บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่มีต่อการเหลือรอดเชื้อ *L. acidophilus*, *L. casei* และสมบัติของไอศกรีม

ในการศึกษาผลของขั้นตอนในกระบวนการผลิตไอศกรีมที่มีต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติก 2 ชนิดคือ เชื้อ *L. acidophilus* และ *L. casei* ที่มีอยู่ในไอศกรีม โดยปริมาณเชื้อเริ่มต้นในส่วนผสมไอศกรีมมีประมาณ 14.90 และ 15.40 log CFU/ml ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีวิทยา เทียบกับสูตรควบคุม แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของขั้นตอนกระบวนการผลิตที่มีต่อการเหลือรอดเชื้อ *L. acidophilus* และ *L. casei*

ไอศกรีม	ปริมาณเชื้อ(log CFU/ml)		
	หลังการบ่ม	หลังการปั่นไอศกรีม	หลังการทำให้แข็ง
สูตรควบคุมNS	-	-	-
เติม *L. acidophilus*	14.81 ± 0.05	13.63 ± 0.44	12.07 ± 0.53
เติม *L. casei*	15.26 ± 0.12	15.10 ± 0.08	14.81 ± 0.22

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- (-) หมายถึง ไม่พบ

จากการวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีววิทยาในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า สูตรควบคุมไม่พบเชื้อใด ส่วนสูตรที่เติมเชื้อ *L. casei* และ *L. acidophilus* จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านกระบวนบ่ม กระบวนการปั่นไอศกรีม และกระบวนการทำให้แข็งนั้น จำนวนเชื้อเหลือรอดจะลดจำนวนลงเรื่อยๆ แสดงว่า กระบวนการผลิตไอศกรีมมีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติก งานวิจัยของ Mohammadi et al. (2010) รายงานไว้ว่า ระหว่างกระบวนการปั่นไอศกรีม เซลล์ของเชื้อโพรไบโอติกจะได้รับบาดเจ็บที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์จากผลึกน้ำแข็ง การบาดเจ็บที่เกิดจากความเย็น เป็นสาเหตุของการลดจำนวนเชื้อโพรไบโอติก นอกจากนี้ในขั้นตอนการปั่นไอศกรีมนั้นมีอากาศมาเกี่ยวข้องซึ่งออกซิเจนเป็นอีกสาเหตุในการลดจำนวนเชื้อโพรไบโอติก สำหรับกระบวนการทำให้เยือกแข็งเชื้อโพรไบโอติคจะลดจำนวนลงด้วยสาเหตุการบาดเจ็บจากความเย็น ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Hekmat และ McMahon (1992) ที่ทำการศึกษาการเหลือรอดของ *L. acidophilus*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ *Bifidobacterium bifidum* ในไอศกรีมและพบว่าจำนวนของ *L. acidophilus* และ *B. bifidum* ค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบปริมาณที่เหลือรอดของโพรไบโอติก ทั้งสองสายพันธ์ พบว่าปริมาณของ *L. casei* และ *L. acidophilus* ที่เหลือรอดหลังผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต เชื้อ *L. casei* ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 15.40 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการบ่มจะมีเชื้อเหลืออยู่ที่ 15.26 ± 0.12 นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.14 log CFU/ml ส่วน *L. acidophilus* ที่มีเชื้อเริ่มต้นประมาณ 14.90 เมื่อผ่านกระบวนการบ่มจะมีเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.81 ± 0.05 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.09 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการปั่นไอศกรีม *L. casei* จะมีปริมาณเชื้อลดลง 0.16 log CFU/ml ส่วนเชื้อ *L. acidophilus* จะมีปริมาณเชื้อลดลง 1.18 log CFU/ml ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้เชื้อ *L. acidophilus* ลดลงมากกว่า *L. casei* นั่นเพราะว่าในการปั่นไอศกรีมมีความเย็นและอากาศมาเกี่ยวข้อง *L. acidophilus* เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในที่ไม่มีออกซิเจน และไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส (Tamime และ Robinson, 1999) ส่วนเชื้อ *L. casei* สามารถเจริญได้ที่มีและไม่มีออกซิเจน และเจริญได้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Kandler และ Weiss, 1986) เมื่อผ่านกระบวนการทำให้แข็ง เชื้อ *L. casei* จะมีปริมาณเชื้อลดลง 0.29 log CFU/ml ส่วนเชื้อ *L. acidophilus* จะมีปริมาณเชื้อลดลง 1.56 log CFU/ml จะเห็นได้ว่า เชื้อ *L. casei* มีจำนวนเชื้อลดลงเมื่อผ่านกระบวนผลิตไอศกรีม เชื้อ *L. acidophilus* จะมีปริมาณลดลงมากกว่า *L. casei* และเชื้อ *L. casei* ยังมีปริมาณเชื้อเหลือรอดมากกว่า โดยหลังผ่านแต่ละขั้นตอน มีปริมาณเหลือรอด 14.81 ± 0.22 log CFU/ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ผลของเชื้อ *L. acidophilus* และ *L. casei* ต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมเหลวและไอศกรีม

