กล่าวว่าปริมาณการปลูกถ่ายเชื้อ (Inoculum) ในขั้นตอนผลิต เป็นสิ่งที่สำคัญในผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกเพื่อให้แน่ใจว่ามีเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกสามารถรอดชีวิตอยู่ได้ในระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกายจนถึงมือผู้บริโภค

2. การทดลองที่ 2 ผลของการศึกษาชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่เหมาะสมในไอศกรีมโยเกิร์ต

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู สี เปอร์เซ็นต์การละลาย และลักษณะเนื้อสัมผัส ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวแตกต่างกัน

2.1.1 เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun)

เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าสารช่วยให้ความคงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน แซนแทนกัม และปริมาณที่ใช้คือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 และ 4 แสดงว่าชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีผลร่วมต่อการขึ้นฟูของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยตัวอย่างที่เติมสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดมีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)และตัวอย่างที่มีการเติมสารช่วยให้คงตัวทั้ง 3 ระดับก็ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูที่ไม่แตกต่างกันเช่นกัน ($P>0.05$)และตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตมีเปอร์เซ็นต์ขึ้นฟูอยู่ในช่วง 40.82 - 46.53

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ต่างชนิดกัน

ชนิดของสารช่วยให้คงตัว	**ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun)**
คาราจีแนน	$41.64^{a} \pm 9.04$
แซนแทนกัม	$46.04^{a} \pm 7.00$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 3 พิจารณาชนิดของสารช่วยให้คงตัว พบว่าชนิดของสารช่วยให้คงตัวไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยตัวอย่างไอศกรีมมีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูที่ไม่แตกต่างกัน($P>0.05$)โดยแซนแทนกัมและคาราจีแนนจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู 46.04 และ 41.64 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ต่างกัน

ปริมาณของสารช่วยให้คงตัว (%)	ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู (%Overrun)
0.1	44.57 ^{a}±7.17
0.2	43.7 ^{a}±9.28
0.3	43.25 ^{a}±8.80

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 พิจารณาปริมาณสารช่วยให้คงตัว 2 ชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัมโดยพบว่าปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีม ($P>0.05$) พบว่าปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่มากขึ้นมีผลให้เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูมีแนวโน้มที่ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Ioanna and others (1990) ที่ทำการศึกษาการเติมสารช่วยให้คงตัวสามชนิดที่ระดับ 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าไอศกรีมจะมีเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูมากที่สุดที่ปริมาณสารช่วยให้คงตัว 0.2 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าเมื่อเติมสารช่วยให้คงตัวที่ระดับมากกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นฟูลดต่ำลง

2.1.2 สี

ค่าสีในตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตแสดงผลในรูปของค่า L a และ b โดยค่า L เป็นค่าความสว่างเริ่มจากสว่าง (ค่า L= 100 จนมืดค่า L= 0) ค่า a เป็นค่าสีแดง (ค่า a เป็นบวก) และสีเขียว (ค่า a เป็นลบ) ส่วนค่า b เป็นค่าสีเหลือง(ค่า b เป็นบวก) และสีน้ำเงิน(ค่า b เป็นลบ) จากการวัดค่าสีของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตพบว่าชนิดของสารช่วยให้คงตัวและปริมาณที่ใช้ไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน ($P>0.05$) แต่ปริมาณที่ใช้ของสารช่วยให้คงตัวทั้งสองชนิดมีผลต่อค่าความสว่าง ($P\leq0.05$) กล่าวคือเมื่อปริมาณการใช้สารช่วยให้คงตัวเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่างของไอศกรีมโยเกิร์ตมีค่าลดลงตามลำดับ ส่วน ค่าสีเขียว และค่าสีเหลือง พบว่าทั้งชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีผลต่อค่าสีดังกล่าวในผลิตภัณฑ์ ($P>0.05$) เนื่องจากสารช่วยให้ความคงตัวทั้งสองชนิดมีผลทำให้ตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตมีค่าความสว่างที่มากกว่า 90 ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตมีสีขาว

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความสว่าง (L) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ต่างชนิดกัน

ชนิดของสารช่วยให้คงตัว	ค่าความสว่าง (L)
คาราจีแนน	93.95^{a}±1.86
แซนแทนกัม	93.35^{a}±2.32

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 5 พิจารณาชนิดของสารช่วยให้คงตัว 2 ชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม พบว่าให้ค่าความสว่างในผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าความสว่าง เท่ากับ 93.95 และ 93.35 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความสว่าง (L) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ต่างกัน

ปริมาณของสารช่วยให้คงตัว (%)	ค่าความสว่าง (L)
0.1	95.51 ^{a}±0.43
0.2	94.29 ^{b}±0.61
0.3	91.16 ^{c}±1.45

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 พิจารณาถึงปริมาณสารช่วยให้คงตัว ทั้ง 3 ระดับ พบว่าปริมาณสารช่วยให้คงตัวมีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์โดย โดยมีผลทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ($P\leq0.05$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสารช่วยให้คงตัวเพิ่มมากขึ้น ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นสีเขียว (a) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ต่างชนิดกัน

ชนิดของสารช่วยให้คงตัว	**ค่าความเป็นสีเขียว (a)**
คาราจีแนน	$-2.32^{a}\pm0.22$
แซนแทนกัม	$-2.23^{a}\pm0.22$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 7 ค่าความเป็นสีเขียวของไอศกรีมโยเกิร์ต พิจารณาจากชนิดของสารช่วยให้คงตัว 2 ชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม พบว่าทั้งคาราจีแนนและแซนแทนกัมให้ค่าความเป็นสีเขียวไม่แตกต่างกัน($P>0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นสีเขียว (a) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ต่างกัน

ปริมาณของสารช่วยให้คงตัว (%)	**ค่าความเป็นสีเขียว (a)**
0.1	$-2.27^{a}\pm0.34$
0.2	$-2.27^{a}\pm0.10$
0.3	$-2.29^{a}\pm0.19$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นสีเขียวของไอศกรีมโยเกิร์ต พิจารณาจากระดับของสารช่วยให้คงตัวพบว่าปริมาณสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเขียวของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าความสีเขียวไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ต่างชนิดกัน

ชนิดของสารช่วยให้คงตัว	**ค่าความเป็นสีเหลือง (b)**
คาราจีแนน	$8.12^{a} \pm 0.75$
แซนแทนกัม	$6.97^{a} \pm 1.63$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นสีเหลืองของไอศกรีมโยเกิร์ต พิจารณาจากสารช่วยให้คงตัวทั้งสองชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม ให้ค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่ต่างกัน

ปริมาณของสารช่วยให้คงตัว (%)	**ค่าความเป็นสีเหลือง (b)**
0.1	$7.67^{a} \pm 1.25$
0.2	$7.58^{a} \pm 0.51$
0.3	$7.40^{a} \pm 2.08$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 ค่าความเป็นสีเหลืองของไอศกรีมโยเกิร์ต พิจารณาจากระดับของสารช่วยให้คงตัวพบว่าปริมาณสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าความสีเหลืองไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

2.1.3 ค่าการละลาย

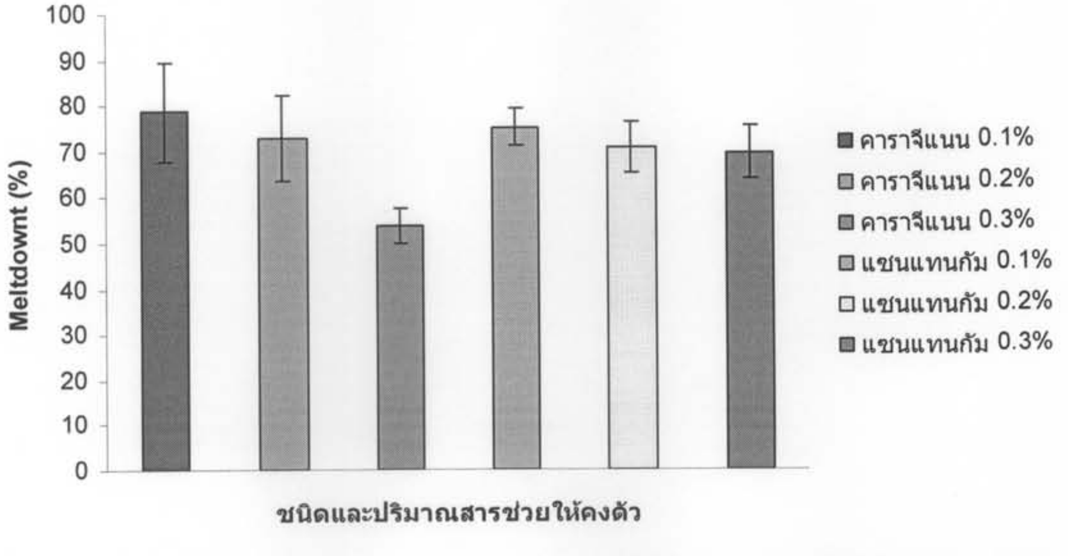
เปอร์เซ็นต์การละลายของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 6 ตัวอย่างพบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้ความคงตัวที่แตกต่างกันมีอิทธิพลร่วมต่อกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต

11 และ ภาพที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gel-Nagar and others (2002) ที่ทำการเติมสารช่วยให้คงตัวที่ระดับ 5 7 และ 9 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารช่วยให้คงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตมีผลทำให้ค่าการการละลายลดต่ำลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Ioanna and others (1990) ที่ทำการเติมสารช่วยให้คงตัว 3 ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตพบว่า การเติมสารช่วยให้คงตัวในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการละลายที่ลดต่ำลง

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าเปอร์เซ็นต์การละลาย (%Meltdown) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ชนิดและปริมาณแตกต่างกัน

สารช่วยให้คงตัว	ปริมาณสารช่วยให้คงตัว		
	0.1 %	0.2 %	0.3 %
คาราจีแนน	$78.69^{b}\pm10.74$	$72.90^{b}\pm9.34$	$53.73^{a}\pm3.91$
แซนแทนกัม	$75.14^{b}\pm4.13$	$70.77^{b}\pm5.31$	$69.70^{b}\pm5.74$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์การละลาย (% Meltdown) ของไอศกรีมโยเกิร์ต ที่ใช้สารช่วยให้คงตัวที่ชนิดและปริมาณแตกต่างกัน

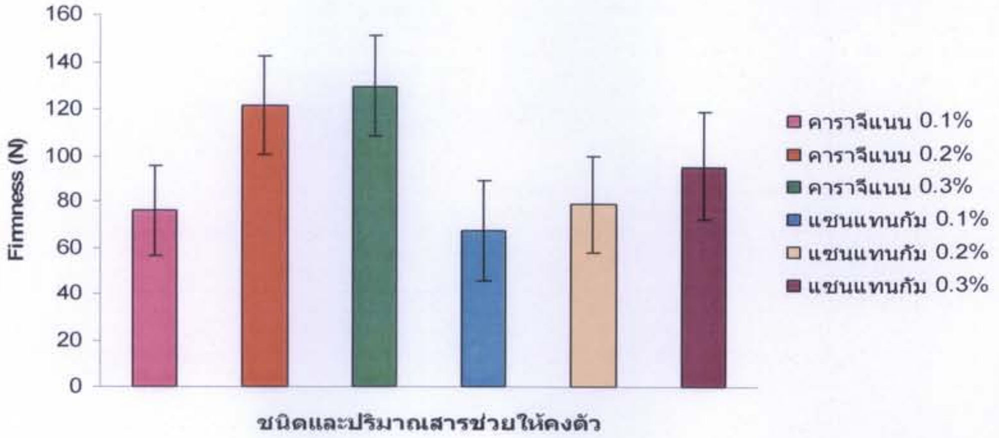
2.1.4 ค่าความแน่นแข็ง

ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความแน่นแข็งของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตแสดงถึงสมบัติในการเสียรูปร่างของไอศกรีมโยเกิร์ต จากการทดลองพบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตจะเกิดการเสียรูปร่างเมื่อได้รับแรงกด 75.95 – 129.57 นิวตัน และพบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้ความคงตัวที่แตกต่างกันมีอิทธิพลร่วมต่อกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 5 โดยปริมาณของสารช่วยให้ความคงตัวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นแข็งของผลิตภัณฑ์ทั้งที่เติมคาราจีแนนและแซนแทนกัมมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยตามลำดับ ($P\leq0.05$)โดยตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีการเสียรูปร่างสูงสุด คือ แซนแทนกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ต่างจากคาราจีแนน0.1 เปอร์เซ็นต์และแซนแทนกัม 0.2 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) และตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีการเสียรูปร่างยากที่สุด คือ คาราจีแนน 0.3 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ต่างจากคาราจีแนน 0.2 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าปริมาณของสารช่วยให้ความคงตัวที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความแน่นแข็งของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นด้วย($P\leq0.05$) (Gel-Nagar and others 2002)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความแน่นแข็ง (Firmness) (N) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารช่วยให้คงตัวที่ชนิดและปริมาณแตกต่างกัน

สารช่วยให้คงตัว	**ปริมาณสารช่วยให้คงตัว**		
	0.1 %	0.2 %	0.3 %
คาราจีแนน	$75.95^{a}\pm19.40$	$121.37^{c}\pm20.87$	$129.57^{c}\pm21.36$
แซนแทนกัม	$67.13^{a}\pm21.56$	$78.69^{a}\pm21.27$	$95.06^{b}\pm23.52$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 ค่าความแน่นแข็ง (Firmness) ของไอศกรีมโยเกิร์ต ที่ใช้สารช่วยให้ความคงตัวที่ชนิดและปริมาณแตกต่างกัน

2.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้ความคงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน และแซนแทนกัม โดยใช้ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีพบว่าชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 13 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน และแซนแทนกัม

สารช่วยให้คงตัว	คะแนนความชอบ สี
คาราจีแนน	7.02 $^{a}\pm$1.27
แซนแทนกัม	7.19 $^{a}\pm$0.97

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 13 พบว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม และคาราจีแนนไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบสี โดยมีค่าคะแนนที่ไม่แตกต่างกัน($P>0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ที่ประมาณ 7 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบ

ตารางที่ 14 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อสีของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัวที่ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณสารช่วยให้คงตัว (%)	คะแนนความชอบ สี
0.1	7.22 $^{a}\pm$1.15
0.2	7.23 $^{a}\pm$0.89
0.3	6.87 $^{a}\pm$1.29

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 14 พบว่าปริมาณของสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับ ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบสี($P>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 7 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบ สีของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมกัน($P>0.05$) โดย สารช่วยให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิด คือคาราจีแนน และแซนแทนกัม ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อค่าความสว่างของ

ผลิตภัณฑ์ แต่จากการทดสอบวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Chroma meter แสดงในตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า ปริมาณของสารช่วยให้คงตัวทั้งสองชนิดมีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ แต่จากการทดสอบค่าสีโดยผู้บริโภคจะเห็นได้ว่าให้ค่าคะแนนที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณของสารช่วยให้คงตัวที่ใช้มีปริมาณแตกต่างกันน้อยมาก จึงทำให้การตรวจสอบด้วยสายตาไม่สามารถที่จะแยกถึงความแตกต่างของสีของผลิตภัณฑ์ได้

ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นพบว่าชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 15 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน และแซนแทนกัม

สารช่วยให้คงตัว	**คะแนนความชอบ กลิ่น**
คาราจีแนน	$6.31^{a}\pm1.47$
แซนแทนกัม	$6.11^{a}\pm1.40$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 15 พบว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ แซนแทนกัมและคาราจีแนนไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบกลิ่น ($P>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 16 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัวที่ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณสารช่วยให้คงตัว (%)	**คะแนนความชอบ กลิ่น**
0.1	$6.32^{a}\pm1.48$
0.2	$6.33^{a}\pm1.46$
0.3	$6.18^{a}\pm1.38$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 พบว่าปริมาณของสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับ ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบกลิ่น ($P>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย เมื่อพิจารณากลิ่น

ของไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (P>0.05) แสดงว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติพบว่าชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 17 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม

สารช่วยให้คงตัว	**คะแนนความชอบ รสชาติ**
คาราจีแนน	6.38 ^{a}±1.67
แซนแทนกัม	6.20 ^{a}±1.86

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 17 พบว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ แซนแทนกัมและคาราจีแนนไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบของรสชาติ (P>0.05) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 18 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อรสชาติของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัวที่ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณสารช่วยให้คงตัว (%)	**คะแนนความชอบ รสชาติ**
0.1	6.23 ^{a}±1.86
0.2	6.58 ^{a} ±1.68
0.3	6.05 ^{a}±1.76

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 พบว่าปริมาณของสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับ ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบของรสชาติ (P>0.05) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย

เมื่อพิจารณารสชาติของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (P>0.05) และสารช่วยให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 19 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน และ แซนแทนกัม และใช้ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