ไอศกรีม	ความหนืดของไอศกรีมเหลว [ns] (เซนติพอยส์)	โอเวอร์รัน [ns] (เปอร์เซนต์)	อัตราการละลาย [ns] (ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อนาที)	ความแข็ง [ns] (แรงกดสูงสุด : กรัม)	ค่าสี [ns]		
					L*	a*	b*
สูตรควบคุม	95.33 ± 2.90	34.59 ± 0.77	1.84 ± 0.01	673.44 ± 98.09	89.15 ± 0.53	-2.56 ± 0.09	+9.38 ± 0.41
เติม *L. casei*	94.59 ± 2.20	34.59 ± 0.71	1.82 ± 0.01	629.11 ± 160.15	88.93 ± 0.90	-2.52 ± 0.13	+9.49 ± 0.23
เติม *L. acidophilus*	94.47 ± 3.09	34.27 ± 0.48	1.83 ± 0.01	635.55 ± 111.63	89.25 ± 0.78	-2.38 ± 0.29	+9.41 ± 0.30

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการเติมเชื้อโพรไบโอติกที่มีต่อสมบัติด้านกายภาพของไอศกรีม แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าการเติมเชื้อโพรไบโอติก ไม่มีผลต่อสมบัติด้านกายภาพของไอศกรีม ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moussa et al. (2005) ที่กล่าวไว้ว่า การเติมเชื้อโพรไบโอติกลงในไอศกรีมนั้นมีผลเพียงเล็กน้อยต่อกลิ่นและคุณลักษณะด้านต่างๆของไอศกรีม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mohammadi et al. (2010) ที่พบว่าเชื้อโพรไบโอติกมีผลน้อยมากต่อ กลิ่น เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านอื่นๆ ของไอศกรีม

เมื่อลองพิจาราณด้านค่าโอเวอร์รัน ไอศกรีมสูตรนมทั่วไปจะมีค่าโอเวอร์รันอยู่ที่ประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ แต่การทดลองนี้ไอศกรีมมีค่าโอเวอร์รันเพียงประมาณ 34.59 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องปั่นไอศกรีมที่ใช้มีขนาดฟรีซเซอร์ (Freezer) เล็ก ประกอบกับสูตรไอศกรีมที่เป็นเป็นสูตรไขมันต่ำ ซึ่งไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันต่ำ การลดไขมันลงมีผลทำให้มีไขมันไม่เพียงพอที่จะคลุมผิวของฟองอากาศ ทำให้บางส่วนของฟองอากาศจึงถูกปกคลุมด้วยอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งจะทำให้ฟองอากาศมีความคงตัว และเพิ่มความหนืดของ metrix ดังนั้นการเกิด partial coalescence ในไอศกรีมจะช่วยลดการแตกของฟองอากาศหรือช่วยให้โคร่งร่างขยายออกไปมากขึ้น ความดันมีผลต่อความคงตัวของฟองอากาศ เช่นเดียวกับอุณหภูมิมีผลกับผลึกน้ำแข็ง (Clarke, 2004)

ดังนั้นในการศึกษาตอนต่อไปซึ่งเป็นการศึกษาผลของพรีไบโอติคที่มีต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติก จึงเลือกไอศกรีมที่มีการเติมเชื้อ *L. casei* เพราะมีปริมาณเชื้อเหลือรอดเมื่อผ่านกระบวนการผลิตไอศกรีมในปริมาณที่สูงกว่า *L. acidophilus*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของปริมาณพรีไบโอติกที่มี ต่อการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติกและสมบัติของไอศกรีมซินไบโอติก

การทดลองในตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการเติม อินูลิน ซึ่งมีสมบัติเป็นพรีไบโอติก ในปริมาณต่างๆ ที่มีต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติก รวมทั้งสมบัติของไอศกรีมซินไบโอติกที่ได้ โดยเชื้อโพรไบโอติกที่เลือกเติมในไอศกรีม คือ เชื้อ *L. casei* (ปริมาณเริ่มต้น 15.40 log CFU/ml) และผันแปรปริมาณของอินูลิน ที่ระดับ 2% , 3% และ 4% (โดยน้ำหนัก) จากนั้นนำตัวอย่างไอศกรีมหลังผ่านแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต มาวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีวิทยาและสมบัติทางกายภาพ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณของพรีไบโอติก(อินูลิน) ต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติก (*L. casei*)

ไอศกรีม	ปริมาณเชื้อ (log CFU/ml)		
	หลังการบ่ม	หลังการปั่นไอศกรีม	หลังการทำให้แข็ง
สูตรควบคุม	15.24 ± 0.09^{c}	15.09 ± 0.06^{c}	14.55 ± 0.04^{b}
เติมอินูลิน 2 % (wt)	15.29 ± 0.09^{b}	15.19 ± 0.03^{bc}	14.87 ± 0.06^{ab}
เติมอินูลิน 3 % (wt)	15.32 ± 0.08^{b}	15.17 ± 0.03^{b}	14.99 ± 0.09^{a}
เติมอินูลิน 4 % (wt)	15.36 ± 0.05^{a}	15.21 ± 0.03^{a}	15.13 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีวิทยาของไอศกรีมในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าปริมาณเชื้อ *L. casei* ที่เหลือรอดในไอศกรีมที่มีการเติมอินูลินหลังผ่านแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยภาพรวมแล้วกระบวนการผลิตไอศกรีมมีผลต่อการเหลือรอดเชื้อ กล่าวคือแต่ละขั้นตอนมีผลทำให้ปริมาณเชื้อโพรไบโอติกลดจำนวนลงเรื่อยๆ ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 15.40 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.24 ± 0.09 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.16 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 2% เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีปริมาณเชื้อเหลือรอด 15.29 ± 0.09 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.11 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 3% เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีปริมาณเชื้อเหลือรอด 15.32 ± 0.08 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.08 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 4% เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีปริมาณเชื้อเหลือรอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

15.36 ± 0.05 CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.04 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการปั่น ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.09 ± 0.06 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.15 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 2% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.19 ± 0.03 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.10 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 3% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.17 ± 0.03 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.15 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 4% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.21 ± 0.02 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.15 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการทำให้แข็ง ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.55 ± 0.04 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.54 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 4% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.87 ± 0.06 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.32 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 3% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.99 ± 0.09 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.18 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 4% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.21 ± 0.02 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.08 log CFU/ml จะเห็นได้ว่าไอศกรีมที่มีปริมาณเชื้อ *L. casei* เหลือรอดเยอะที่สุดหลังผ่านกระบวนการผลิต คือไอศกรีมที่เติมปริมาณอินูลินระดับที่ 4% (โดยน้ำหนัก) ส่วนการเติมอินูลินที่ระดับ 2% และ 3% (โดยน้ำหนัก) มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อ *L. casei* ใกล้เคียงกัน

ผลจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของพรีไบโอติกมีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อในระหว่างกระบวนการผลิตไอศกรีม อินูลินมีส่วนช่วยให้ปริมาณเชื้อเหลือรอดเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการผลิตไอศกรีมเนื่องจากในกระบวนการผลิตไอศกรีมมีความเย็นมาเกี่ยวข้อง ความเย็นที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้น้ำอิสระในไอศกรีมเหลวกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายให้กับเชื้อ *L. casei* ได้ อินูลินจัดเป็นสารทดแทนไขมันในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต(carbohydrate–based fat substitutes) เช่นเดียวกับพวกแซนแทนกัม กัวกัม คาราจีแนน เป็นต้น อินูลินสามารถละลายน้ำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไปการละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่อินูลินสามารถละลายได้สมบูรณ์ที่ 85 องศาเซลเซียส เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปโดยโครงสร้างจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (disordered conformation) มากขึ้น (Doublier และ Cuvelier, 1996) อินูลินสามารถกระจายตัวในน้ำได้ (dispersible) สามารถรวมตัวได้ดีกับน้ำ แต่บางครั้งอาจจับตัวเป็นก้อน (clump) ได้เนื่องจากอินูลินมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี (hygroscopic characteristic) การเติมอินูลินลงในสูตรไอศกรีมจะเป็นการช่วยลดปริมาณน้ำอิสระได้