สารช่วยให้คงตัว	**ปริมาณสารช่วยให้คงตัว**		
	0.1 %	0.2 %	0.3 %
คาราจีแนน	$6.03^{b}\pm1.71$	$6.40^{b}\pm1.81$	$4.97^{a}\pm1.56$
แซนแทนกัม	$5.67^{ab}\pm2.01$	$6.00^{b}\pm1.56$	$6.63^{b}\pm1.94$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตพบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวมีอิทธิพลร่วมกัน (P≤0.05) และสารช่วยให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม ในระดับปริมาณ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยพบว่าเมื่อเติมสารช่วยให้คงตัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าคะแนนความชอบของตัวอย่างที่เติมคาราจีแนนมีแนวโน้มลดลง และพบว่าคาราจีแนน 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคะแนนต่ำสุด คือ 4.97 หรือ ไม่ชอบเล็กน้อย ส่วนแซนแทนกัม พบว่าเมื่อเติมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพบว่าแซนแทนกัมที่ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าคะแนนเนื้อสัมผัสสูงสุดคือ 6.63 หรือ ชอบเล็กน้อย

ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบโดยรวมพบว่าชนิดและปริมาณของสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 20 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบโดยรวมของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัว 2 ชนิดคือ คาราจีแนน และแซนแทนกัม

สารช่วยให้คงตัว	**คะแนนความชอบ โดยรวม**
คาราจีแนน	$6.44^{a} \pm 1.48$
แซนแทนกัม	$6.50^{a} \pm 1.46$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 20 พบว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดคือ แซนแทนกัม และคาราจีแนนไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม โดยมีค่าคะแนนที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 21 ค่าคะแนนความชอบที่มีต่อความชอบโดยรวมของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารช่วยให้คงตัวที่ปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณสารช่วยให้คงตัว (%)	**คะแนนความชอบโดยรวม**
0.1	$6.50^{a} \pm 1.51$
0.2	$6.70^{a} \pm 1.42$
0.3	$6.22^{a} \pm 1.45$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 พบว่าปริมาณของสารช่วยให้คงตัวทั้งสามระดับ ไม่มีผลต่อค่าคะแนนความชอบโดยรวม ($P>0.05$) โดยมีค่าคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 6 หรืออยู่ที่ระดับ ชอบเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวมของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่าชนิดและปริมาณสารช่วยให้คงตัวไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (P>0.05) โดยตัวอย่างทั้งหมดมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และจากการตรวจสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ พบว่า สี กลิ่น และรสชาติ มีค่าความชอบที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าความชอบที่แตกต่างกัน (P≤0.05) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสารช่วยให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม ไม่มีผลต่อกลิ่นรสชาติและสี ของผลิตภัณฑ์อาจเนื่องมาจาก กลิ่น และรสชาติของสารช่วยให้ความคงตัวถูกบดบังจากกลิ่นและรสชาติของส่วนผสมไอศกรีมและโยเกิร์ต ส่วนสีอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของปริมาณการเติมสารช่วยให้คงตัวที่น้อยทำให้การตรวจสอบค่าสีจากสายตาไม่สามารถที่แยกแยะความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้ และพบว่าสารช่วยให้คงตัวทั้ง 2 ชนิดมีผลต่อ ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส โดยพบว่าเมื่อเติมสารช่วยให้ความคงตัวในระดับปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้คะแนนความชอบที่มีต่อตัวอย่างที่เติมคาราจีแนนมีแนวโน้มลดลง ส่วนแซนแทนกัมพบว่าค่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แสดงว่าสารช่วยให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิด คือ คาราจีแนนและแซนแทนกัม และในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 0.1 0.2 และ0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อค่าความชอบโดยรวมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต ดังนั้นในการพิจารณาคัดเลือกชนิดของสารช่วยให้คงตัวจึงทำการคัดเลือกโดยพิจารณาจากราคาและปริมาณที่ใช้เป็นสำคัญเนื่องจากเป็นการประหยัดต้นทุน การทดลองต่อไปจึงจะได้ทำการเลือกสารช่วยให้ความคงตัวชนิด แซนแทนกัม ที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่เลือกก็เนื่องจากราคาของแซนแทนกัมถูกกว่าคาราจีแนน (ในอุตสาหกรรมไอศกรีม) และที่เลือกที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ก็เนื่องมาจากเป็นระดับที่ต่ำสุดจึงเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

3. การทดลองที่ 3 การศึกษาการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกต่างชนิดกันในระหว่างขั้นตอนผลิตไอศกรีม

เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่ใช้ในการทดลองคือ เชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus acidophilus* TISTR No.450 (LA), *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* TISTR No.58 (LC) และเชื้อผสมระหว่าง*Lb.acidophillus* กับ *Lc.lactis* spp. *cremoris* ในอัตราส่วนที่เท่ากันคือ (1:1) โดยใช้สารช่วยให้ความคงตัว จากการทดลองที่ 2 คือ แซนแทนกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์

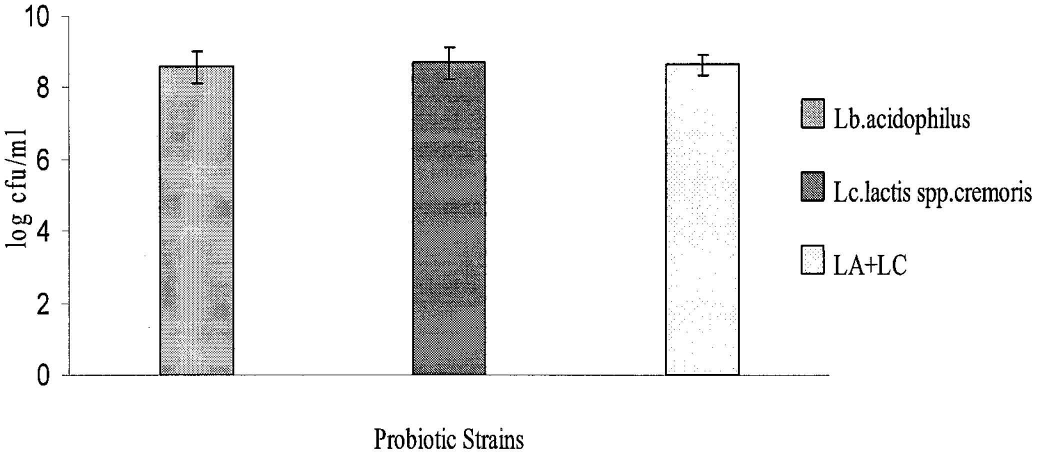
ภายหลังขั้นตอนบ่มไอศกรีมโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทำการเติมเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก จากนั้นนำส่วนผสมไอศกรีมโยเกิร์ตมาผ่านขั้นตอนปั่นไอศกรีมด้วยเครื่อง GAGGIA รุ่น Gelatiera เป็นเวลา 25-30 นาที แล้วศึกษาผลของขั้นตอนปั่นไอศกรีมต่อจำนวนแบคทีเรียโปรไบโอติกต่างชนิดกัน โดยทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ก่อนขั้นตอนปั่นไอศกรีม หลังขั้นตอนปั่นไอศกรีม และขั้นตอนก่อนแช่แข็งไอศกรีมและขั้นตอนหลังแช่แข็งไอศกรีม

จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการปั่นเมื่อพิจารณาถึงสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกันพบว่าสายพันธุ์เชื้อและขั้นตอนการปั่นไอศกรีมไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์เชื้อ	จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)
Lb. acidophilus	$8.57^{a} \pm 0.45$
Lc.lactis spp.*cremoris*	$8.68^{a} \pm 0.44$
LA+LC	$8.62^{a} \pm 0.29$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



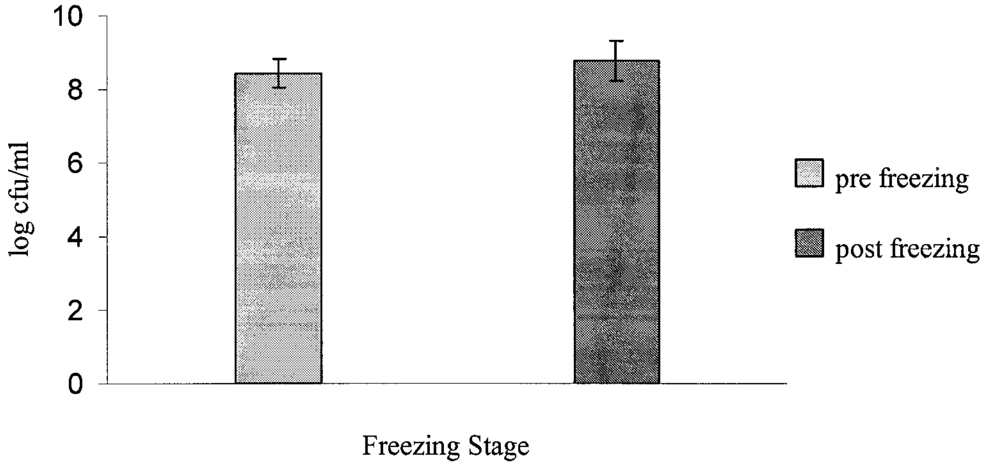
ภาพที่ 6 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม เมื่อพิจารณาถึงสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 22 และภาพที่ 6 พบว่าสายพันธุ์เชื้อทั้งสามชนิด ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนเชื้อเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 8.6 log cfu/ml

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังปั่นไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

ขั้นตอนผลิต	จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)
ก่อนปั่น	$8.45^{a} \pm 0.40$
หลังปั่น	$8.80^{a} \pm 0.54$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 7 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังปั่นไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

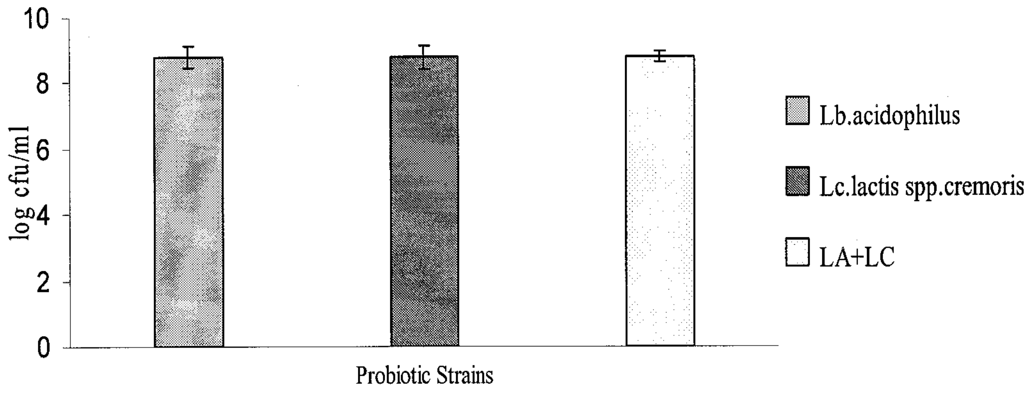
ตารางที่ 23 และ ภาพที่ 7 พบว่าขั้นตอนการปั่นไอศกรีม ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติก ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน จากการทดลองจะเห็นได้ขั้นตอนปั่นไอศกรีมไม่มีผลต่อการเหลือรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้ง 3 ชนิด และพบว่าแบคทีเรียโปรไบโอติกยังคงมีการเหลือรอดภายหลังการปั่นเป็นไอศกรีมประมาณ 8.8 log cfu/ml ซึ่งมากกว่าระดับต่ำสุดของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกายคือ 1×10^{5} cfu/ml (Therapeutic Dose) (Lee and Salminen, 1995; Dave and Shah 1996)

จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีมเมื่อพิจารณาถึงสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าสายพันธุ์เชื้อและขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีมไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์เชื้อ	**จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)**
Lb.acidophilus	$8.79^{a} \pm 0.31$
Lc.lactis spp.*cremoris*	$8.77^{a} \pm 0.36$
LA+LC	$8.78^{a} \pm 0.18$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



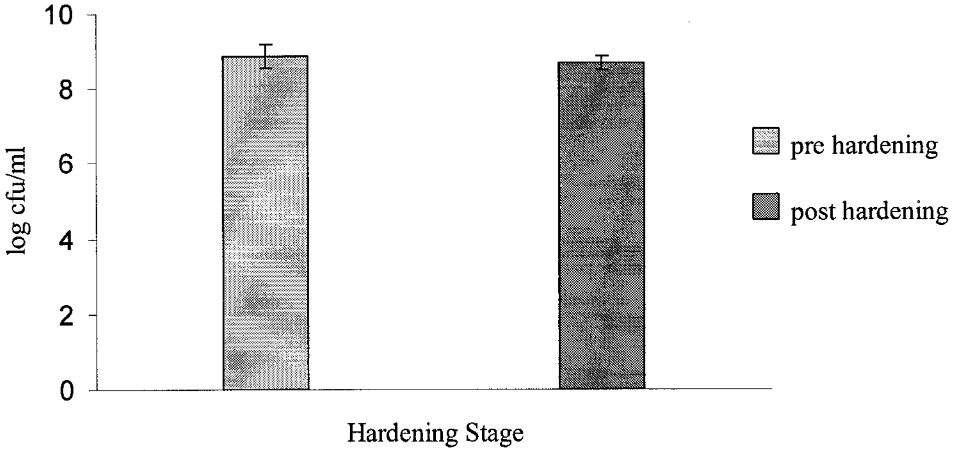
ภาพที่ 8 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ตในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 24 และ ภาพที่ 8 พบว่าสายพันธุ์เชื้อทั้งสามชนิด ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนเชื้อเฉลี่ยประมาณ 8.7 log cfu/ml

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ในขั้นตอนก่อนและหลังแช่แข็งไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

ขั้นตอนผลิต	**จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)**
ก่อนแช่แข็ง	$8.87^{a} \pm 0.32$
หลังแช่แข็ง	$8.70^{a} \pm 0.18$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



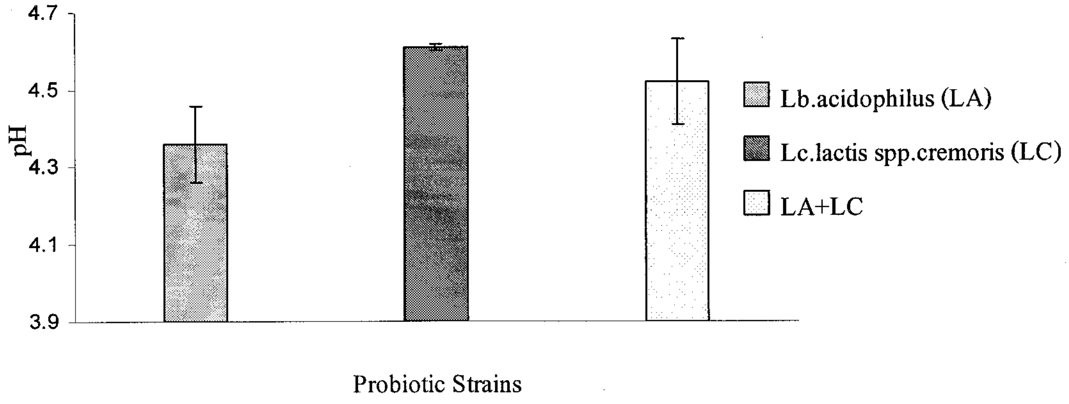
ภาพที่ 9 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังแช่แข็งไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

ตารางที่ 25 และ ภาพที่ 9 พบว่าขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติก ($P>0.05$) จากการทดลองจะเห็นได้ขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีมไม่มีผลต่อการเหลือรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกในทั้ง 3 ชนิด และพบว่าแบคทีเรียโปรไบโอติกยังคงมีการเหลือรอดภายหลังการแช่แข็งไอศกรีมประมาณ 8.7 log cfu/ml ซึ่งมากกว่าระดับต่ำสุดของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย คือ 1×10^{5} cfu/ml (Therapeutic Dose) (Lee and Salminen, 1995; Dave and Shah 1996)

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของไอศกรีมโยเกิร์ต หลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์เชื้อ	pH
Lb. acidophilus	$4.36^{a}±0.10$
Lc.lactis spp. *cremoris*	$4.61^{b}±0.01$
LA+LC	$4.52^{b}±0.11$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



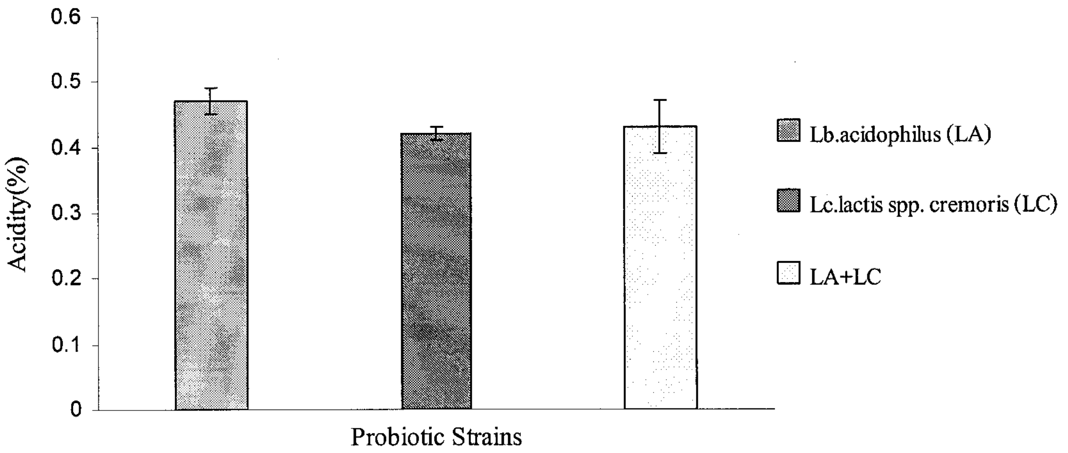
ภาพที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของไอศกรีมโยเกิร์ต หลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 26 และ ภาพที่ 10 พบว่าสายพันธุ์เชื้อที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าสายพันธุ์เชื้อ *Lb. acidophilus* มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด คือมีค่าเท่ากับ4.36 และมีค่าต่างจาก *Lc.lactis* spp. *cremoris* และเชื้อผสมระหว่าง *Lb. acidophilus* กับ *Lc.lactis* spp. *cremoris*โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.61 และ 4.52 ตามลำดับ