Mohammadi et al. (2010) รายงานว่า พรีไบโอติคให้ผลอย่างมีนัยสำคัญในการช่วยให้เชื้อพรีไบโอติคเหลือรอดในอาหาร และในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนั้นงานวิจัยของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Akin et al. (2007) ยังพบว่าการเติมอินูลินในการผลิตไอศกรีมช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *L. acidophilus* และ *Bacillus lactis* ซึ่งช่วยให้มีจำนวนเชื้อเหลือรอดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Champagne และ Rastall (2009) ที่พบว่าการเติมอินูลินในไอศกรีมช่วยเพิ่มความต้านทานของเชื้อโพรไบโอติคต่อกระบวนการแช่เยือกแข็งไอศกรีมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณพรีไบโอติก (อินูลิน) ต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมเหลวและไอศกรีม

ไอศกรีม	ความหนืดของไอศกรีมเหลว (เซนติพอยส์)	โอเวอร์รัน (เปอร์เซนต์)	อัตราการละลาย (ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อนาที)	เนื้อสัมผัส (แรงกดสูงสุด : กรัม)	ค่าสี[ns]		
					L*	a*	b*
สูตรควบคุม	93.93 ± 2.65[d]	34.87 ± 0.92[c]	1.82 ± 0.01[d]	696.66 ± 106.20[d]	88.47 ± 0.23	-2.42 ± 0.15	+10.23 ± 0.14
เติมอินูลิน 2% (wt)	142.49 ± 4.83[c]	35.82 ± 0.53[bc]	1.70 ± 0.03[c]	500.77 ± 107.63[bc]	90.31 ± 0.25	-2.65 ± 0.14	+10.83 ± 0.52
เติมอินูลิน 3% (wt)	158.48 ± 5.39[b]	36.85 ± 0.71[ab]	1.65 ± 0.03[b]	476.00 ± 164.43[b]	89.23 ± 0.62	-2.71 ± 0.31	+10.92 ± 0.50
เติมอินูลิน 4% (wt)	189.68 ± 4.20[a]	37.72 ± 0.77[a]	1.60 ± 0.01[a]	382.33 ± 129.06[a]	89.25 ± 0.35	-2.21 ± 0.27	+10.38 ± 0.52

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

- ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเติมอินูลินโดยภาพรวมแล้วส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม ในตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าความข้นหนืดของไอศกรีมทุกสูตรมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยสูตรที่เติมปริมาณอินูลินที่ระดับ 4% จะมีความหนืดสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 189.68 ± 4.20 เซนติพอยส์ รองลงมาคือ ที่ระดับ 3% ,2% และ สูตรควบคุม (ไม่มีการเติมอินูลิน) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก อินนูลิน มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำร้อน (Tanya, 2002) ทำให้ปริมาณน้ำอิสระในส่วนประกอบไอศกรีมลดลง ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของอินูลินที่เติมลงไปในไอศกรีม

ทางด้านค่าโอเวอร์รันพบว่าไอศกรีมทุกสูตร มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) การเติมปริมาณอินูลินที่ระดับ 4% ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับ 37.72 ± 0.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ที่ระดับ 3% ,2% และ สูตรควบคุม ตามลำดับ สาเหตุที่ค่าโอเวอร์สูงขึ้นตามระดับปริมาณของอินูลินเพราะว่า อินูลินมีผลต่อความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม ซึ่งส่วนผสมที่ข้นหนืดนี้ทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการแช่เยือกแข็งมีขนาดเล็ก และทำให้สามารถกักฟองอากาศเป็นจำนวนมากไว้ในโครงสร้างไอศกรีม ฟองอากาศมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดอัตราการละลายของไอศกรีมอีกด้วย (Sofjan และ Hartel, 2004) ส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าโอเวอร์รันสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kailasapathy และ Songvanich (1998) ที่พบว่าความข้นหนืดสูงของไอศกรีมมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บอากาศ และค่าโอเวอร์รันที่สูงจะสัมพันธ์กับการขยายตัวของโฟม (foam expansion) และความคงตัวของโฟม (foam liquid stability) ที่มีค่าสูงตามไปด้วย ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศกรีมต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อให้ได้โอเวอร์รันที่ดีหากความข้นหนืดมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้การตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีมเกิดได้ไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม

เมื่อพิจารณาจากอัตราการละลาย (ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อนาที)พบว่าไอศครีมทุกสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) การเติมปริมาณอินูลินที่ระดับ 4% ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีอัตราการละลายต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.60 ± 0.01 ต่อนาที รองลงมาคือที่ระดับการเติมอินูลิน 3%, 2% และ สูตรควบคุม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินูลินที่เติมมีผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีม ทั้งนี้เนื่องจากผลของอินูลินที่มีต่อความข้นหนืดของส่วนผสมไอศกรีมดังกล่าวมาแล้วข้างต้น (Tanya, 2002) ทำให้ความสามารถในการช่วยต้านการละลายของไอศกรีมเพิ่มมากขึ้น (Mashall และ Arbukle, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมซึ่งวัดเป็นแรงกดสูงสุด พบว่า ไอศกรีมสูตรควบคุมมีค่าแรงกดสูงสุด มากที่สุดเมื่อเทียบกับไอศกรีมที่มีการเติมอินนูลิน ($p \geq 0.05$) โดยพบว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมอินูลินมีค่าแรงกดสูงสุด เท่ากับ 696.66 ± 106.20 กรัม และไอศกรีมที่มีการเติมอินูลิน 4 % จะมีค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 382.33 ± 129.06 กรัม ซึ่งถือว่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับไอศกรีมสูตรอื่นๆ และยังพบว่าค่าแรงกดสูงสุดจะลดลงมาตามปริมาณของอินูลินที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแรงกดสูงสุดนั้น มีความเกี่ยวข้องกับค่าโอเวอร์รัน กล่าวคือ เมื่อค่าโอเวอร์รันต่ำจะได้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น (Mashall และ Arbuckle, 1996)

เนื่องจากอินูลินมีลักษณะเป็นผงสีขาว ซึ่งเป็นสีใกล้เคียงกับสีของไอศกรีม ดังนั้นการเติมอินูลินลงในไอศกรีมจึงไม่มีผลต่อค่าสีของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ไม่ว่าจะเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่า a* (สีแดง-เขียว) และ b* (สีเหลือง-น้ำเงิน)

จากสมบัติทางกายภาพของอินูลินจะเห็นได้ว่า ปัจจุบันอินูลินถูกนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีม เนื่องจากอินูลินจัดเป็นสารทดแทนไขมันในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต(carbohydrate–based fat substitutes)เช่นเดียวกับพวกแซนแทนกัม กัวกัม คาราจีแนน เป็นต้น อินูลินสามารถละลายน้ำได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียส ขึ้นไปการละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่อินูลินสามารถละลายได้สมบูรณ์ที่ 85 องศาเซลเซียส เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปโดยโครงสร้างจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (disordered conformation) มากขึ้น (Doublier และ Cuvelier, 1996) อินูลินสามารถกระจายตัวในน้ำได้ (dispersible) สามารถรวมตัวได้ดีกับน้ำ แต่บางครั้งอาจจับตัวเป็นก้อน (clump) ได้เนื่องจากอินูลินมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี (hygroscopic characteristic) ดังนั้นเมื่อใช้อินูลินควรผสมอินูลินกับน้ำตาลทรายหรือหางนมผงให้เข้ากันก่อนนำไปใช้เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสารให้เข้ากันดี (Silva,1996) อินูลินสามารถจับกับโมเลกุลน้ำและเกิดโครงสร้างเจล (gel–like network) จึงช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการไหล (rheology) ของไอศกรีมเหลวและปรับปรุงเนื้อสัมผัส (texture) ของ ไอศกรีม

ผลการศึกษาในตอนนี้แสดงให้เห็นว่า การเติมอินูลินในไอศกรีมนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณการเหลือรอดของเชื้อ *L. casei* หลังผ่านแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตแล้วยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าโอเวอร์รัน และอัตราการละลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Champagne และ Rastall (2009) ที่พบว่าการเติมอินูลินในไอศกรีมช่วยเพิ่มความต้านทานของเชื้อโพรไบโอติกต่อกระบวนการแช่เยือกแข็งของไอศกรีมได้และ Akin et al. (2007) ที่รายงานว่า การเติมอินูลินในการผลิตไอศกรีมช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *L. acidophilus* และ *B. lactis* ซึ่งช่วยให้มีจำนวนเชื้อเหลือรอดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนืด ช่วยปรับปรุงอัตราการละลายของไอศกรีมให้ดีขึ้น แต่การเติมอินูลินไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีม

ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป จึงเลือกสูตรไอศกรีมที่เติมอินูลินที่มีระดับ 4% เนื่องจากช่วยให้มีปริมาณเหลือรอดของเชื้อ *L. casei* ที่มากที่สุด และยังช่วยปรับปรุงขึ้นสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมให้ดีขึ้นดังกล่าวมาข้างต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติกและสมบัติของไอศกรีมซินไบโอติก

การทดลองผลของปริมาณของน้ำตาลต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติกและสมบัติของไอศกรีมซินไบโอติก อาศัยผลการทดลองในตอนที่ 4.1 และ 4.2 กล่าวคือ เชื้อโพรไบโอติกที่ใช้คือเชื้อ *L. casei* และ ปริมาณอินูลินที่เติมคือ ระดับ 4% (โดยน้ำหนัก) แล้วทำการผันแปรปริมาณน้ำตาลที่ระดับ 12, 15 และ 18% (โดยน้ำหนัก) นำไอศกรีมตัวอย่างที่ได้หลังแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีวิทยา สมบัติทางกาย และสมบัติด้านประสาทสัมผัส ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลของปริมาณของน้ำตาลต่อการเหลือรอดเชื้อโพรไบโอติก (*L. casei*)

ไอศกรีม	ปริมาณเชื้อที่เหลือหลังกระบวนการ(log CFU/ml)		
	หลังการบ่ม	หลังการปั่นไอศกรีม	หลังการทำให้แข็ง
สูตรควบคุม	15.34 ± 0.04^{a}	15.21 ± 0.07^{a}	15.06 ± 0.02^{b}
เติมน้ำตาล 15 % (wt)	15.39 ± 0.03^{a}	15.34 ± 0.02^{a}	15.28 ± 0.01^{a}
เติมน้ำตาล 18 % (wt)	14.72 ± 0.15^{b}	14.55 ± 0.08^{b}	14.27 ± 0.06^{c}

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านจุลชีวิทยาของไอศกรีม (ตารางที่ 4.5) จะเห็นได้ว่าปริมาณเชื้อเหลือรอดหลังผ่านแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ไอศกรีมสูตรควบคุม (12%) มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 15.40 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.34 ± 0.04 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.06 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมน้ำตาล 15% เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีปริมาณเชื้อเหลือรอด 15.39 ± 0.03 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.01 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมน้ำตาล 18% เมื่อผ่านกระบวนการบ่ม จะมีปริมาณเชื้อเหลือรอด 14.72 ± 0.68 log CFU/ml นั่นคือมีปริมาณเชื้อลดลง 0.68 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการปั่น ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.21 ± 0.07 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.15 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมน้ำตาล 15% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.34 ± 0.02 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.05 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมน้ำตาล 18% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.55 ± 0.08 log CFU/ml มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณเชื้อลดลง 0.17 log CFU/ml เมื่อผ่านกระบวนการทำให้แข็ง ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.06 ± 0.02 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.1 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมน้ำตาล 15 % มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 15.28 ± 0.01 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.06 log CFU/ml ไอศกรีมสูตรเติมอินูลิน 18% มีปริมาณเชื้อเหลือรอดอยู่ที่ 14.27 ± 0.06 log CFU/ml มีปริมาณเชื้อลดลง 0.28 log CFU/ml

ผลการวิเคราะห์เชื้อโพรไบโอติกหลังขั้นตอนการบ่มและกระบวนการปั่นไอศกรีมพบว่าปริมาณน้ำตาลในตัวอย่างควบคุม (12%) และตัวอย่างที่มีการเติมน้ำตาล 15% นั้นมีผลต่อการเหลือเชื้อ *L. casei* ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่หลังจากขั้นตอนการทำให้แข็งพบว่า ตัวอย่างไอศกรีมที่มีการเติมน้ำตาลที่ระดับ 15% นั้นมีปริมาณเชื้อ *L. casei* เหลือมากที่สุด (15.28 ± 0.01 log CFU/ml) เมื่อเทียบกับตัวอย่างไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนตัวอย่างที่มีการเติมน้ำตาลระดับที่ 18% มีจำนวนเชื้อเหลือโพรไบโอติกเหลือรอดในทุกขั้นตอนน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลมีส่วนในการช่วยให้เชื้อโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากขึ้น อย่างไรก็ตามความเครียดเนื่องจากแรงดันออสโมติก (Jay et al., 2005) อาจส่งผลให้ปริมาณเชื้อโพรไบโอติกลดปริมาณลงได้เช่นกัน

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akin et al., 2007 ที่รายงานว่า การเพิ่มระดับน้ำตาลในการผลิตไอศกรีมช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *L. acidophilus* และ *B. lactis* ซึ่งช่วยให้มีจำนวนเชื้อเหลือรอดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 ผลของปริมาณน้ำตาล ต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมเหลวและไอศกรีม