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของไอศกรีมโยเกิร์ต หลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์เชื้อ	% ความเป็นกรด
Lb.acidophilus	0.47^{b}±0.02
Lc.lactiss spp.*cremoris*	0.42^{a}±0.01
LA+LC	0.43^{ab}±0.04

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 11 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด ของไอศกรีมโยเกิร์ตหลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสายพันธุ์เชื้อที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 27 และ ภาพที่ 11 พบว่าสายพันธุ์เชื้อที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าสายพันธุ์เชื้อ *Lb. acidophilus* มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.47 และ *Lc.lactis* spp. *cremoris* มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดต่ำสุด คือมีค่าเท่ากับ 0.42

จากการทดลองที่ 3 จะเห็นได้ว่าเชื้อทั้ง 3 ชนิด ให้ค่าการเหลือรอดภายหลังการปั่นและภายหลังการแช่แข็งไอศกรีมที่ไม่แตกต่างกัน($P>0.05$) ดังนั้นในการคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อจึงได้พิจารณาถึง การเจริญของเชื้อ (Growth Curve) ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเป็นกรด โดยพบว่าเชื้อสายพันธุ์ *Lc.lactis* spp. *cremoris* มีอัตราการเจริญที่เร็วกว่า *Lb .acidophilus* โดยใช้ เวลาในการเจริญเข้าสู่ stationary phase 20 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่า *Lb.acidophilus* โดยใช้ เวลาในการเจริญเข้าสู่ stationary phase 24 ชั่วโมง (ศริสา ทวีแสง, 2548) และพบว่าเชื้อ *Lb.acidophilus* มีการสร้างกรดที่เร็วกว่า *Lc.lactis* spp. *cremoris* ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกตัวของเวย์ (Syneresis) ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในการทดลองที่ 3 จึงจะได้ทำการเลือกเชื้อสายพันธุ์ *Lc.lactis* spp.*cremoris* ไปใช้ในการทดลองต่อไป

4. การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของการเติมพรีไบโอติกและ สารป้องกันอันตรายจากความเย็น ที่ส่งผลต่อการเหลือรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต

โดยในขั้นตอนนี้ได้ทำการคัดเลือกแบคทีเรียโปรไบโอติกสายพันธุ์ *Lc.lactis* spp. *cremoris* จากการทดลองที่ 3 มาทำการศึกษา โดยพรีไบโอติกที่ใช้คือ น้ำตาลฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) และสารป้องกันอันตรายจากความเย็นคือ Unipectin RS 150 และตัวอย่างควบคุม

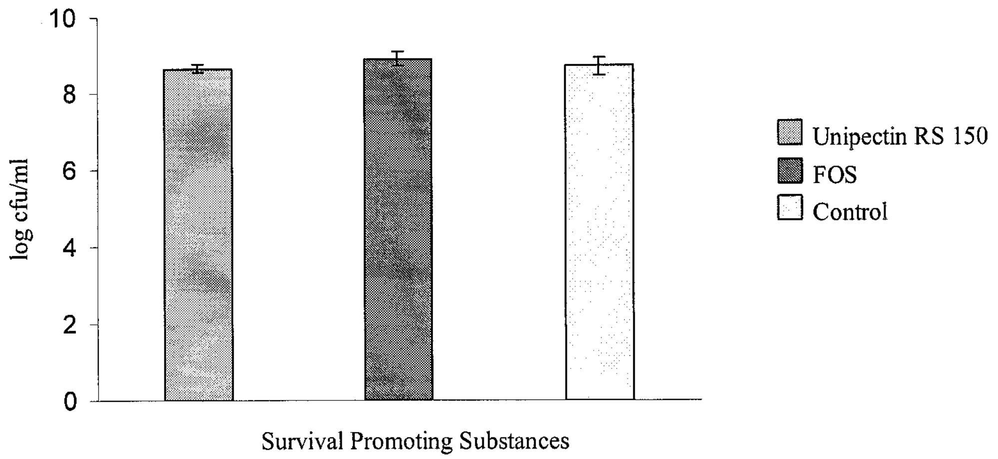
ภายหลังขั้นตอนบ่มไอศกรีมโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 5^{0}ซ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงทำการเติมเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกและสารเสริมการเหลือรอด ได้แก่ พรีไบโอติกและสารป้องกันอันตรายจากความเย็น จากนั้นนำส่วนผสมไอศกรีมโยเกิร์ตมาผ่านขั้นตอนปั่นไอศกรีมด้วยเครื่อง GAGGIA รุ่น Gelatiera เป็นเวลา 25-30 นาที แล้วศึกษาผลของขั้นตอนปั่นและขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีมต่อจำนวนแบคทีเรียโปรไบโอติกโดยทำการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรียก่อนและหลังปั่นไอศกรีมรวมทั้งก่อนและหลังการแช่แข็งไอศกรีม

จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการปั่นไอศกรีมเมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกันพบว่าชนิดสารเสริมการเหลือรอดและขั้นตอนการปั่นไอศกรีมไม่มีอิทธิพลร่วมต่อกัน จึงแยกพิจารณาทีละปัจจัย

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

สารเสริมการเหลือรอด	จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)
Unipectin RS150	$8.64^{a} \pm 0.09$
FOS	$8.89^{a} \pm 0.20$
Control	$8.69^{a} \pm 0.23$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



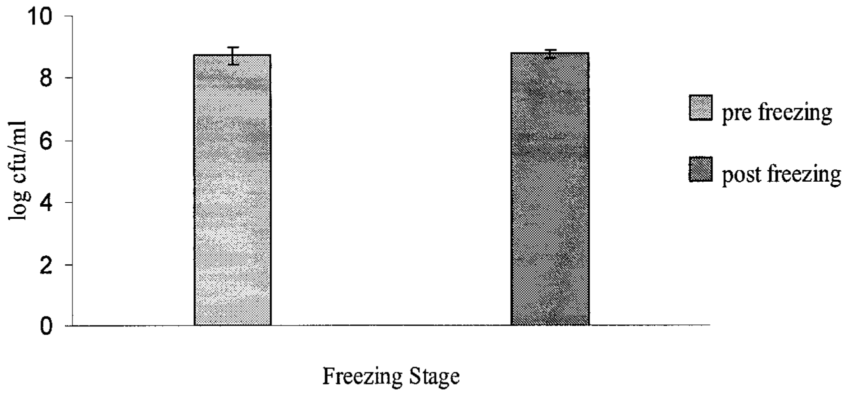
ภาพที่ 12 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ตในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 28 และ ภาพที่ 12 พบว่าสารเสริมการเหลือรอดทั้งสามชนิด ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการปั่นไอศกรีม ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนเชื้อเฉลี่ยประมาณ 8.7 log cfu/ml

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนปั่นและหลังปั่นไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

ขั้นตอนผลิต	**จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)**
ก่อนปั่น	$8.72^{a} \pm 0.27$
หลังปั่น	$8.76^{a} \pm 0.14$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