ไอศกรีม	ความหนืดของไอศกรีมเหลว (เซนติพอยส์)	โอเวอร์รัน (เปอร์เซนต์)	อัตราการละลาย (ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อนาที)	เนื้อสัมผัส (แรงกดสูงสุด : กรัม)	ค่าสี		
					L*	a*^{ns}	b*
สูตรควบคุม	191.00 ± 3.67^{c}	37.93 ± 0.27^{b}	1.60 ± 0.02^{c}	358.56 ± 103.70^{c}	88.31 ± 1.76^{a}	-2.42 ± 0.18	+10.84 ± 0.75^{c}
เติมน้ำตาล 15 % (wt)	244.00 ± 4.98^{b}	39.00 ± 0.62^{ab}	1.52 ± 0.02^{b}	244.55 ± 89.03^{b}	84.21 ± 2.65^{bc}	-2.36 ± 0.19	+12.41 ± 0.40^{ab}
เติมน้ำตาล 18 % (wt)	290.71 ± 3.83^{a}	40.00 ± 0.95^{a}	1.46 ± 0.03^{a}	213.22 ± 108.28^{a}	85.70 ± 2.03^{bc}	-2.40 ± 0.23	+12.47 ± 0.35^{ab}

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

- ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมดังแสดงในตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการเติมน้ำตาลส่งผลต่อค่าความหนืดของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่เติมปริมาณน้ำตาลที่ระดับ 18% จะมีความหนืดสูงสุด (290.71 ± 3.83 เซนติพอยส์) รองลงมาคือ ที่ระดับ 15% และ สูตรควบคุม ตามลำดับ ความสามารถในการละลายของน้ำตาลทำให้ส่วนของของแข็งที่ละลายได้ในส่วนผสมไอศกรีมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นทั้งน้ำตาลและไขมันจึงมักถูกใช้เป็นตัวเพิ่มปริมาณของแข็งในส่วนผสมไอศกรีมทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้น (Specter และ Setser ,1994)

การเติมน้ำตาลส่งผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเติมปริมาณน้ำตาลที่ระดับ 18% ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับ 40.00 ± 0.95 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุการเพิ่มขึ้นของค่าโอเวอร์ตามระดับปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น เป็นผลเนื่องจากความหนืดที่เพิ่มขึ้น ดังกล่าวมาข้างต้น เนื่องจากน้ำตาลมีผลต่อความหนืดของไอศกรีมเหลว ดังนั้นหลังการปั่นจึงทำให้ได้ไอศกรีมมีค่าโอเวอร์รันสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Guinard et al. (1997) ที่พบว่าไอศกรีมที่มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูงนั้นในสูตรไอศกรีมจะมีปริมาณน้ำตาลสูง และไขมันต่ำ

อัตราการละลายของไอศกรีมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น การเติมน้ำตาลลงในส่วนผสมที่ระดับ 18% ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีอัตราการละลายต่ำสุด (ร้อยละ 1.46 ± 0.03 ต่อนาที) ในขณะที่สูตรควบคุม (มีปริมาณน้ำตาล 12%) มีอัตราการละลายสูงสุด ปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมมีผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีม เนื่องจากสารประกอบคาร์โบไฮเดรตช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ทำให้ความหนืดของไอศกรีมเหลวเพิ่มสูงขึ้น และช่วยต้านการละลายของไอศกรีมได้มากขึ้น (Mashall และ Arbukle , 1996; Sofjan และ Hartel, 2004)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าโอเวอร์รัน กล่าวคือไอศกรีมที่มีค่าโอเวอร์รันต่ำจะเป็นไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น (Mashall และ Arbuckle, 1996) การเติมน้ำตาลช่วยเพิ่มความข้นหนืดและค่าโอเวอร์รัน จึงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งที่สุด (มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่เท่ากับ 358.56 ± 103.70 กรัม) ในขณะที่ไอศกรีมที่เติมน้ำตาลที่ระดับ 18% มีความแข็งน้อยที่สุด (ค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 213.22 ± 108.28 กรัม)

การเพิ่มปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมไอศกรีมลดค่าความสว่างของสีไอศกรีม แต่เพิ่มค่าสีเหลือง (b*) ไอศกรีมสูตรควบคุม มีค่าความสว่างของสีมากกว่าไอศกรีมสูตรที่มีการเติมน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับ 15% และ 18% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลมีผลต่อความสว่างไอศกรีม ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลของการเกิด คาราเมลไลเซชั่นของน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนแล้ว ส่งผลน้ำตาลเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีออกน้ำตาล จึงทำให้ไอศกรีมที่มีปริมาณน้ำตาลสูง มีความสว่างจะลดลง และมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดสอบทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซินไบโอติกที่มีการผันแปรปริมาณน้ำตาลในส่วนผสมโดยวิธี 9-point Hedonic scale จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน (ตารางที่ 4.7) พบว่า โดยภาพรวมการเติมน้ำตาลส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีม ยกเว้นลักษณะของสีไอศกรีมที่ปรากฏ