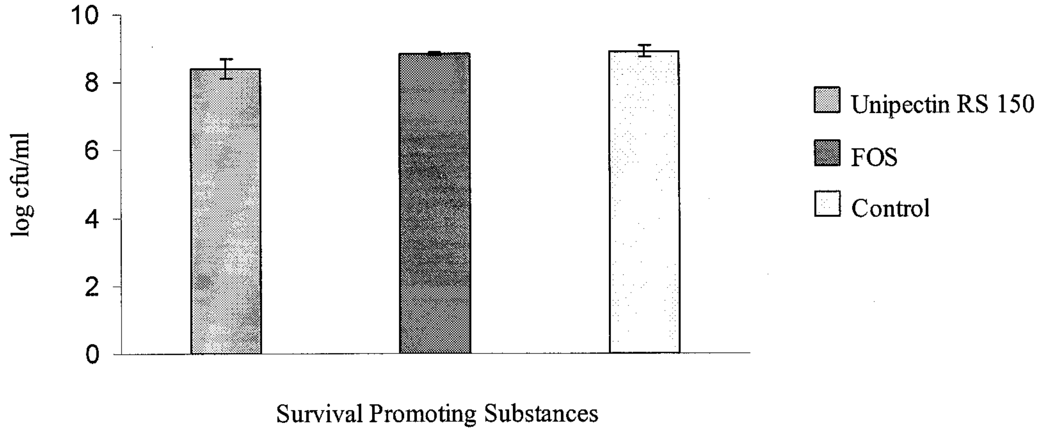
ภาพที่ 13 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังการปั่นไอศกรีม (เชื้อรวมทั้งสามชนิด)

ตารางที่ 29 และภาพที่ 13 พบว่าขั้นตอนการปั่นไอศกรีม ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกเมื่อใช้สารเสริมการเหลือรอดที่ต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 8.7 log cfu/ml ซึ่งมากกว่าระดับต่ำสุดของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย คือ 1×10^5 cfu/ml (Therapeutic Dose) (Lee and Salminen, 1995; Dave and Shah 1996)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีมเมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

สารเสริมการเหลือรอด	**จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)**
Unipectin RS150	$8.41^{a} \pm 0.28$
FOS	$8.84^{b} \pm 0.03$
Control	$8.90^{b} \pm 0.16$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



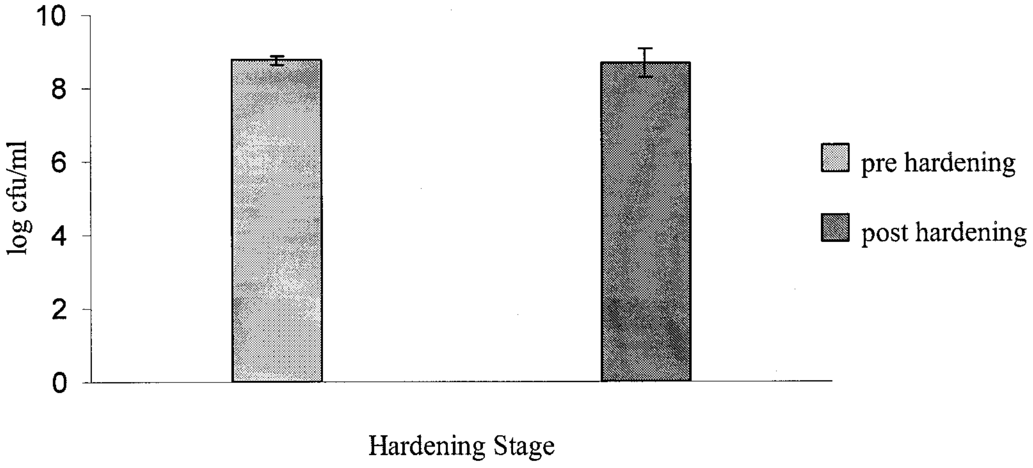
ภาพที่ 14 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ตในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 30 และภาพที่ 14 พบว่าสารเสริมการเหลือรอดทั้งสามชนิด มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม ($P \leq 0.05$) โดยตัวอย่างไอศกรีมที่เติมสารเสริมการเหลือรอดชนิด Unipectin RS150 มีจำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกต่ำที่สุด โดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 8.4 log cfu/ml ส่วนตัวอย่างไอศกรีมที่เติมสารเสริมการเหลือรอดชนิด FOS และตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมสาร) พบว่ามีจำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 8.8 และ 8.9 log cfu/ml ตามลำดับ

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังแช่แข็งไอศกรีม (เชื้อรวมของสามชนิด)

ขั้นตอนผลิต	จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)
ก่อนแช่แข็ง	$8.76^{a} \pm 0.14$
หลังแช่แข็ง	$8.67^{a} \pm 0.40$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



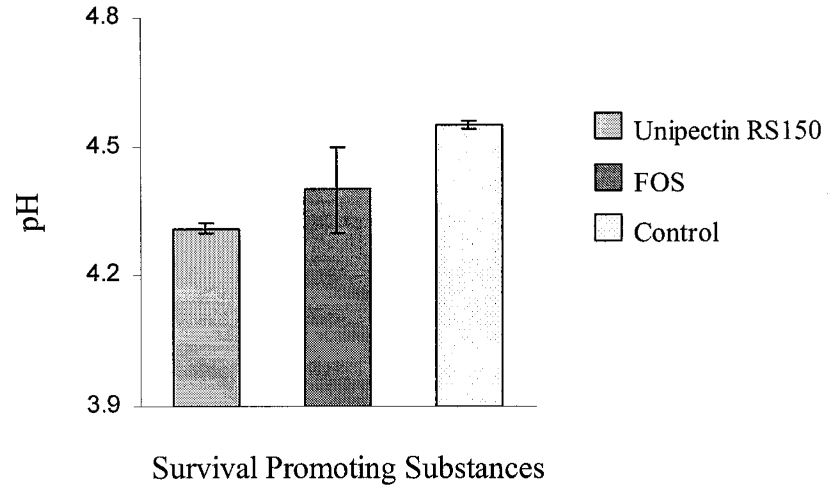
ภาพที่ 15 การเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกร์ต เมื่อพิจารณาอิทธิพลของขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันในขั้นตอนก่อนและหลังการแช่แข็งไอศกรีม (เชื้อรวมของสามชนิด)

ตารางที่ 31 และภาพที่ 15 พบว่าขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม ไม่มีผลต่อการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกหลังการแช่แข็ง (P>0.05) โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีจำนวนเชื้อในขั้นตอนการแช่แข็งเฉลี่ยประมาณ 8.7 log cfu/ml

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไอศกรีมโยเกิร์ตหลังการแช่แข็งเมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

สารเสริมการเหลือรอด	**pH**
Unipectin RS150	4.31^{a}±0.01
FOS	4.40^{a}±0.10
Control	4.55^{b}±0.01

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



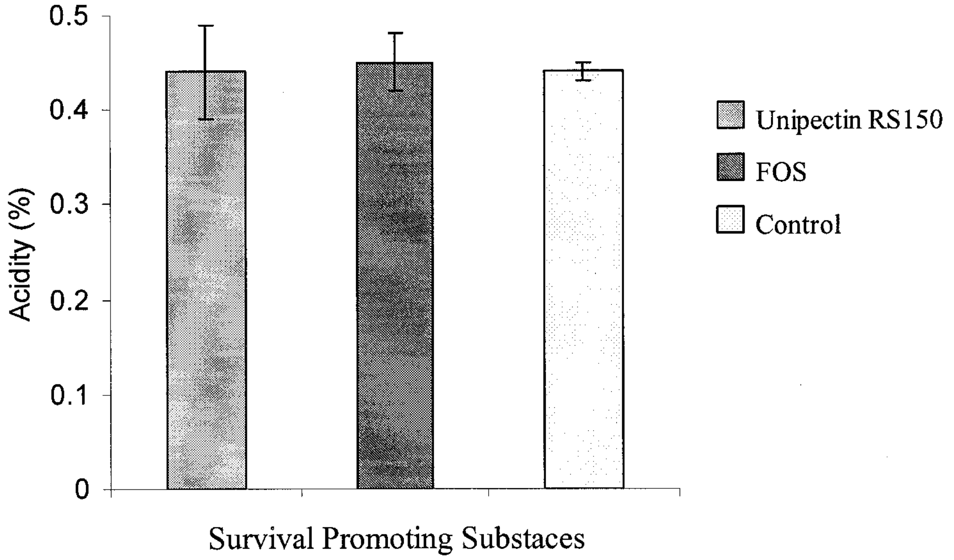
ภาพที่ 16 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)ของไอศกรีมโยเกิร์ต หลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 32 และภาพที่ 16 พบว่าสารเสริมการเหลือรอดที่ต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าสารเสริมการเหลือรอดชนิด Unipectin RS150และ FOS มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.31 และ 4.40 ตามลำดับแต่มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$)โดยตัวอย่างควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.55

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของไอศกรีมโยเกิร์ตหลังการแช่แข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

สารเสริมการเหลือรอด	%ความเป็น กรด
Unipectin RS150	$0.44^{a} \pm 0.05$
FOS	$0.45^{a} \pm 0.03$
Control	$0.44^{a} \pm 0.01$

a,b…ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 17 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของไอศกรีมโยเกิร์ตหลังการแช่แข็งไอศกรีม เมื่อพิจารณาอิทธิพลของสารเสริมการเหลือรอดที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 33 และภาพที่ 17 พบว่าสารเสริมการเหลือรอดทั้งสามชนิดไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยพบว่า Unipectin RS 150, FOS และ Control มีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดเท่ากับ 0.44 0.45 และ 0.44 ตามลำดับ

จากการทดลองที่ 4 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการแช่แข็งไอศกรีม สารเสริมการเหลือรอด ชนิด FOS และตัวอย่างควบคุมให้การเหลือรอดที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วน Unipectin RS 150 ให้การเหลือรอดที่ต่ำที่สุด ($P\leq0.05$) ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไป จะได้ทำการคัดเลือกสารเสริมการเหลือรอดชนิด FOS มาใช้ในการทดลองต่อไป สาเหตุที่ทำการพิจารณาเลือกเนื่องมาจากในขั้นตอนผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตโดยเฉพาะขั้นตอนการปั่นไอศกรีมเป็นขั้นตอนที่ใช้ระยะเวลาสั้น จึงทำให้ผลการทดลองที่เติม FOS ให้ค่าการเหลือรอดที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม($P>0.05$) แต่ในขั้นตอนต่อไปคือ การเก็บรักษาไอศกรีมโยเกิร์ตซึ่งใช้ระยะเวลานานถึง 2 เดือน จึงคาดว่าสารเสริมการเหลือรอดน่าจะช่วยเสริมการเหลือรอดของแบคทีเรียโปรไบโอติกให้มีการเหลือรอดมากขึ้นได้

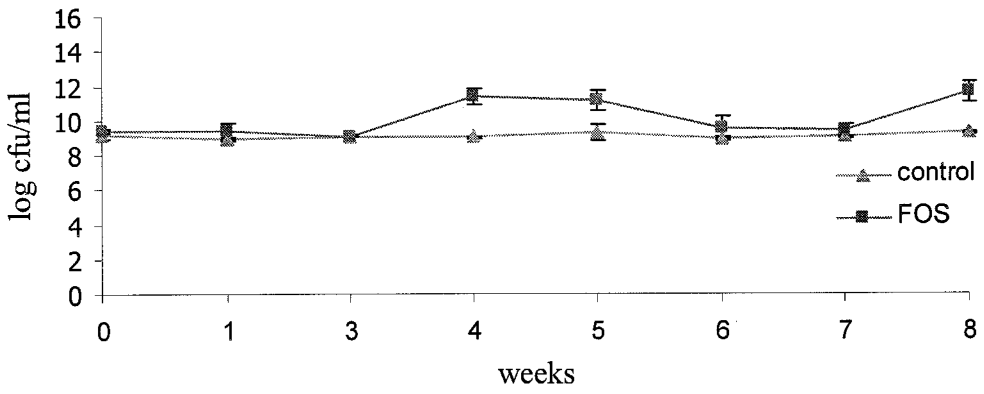
5. การทดลองที่ 5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียโปรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาไอศกรีมโยเกิร์ตที่อุณหภูมิต่ำ (-18 °ซ) เป็นระยะเวลา 2 เดือน

ผลการศึกษาการเก็บรักษาไอศกรีมโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 34 และภาพที่ 18

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก (*Lc.lactis* spp. *cremoris*) (logcfu/ml) ในไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ตัวอย่างควบคุม (log cfu/ml)	ไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมพรีไบโอติก (log cfu/ml)
0	$9.20^{a}\pm0.23$	$9.28^{a}\pm0.12$
1	$8.95^{a}\pm0.14$	$9.38^{a}\pm0.44$
3	$9.10^{a}\pm0.01$	$9.10^{a}\pm0.02$
4	$9.0^{a}\pm0.07$	$11.39^{b}\pm0.44$
5	$9.28^{a}\pm0.50$	$11.15^{b}\pm0.60$
6	$8.97^{a}\pm0.05$	$9.50^{a}\pm0.71$
7	$8.99^{a}\pm0.07$	$9.35^{a}\pm0.37$
8	$9.22^{a}\pm0.09$	$11.56^{b}\pm0.60$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 18 จำนวนเชื้อ *Lc.lactis* spp. *cremoris* (log cfu/ml) เมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

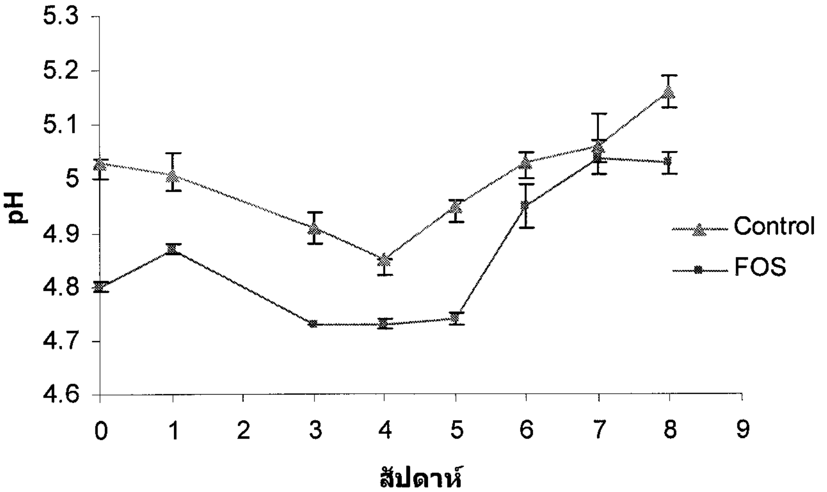
จากการศึกษาพบว่าเวลาและตัวอย่างในการทดลองมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียโปรไบโอติกในไอศกรีมโยเกิร์ต ($P\leq0.05$) โดยพบว่าการเก็บรักษาไอศกรีมที่ระยะเวลาที่ 0 สัปดาห์จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 3 จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกชนิดFOS (Fructooligosaccharide) โดยในสัปดาห์ที่ 3 ตัวอย่างทั้งสองชนิด มีจำนวนเชื้อประมาณ 9.10 log cfu/ml และพบว่าตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกจะมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในสัปดาห์ที่ 4 ($P\leq0.05$) โดยตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีจำนวนเชื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุมประมาณ 2.39 log cfu/ml ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wang and Gibson (1993) โดยพบว่าเมื่อทำการใช้ พรีไบโอติกชนิด FOS ในคนเป็นระยะเวลาสองสัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของ Bifidobacteria จาก 6 เป็น 22% โดยสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียโปรไบโอติก ก็คือ พรีไบโอติกจะไปกระตุ้นจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในร่างกายให้เกิดกระบวนการเมทาบอลิซึม ทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น(Delzenne and Roberfroid 1994) และในสัปดาห์ที่ 5 ก็ยังพบว่าตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกยังคงมีจำนวนเชื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุม ($P\leq0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุมประมาณ 1.87 log cfu/ml โดยตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีจำนวนเชื้อประมาณ 11.15 log cfu/ml ในสัปดาห์ที่ 6 จะสังเกตเห็นว่าตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกจะมีจำนวนเชื้อลดลงประมาณ 1.65 log cfu/ml โดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 9.5 log cfu/ml ซึ่งไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมที่มีจำนวนเชื้อประมาณ 8.97 log cfu/ml ($P>0.05$)โดยสาเหตุที่ทำให้จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมีจำนวนลดลงก็อาจเนื่องมาจาก ปัจจัยหลายประการ เช่นปริมาณกรดที่ผลิตจากกระบวนเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์เอง และการบาดเจ็บของเซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดจากการฉีกขาดของเซลล์เนื่องจากถูกผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่ทิ่มแทง (Dave and Shah 1997) อย่างไรก็ตามแบคทีเรียโปรไบโอติก สายพันธุ์ *Lc.lactis* spp. *cremoris*. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งเป็นลักษณะของแบคทีเรียที่มีความทนทานต่อการแช่แข็ง เช่นสภาวะในการเก็บรักษาไอศกรีม ที่อุณหภูมิ-18^{0}ซ ทำให้การลดลงของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ช้ามาก (Adam and Moss 2000) และในสัปดาห์ที่ 7 ยังพบว่าตัวอย่างทั้งที่เติมพรีไบโอติกและตัวอย่างควบคุมมีการลดลงของจำนวนแบคทีเรียโปรไบโอติกที่คงที่ โดยมีจำนวนเชื้อที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีจำนวนเชื้อประมาณ 9.50 และ 8.97 log cfu/ml ตามลำดับและในสัปดาห์สุดท้าย คือสัปดาห์ที่ 8 พบว่า จำนวนเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกมีการเพิ่มจำนวนขึ้นประมาณ 2.21 log cfu/ml ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม

มีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่จำนวนเชื้อไม่แตกต่างจากสัปดาห์ที่ 7 โดยในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีจำนวนเชื้อมากกว่าตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$)ประมาณ 2.34 log cfu/ml

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ตัวอย่างควบคุม	ไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมพรีไบโอติก
0	$5.03^{g}\pm0.01$	$4.80^{bc}\pm0.01$
1	$5.01^{g}\pm0.04$	$4.87^{de}\pm0.01$
3	$4.91^{ef}\pm0.03$	$4.73^{ab}\pm0.00$
4	$4.85^{a}\pm0.00$	$4.73^{cd}\pm0.01$
5	$4.95^{f}\pm0.01$	$4.74^{a}\pm0.01$
6	$5.03^{g}\pm0.02$	$4.95^{f}\pm0.04$
7	$5.06^{g}\pm0.06$	$5.04^{g}\pm0.03$
8	$5.16^{h}\pm0.03$	$5.03^{g}\pm0.02$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



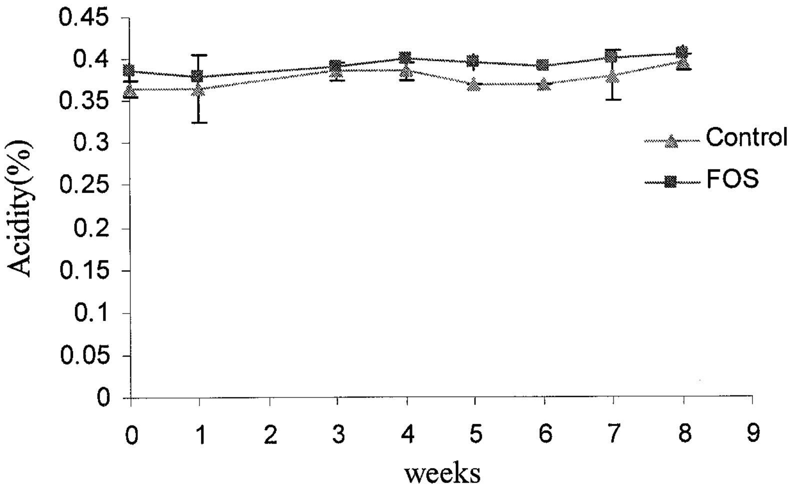
ภาพที่ 19 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไอศกรีมโยเกิร์ตเมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

จากผลการศึกษาการวัด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ทำการเก็บที่อุณหภูมิ - 18 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 35 และภาพที่ 19 พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 จนกระทั่งถึง สัปดาห์ที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทั้งตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกและตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มลดลง โดยในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.73 และ 4.85 ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) และจะสังเกตเห็นว่าตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ต่ำกว่า ตัวอย่างควบคุม เนื่องมาจากว่า พรีไบโอติกจะไปกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียโปรไบโอติกทำให้เกิดการเมทาบอลิซึม โดยการผลิตกรดออกมาทำให้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างที่มีการเติมพรีไบโอติกมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมพรีไบโอติก และในสัปดาห์ที่ 5 จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 8 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกและตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์ (Proteolytic) ได้สารพวกเปปไทด์ กรดอะมิโน และแอมโมเนียซึ่งมีประจุบวก ทำให้มีการปลดปล่อยไฮโดรเจนอิออน ดังนั้น จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (Shah and Shihata 2000)

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดของไอศกรีมโยเกิร์ต เมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ -18 ^{0}ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เวลา (สัปดาห์)	ตัวอย่างควบคุม	ไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมพรีไบโอติก
0	$0.37^{a}\pm0.01$	$0.39^{abcd}\pm0.01$
1	$0.37^{a}\pm0.04$	$0.38^{abc}\pm0.00$
3	$0.39^{abcd}\pm0.01$	$0.39^{bcd}\pm0.00$
4	$0.39^{abcd}\pm0.01$	$0.40^{cd}\pm0.00$
5	$0.37^{a}\pm0.00$	$0.40^{cd}\pm0.01$
6	$0.37^{ab}\pm0.00$	$0.39^{bcd}\pm0.00$
7	$0.38^{abc}\pm0.03$	$0.40^{cd}\pm0.00$
8	$0.40^{cd}\pm0.01$	$0.41^{d}\pm0.01$

a,b...ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด ของไอศกรีมโยเกิร์ตเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

จากการศึกษาการวัดค่าความเป็นกรดของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ทำการเก็บที่ -18 °ซ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 36 และภาพที่ 20 พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 8 ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีแนวโน้มความเป็นกรดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 8 ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกและตัวอย่างควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด 0.41 และ 0.40 ตามลำดับ ($P \leq 0.05$) โดยสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บ 8 สัปดาห์ ก็เนื่องมาจากพรีไบโอติกจะไปกระตุ้นการทำงานของแบคทีเรียโปรไบโอติกทำให้เกิดการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและกาแลคโตส โดยเอนไซม์ β- galactosidase (Mckay and others 1970) ทำให้เกิดขั้นตอนเมทาบอลิซึมและผลิตกรดออกมาในผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ตัวอย่างที่เติมพรีไบโอติกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

6. การทดลองที่ 6 การทดสอบความชอบโดยรวมระหว่างไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีการเติมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติกและไอศกรีมโยเกิร์ตทั่วไป

ตารางที่ 37 ผลการทดสอบความชอบโดยรวมแบบ pair preference และ Hedonic- 9 –scale

Preference test result	**Panalist**	**Overall acceptability**	**Descriptive**
Preference Control	30	6.60	มีรสเปรี้ยว
Preference Probiotic	23	6.56	มีกลิ่นหอมของนม
No Preference	7	7.29	มีความมันและมีกลิ่นหอม

จากผลการทดสอบความชอบโดยรวมของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต แบบ pair preference test และแบบ Hedonic- 9 –scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านขั้นตอนฝึกฝนจำนวน 60 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมทั้ง 60 คนให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตและผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีผู้ทดสอบชิมที่ชอบผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตจำนวนทั้งสิ้น 30 คน โดยคะแนนค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ 6.6 หรือ ชอบเล็กน้อย และเหตุผลที่ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ชอบคือ มีรสเปรี้ยว รองลงมาคือ เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความละเอียด และมีผู้ทดสอบชิมจำนวนทั้งสิ้น 23 คนที่ชอบผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตที่เสริมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ 6.56 หรือ ชอบเล็กน้อย และเหตุผลที่ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ชอบคือ มีกลิ่นหอมของนม รองลงมาคือ มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย และมีผู้ทดสอบชิมจำนวนทั้งสิ้น 7 คนที่ชอบผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดเท่ากัน โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ที่ 7.29 หรือ ชอบ และเหตุผลส่วนใหญ่ที่ชอบคือ มีความมันของไอศกรีมและมีกลิ่นหอม รองลงมา คือ ไอศกรีมมีรสเปรี้ยวใกล้เคียงกัน

7. การทดลองที่ 7 วัดองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตโดยใช้เครื่อง Milko Scan โดยวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตที่เสริมแบคทีเรียโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก

องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต	เปอร์เซ็นต์ (%)
Protein	1.24±0.06
Fat	5.06±0.17
Lactose	21.1±1.44
SNF	25.62±1.58

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตที่เติมแบคทีเรียโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก โดยใช้เครื่อง Milko Scan พบว่า มีโปรตีนและไขมันในปริมาณที่ต่ำโดยมีค่าประมาณ 1.24 และ 5.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณแลคโตส ประมาณ 21.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำตาลแลคโตสที่วิเคราะห์ได้อาจจะมาจากน้ำตาลแลคโตสที่มีอยู่ในส่วนผสมของไอศกรีม เช่นหางนมผง และโยเกิร์ตเป็นต้น และพบว่าปริมาณของมันเนย และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข โดยต้องมีมันเนยไม่ต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่า 7.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข 2544)

8. การทดลองที่ 8 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก

หลังจากสิ้นสุดขั้นตอนผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก ได้ทำการนำตัวอย่างไอศกรีมมาทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพ เพื่อดู ค่า เปอร์เซ็นต์การขึ้นฟู สี การละลายและค่าความแน่นแข็ง ภายหลังเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยผลแสดงในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตที่เสริมแบคทีเรียโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก

คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโปรไบโอติกกับพรีไบโอติก	**ค่าที่ได้**
Overrun (%)	33.48±2.22
Colour	L = 92.03±0.61 a = -2.50±0.06 b = +7.75±0.82
Meltdown (%)	86.72±4.47
Firmness (N)	93.59±24.07