คะแนนความเรียบเนียนของไอศกรีมซินไบโอติกที่ผันแปรตามระดับของน้ำตาลพบว่าให้ค่าคะแนนความเรียบเนียนแตกต่างกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ สูตรไอศกรีมที่มีระดับน้ำตาล 15% และ 18% มีคะแนนความเรียบเนียนมากกว่าสูตรควบคุมประมาณ 7.17 - 7.43 คะแนน เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณน้ำตาลพบว่าค่าคะแนนสัดส่วนความเรียบเนียนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ สุพัฒน์ (2546) ที่พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำตาล และไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณน้ำตาลมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมโดยจะไปช่วยลดขนาดของผลึกน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมมีความเรียบเนียน และลื่นในปาก

คะแนนสีที่ปรากฏ พบว่ามีค่าคะแนนความชอบด้านสีอยู่ระหว่าง 6.80 - 7.37 คะแนนโดยทั้ง 3 สูตรมีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสีของไอศครีมทั้ง 3 สูตรเมื่อสังเกตุด้วยตาเปล่านั้นจะไม่พบความแตกต่าง

ส่วนคะแนนรสหวาน คะแนนกลิ่นวนิลา คะแนนความมัน คะแนนเหนียวหนืด คะแนนการละลายในปาก และคะแนนการยอมรับรวม ทั้ง 3 สูตรมีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีระดับน้ำตาล 15% และ 18% มีคะแนนมากกว่าสูตรควบคุม(12%) เมื่อพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพ สาเหตุที่ปริมาณน้ำตาลสูงได้รับคะแนนมากกว่านั้นเนื่องจากน้ำตาล ช่วยเพิ่มความข้นหนืดให้กับไอศกรีมเหลว แล้วการที่ไอศกรีมเหลวหนืดขึ้นจะส่งผลต่อค่าโอเวอร์รันสูงขึ้นเพราะไอศกรีมเหลวที่มีความหนืดจะมีความสามารถห่อหุ้มอากาศได้ดียิ่งขึ้น และอัตราการละลายจะลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะเห็นได้ว่าผลการทดลองนี้มีค่าที่สูง คืออยู่ที่ 0.99 - 1.66 ทั้งนี้เพราะว่าในกลุ่มผู้ทดสอบชิม 50 คน มีความหลากหลาย จึงมีความชอบที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าที่สูง

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วผู้ทดสอบชิมมีความชอบไอศกรีมสูตรที่มีระดับน้ำตาล 15% และ 18% ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มผู้ทดสอบชิมเป็นส่วนใหญ่นักศึกษา ซึ่งโดยปกติวัยรุ่นมักชอบรับประทานขนมที่มีรสหวาน จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ สูตรที่มีระดับน้ำตาลสูงกว่าสูตรควบคุมได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.7 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมซินไบโอติกที่ผันแปรตามระดับของน้ำตาล

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรไอศกรีมที่เติมน้ำตาล		
	สูตรควบคุม	15% (wt)	18% (wt)
ความเรียบเนียน	6.33 ± 1.24[b]	7.43 ± 1.21[a]	7.17 ± 1.29[a]
สีที่ปรากฏ[ns]	6.80 ± 1.27	7.37 ± 1.12	7.10 ± 1.15
รสหวาน	6.30 ± 1.39[b]	7.10 ± 1.15[a]	6.67 ± 1.60[ab]
กลิ่นรสวนิลา	6.10 ± 0.99[b]	7.13 ± 1.30[a]	6.93 ± 1.20[a]
ความมัน	6.00 ± 1.25[b]	7.03 ± 1.24[a]	6.73 ± 1.53[a]
ความเหนียวหนืด	5.80 ± 1.34[b]	6.73 ± 1.36[a]	6.40 ± 1.60[ab]
การละลายในปาก	6.17 ± 1.26[b]	7.13 ± 1.10[a]	6.93 ± 1.28[a]
การยอมรับรวม	6.37 ± 0.99[b]	7.53 ± 1.04[a]	7.10 ± 1.29[a]

หมายเหตุ : - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved