



สวคค

การประชุมวิชาการระดับชาติ

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6

“วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับวิถีชีวิตใหม่ เพื่อความยั่งยืน”

NSCIC2021

1-2 เมษายน 2564

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และการคงตัวของไอศกรีมนมแพะ
Effect of Bacterial Cellulose on the Physiochemical Properties and Stabilizers of
Goat Milk Ice Cream

อาฮีเสาะ ปานะ¹, ภัทรวดี เียดเต็ม^{2*}, กิตติ สุวรรณบริษัธุ์²
Aresoh Panok¹, Phattharawadee Aedtem^{2*}, Kitti Suwanbandit²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของเซลลูโลสจากแบคทีเรีย (วันมะพร้าว) ที่มีผลต่อความคงตัวของไอศกรีมนมแพะ โดยใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียความเข้มข้นร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 (w/v) เทียบกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 (w/v) เป็นสารให้ความคงตัวของไอศกรีมนมแพะ พบว่าไอศกรีมนมแพะที่ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียทำให้ส่วนผสมไอศกรีม (ไอศกรีมมิกซ์) มีความหนืดสูงขึ้น โดยสูตรที่เติมร้อยละ 0.6 (w/v) มีความหนืดสูงสุด เท่ากับ $1,080.80 \pm 19.25$ cP ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบว่าไอศกรีมนมแพะที่ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียเป็นสารให้ความคงตัว ทำให้มีค่าอัตราการละลายต่ำกว่าสูตรที่ใช้ CMC การประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมนมแพะที่ใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียร้อยละ 0.6 (w/v) ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 9.00 ($p < 0.05$) ซึ่งอยู่ในระดับชอบมากที่สุด

คำสำคัญ: เซลลูโลสจากแบคทีเรีย, ไอศกรีมนมแพะ, สารให้ความคงตัว

Abstract

This research aimed to study the effect of bacterial cellulose on goat milk ice cream stability. The 0.2 0.4 and 0.6% (w/v) bacterial cellulose were used as stabilizers and compared to 0.4% of carboxymethyl cellulose (CMC). The result showed that apparent viscosity significantly increased when increasing of bacterial cellulose in an ice cream mix, the viscosity of 0.6% (w/v) bacterial cellulose were $1,080.80 \pm 19.25$ cP ($p < 0.05$). In addition, bacterial cellulose showed less melting rate compared to the CMC. Showed that the goat milk ice cream using 0.6% (w/v) bacterial cellulose have the highest score of overall acceptability, that is 9.00 ($p < 0.05$)

Keyword: Bacterial cellulose, Goat milk ice cream, Stabilizers

¹ นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

² อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

*Corresponding author, E-mail: phattharawadee.agyru.ac.th

บทนำ

เซลลูโลสจากแบคทีเรีย (Bacterial cellulose, BC) มีชื่อเรียกทั่วไปว่า วัณมะพร้าวหรือวัณสวรรค์ (NATA de coco) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหมักของแบคทีเรียโดยใช้วัณมะพร้าวและน้ำตาลทรายเป็นแหล่งอาหาร ปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วงกรด (pH 4) ซึ่งสายพันธุ์แบคทีเรียที่นิยมใช้คือ *Acetobacter xylinum* (วีจิตรา โหมจันทร และคณะ, 2555; น. 93) ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างมีทั้งแบบกลมและแบบแท่ง อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เซลล์คู่ หรือเรียงต่อกันเป็นสาย ต้องการอากาศในการเจริญ โดยเจริญได้ดีที่สภาวะอุณหภูมิช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และ pH อยู่ในช่วง 3-7 ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต และสังเคราะห์เซลลูโลสออกมาภายนอกเซลล์ (บุปผาชาติ และคณะ, 2555) เซลลูโลสที่ผลิตได้คุณสมบัติเฉพาะ คือ มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับเซลลูโลสจากพืช มีความบริสุทธิ์สูง ไม่มีคลอโรฟิลล์ ไม่มีไขมันและให้พลังงานต่ำ ความสามารถอุ้มน้ำได้ปริมาณมาก แข็งแรง ทนต่อแรงดึงได้สูง จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น (Klemm et al., 2006) นิยมนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสและความคงตัว และใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้มากขึ้น (จุฬาลักษณ์ เหมาชิวกุล, 2559; น. 29)

ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้ มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงแพะนมมากขึ้น เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เลี้ยงที่มีคุณค่าใกล้เคียงนมแม่ โดยมีกรดละมีใบจำเป็นทั้ง 10 ชนิด และยังมีกรดไขมันอิ่มตัวแบบสายโซ่สั้นซึ่งร่างกายสามารถย่อยง่ายและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดี แต่เนื่องจากนมแพะมีกลิ่นรสที่ค่อนข้างแรงจึงไม่ค่อยได้รับความนิยม ดังนั้นจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากนมแพะมากขึ้นโดยไอศกรีมก็เป็นหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม อย่างไรก็ตามในการผลิตไอศกรีมนมแพะก็พบปัญหาความคงตัวของไอศกรีมเนื่องจากนมแพะมีปริมาณโปรตีนเคซีนน้อยกว่านมวัว จึงทำให้เกิดเจลโปรตีนที่อ่อนกว่า การอุ้มน้ำและความแข็งแรงจึงน้อยกว่านมวัวทำให้ไอศกรีมจากนมแพะละลายเร็ว ดังนั้นหากนำเซลลูโลสจากแบคทีเรียมาเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมนมแพะอาจจะช่วยระยะเวลาในการละลายให้ช้าลง และอาจช่วยส่งเสริมสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของไอศกรีมนมแพะให้ดีขึ้น เพราะเซลลูโลสมีสมบัติทั้งเป็นสารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพ และเคมีของส่วนผสมไอศกรีม (Ice cream mix) และไอศกรีมนมแพะ
2. เพื่อศึกษาปริมาณของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อความคงตัวของไอศกรีมนมแพะ

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ นมแพะดิบ จากสหพันธ์นมอเนก อ.เมือง จ.ยะลา วัณมะพร้าว (ตราคิงไอแลนด์)

Carboxymethyl Cellulose (CMC)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเซลลูโลสแบคทีเรียบริสุทธิ์

การเตรียมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย (BC) ดัดแปลงวิธีจาก Meftahi et al., (2015) และเฉลิมเกียรติ แก้วนุ่น และคณะ (2558) โดยนำวัณมะพร้าว คิงไอแลนด์ ซึ่งเตรียมด้วยหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* นำมาปั่นละเอียดแล้วนำไปต้มในน้ำอัตราส่วนน้ำต่อเนื้อวัณมะพร้าว เท่ากับ 10:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดจน pH เท่ากับ 7 แล้วนำไปต้มในโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 นอร์มอล อัตราส่วน NaOH ต่อเนื้อวัณมะพร้าว เท่ากับ 10:1 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น จน pH เท่ากับ 7 ทำแห้งด้วยเครื่องสูบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส วิศวกรรมปริมาณความชื้นทุก 1 ชั่วโมง จนความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 12 ๒๓ เป็นผง บรรจุถุง PE เก็บในโถสุญญากาศ

การเตรียมไอศกรีมนมแพะ

การเตรียมไอศกรีมโดย นำน้ำนมแพะ อุ่นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ นมผงขาดมันเนย น้ำตาลทราย เกลือ CMC (สูตรมาตรฐาน) และเติมเชลลูโลสจากแบคทีเรียที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) แสดงได้ดังตารางที่ 1 คนผสมให้ละลายเป็นเวลา 15 นาที เติมครีมผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงใช้ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันที โดยใช้น้ำเย็นหล่อภาชนะด้านล่าง นำนมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมที่อุณหภูมิ -6 ถึง -5.5 องศาเซลเซียส บรรจุลงภาชนะปิดฝาและเก็บอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ศึกษารหัสคุณภาพของไอศกรีมนมแพะมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไอศกรีมนมแพะสูตรพื้นฐานและสูตรเติมเชลลูโลสจากแบคทีเรีย

ส่วนผสม	สูตรมาตรฐาน	อัตราส่วน		
		BC 0.2	BC 0.4	BC 0.6
น้ำนมแพะ (ml)	1267	1267	1267	1267
ครีม (มีไขมันนมไม่น้อยกว่า 40%(g))	349	349	349	349
นมผงขาดมันเนย (g)	74	74	74	74
น้ำตาลทราย (g)	300	300	300	300
เกลือ (g)	16	16	16	16
คาร์บอกซิเมตทิลเชลลูโลส (%)	0.4	-	-	-
เชลลูโลสจากแบคทีเรีย (%)	-	0.2	0.4	0.6

ที่มา : คัดแปลงจาก Ajisha et al. (2019)

การศึกษามลของเชลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ

- ค่าสี L* a* b* โดยวิธี ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และสาวิตรี พูลเดช (2553, น. 35) ด้วยเครื่อง color flek รุ่น Hunter lab
- ความหนืด โดยวิธี จันทิมา กุงามเงิน, ณัฐชยานันท์ ชูสุข, นฤมล นามขุย และ สุวรรณา ไชโย (2558; น. 4) ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Viscosity Meter) ใช้เครื่อง Brookfield viscometer (รุ่น LVDV-IT+PRO ประเทศเยอรมัน) ใช้หัววัด (spindle) เบอร์ 3 ความเร็วรอบในการหมุน 50 รอบต่อนาที (rpm)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยวิธี ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และสาวิตรี พูลเดช (2553, น. 35) ด้วยใช้เครื่อง (Hand refractometer)

การศึกษามลของเชลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมนมแพะ

- ค่าสี L* a* b* โดยวิธี ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และสาวิตรี พูลเดช (2553, น. 35) ด้วยเครื่อง color flek รุ่น Hunter lab
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยวิธี ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และสาวิตรี พูลเดช (2553, น. 35) ด้วยเครื่อง (Hand refractometer)
- ปริมาณการขึ้นฟูของไอศกรีม โดยวิธี จันทิมา เพ็ญ มะลิพันธ์ (2561, น. 351) โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมไอศกรีมบรรจุเต็มถ้วยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และเมื่อปั่นจนไอศกรีมแข็งตัวตัดใส่ภาชนะใบเดิม ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ แล้วนำมาคำนวณหาค่าร้อยละการขึ้นฟู ดังสมการ

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักของส่วนผสมไอศกรีม} - \text{น้ำหนักไอศกรีม})}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100 \quad (1)$$

- อัตราการละลาย โดยวิธี จินทร์เพ็ญ มะลิพันธ์ (2561, น. 352) นำตัวอย่างไอศกรีม ซึ่งน้ำหนัก 50 กรัม วางบนตะแกรงลวดที่มีปีกเกอร์ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ปล่อยให้ไอศกรีมละลาย และชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส

การประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมแพะ

การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของไอศกรีมแพะที่ระดับปริมาณเกลือโซสจากแบคทีเรียแตกต่างกันเปรียบเทียบกับไอศกรีมนมแพะสูตรมาตรฐานมาตรวจสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมแพะด้วยวิธี 9-Point-Hedonic Scale โดยประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมโดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

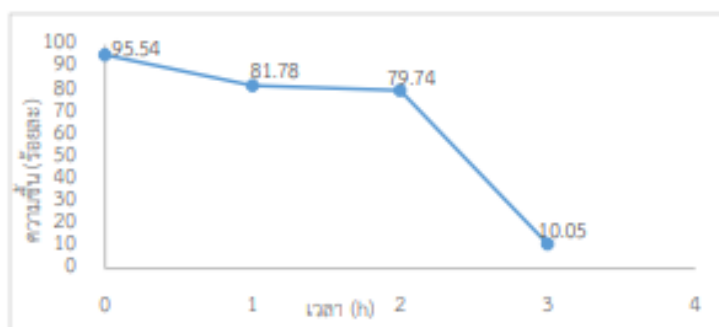
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ส่วนการประเมินทางด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ สุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการวิจัย

การเตรียมผงเกลือโซสจากแบคทีเรีย

การเตรียมผงเกลือโซสจากแบคทีเรีย วันมะพร้าว คิงไอแลนด์ ทำแห้งด้วยเครื่องตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 12



ภาพที่ 1 ความชื้นเกลือโซสจากแบคทีเรีย ในการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 0 1 2 และ 3 ชั่วโมง

จากภาพที่ 1 พบว่าความชื้นเริ่มต้นของเกลือโซสจากแบคทีเรีย มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 95.54 หลังจากอบแห้งที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีค่าความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 81.78 79.74 และ 10.05 ตามลำดับ โดยพบว่าช่วงเวลาการอบแห้งที่เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าขึ้นลดลงอย่างรวดเร็ว

การศึกษาผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ โดยทำวิเคราะห์ค่า สี ความหนืด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ ที่เติมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ระดับ ร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสูตรไอศกรีมนมแพะมาตรฐาน ที่เติม CMC ร้อยละ 0.4 พบว่าการใช้เซลลูโลสจากแบคทีเรียมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่เติม CMC ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณเซลลูโลสจากแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืด ค่า L^* (ค่าความสว่าง) มีค่าสูงขึ้น โดยปริมาณเซลลูโลสจากแบคทีเรียที่ร้อยละ 0.6 (w/v) ให้ค่าสูงสุด ($p < 0.05$) เท่ากับ 1,080.80 cP และ 86.69±0.69 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังส่งผลต่อ a^* (ค่าความเป็นสีแดง) ให้มีค่าลดลง ค่า b^* ค่าความเป็นสีเหลืองมีค่าใกล้เคียงกันในทุกชุดการทดลอง ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง ($p > 0.05$) แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ

สารให้ความคงตัว (%)	ค่าสี			ความหนืด (cP)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายได้ ทั้งหมด ^a (*Brix)
	L^*	a^*	b^*		
CMC 0.4	84.56±0.66 ^b	-1.85±0.13 ^d	17.60±0.31 ^a	463.65±34.35 ^b	34.90±1.57
BC 0.2	85.91±0.34 ^a	-1.35±0.18 ^a	15.38±1.06 ^{bc}	381.63±10.95 ^c	32.00±3.03
BC 0.4	86.69±0.17 ^a	-2.10±0.26 ^{bc}	14.22±0.70 ^c	583.93±50.52 ^b	32.76±1.05
BC 0.6	86.20±0.69 ^a	-2.46±0.18 ^c	16.44±0.44 ^{ab}	1,080.80±19.25 ^a	33.56±1.48

หมายเหตุ : อักษร a-c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โคนแนวตั้ง

อักษร ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การศึกษาผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมนมแพะ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมนมแพะที่เติมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย โดยทำวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และอัตราการละลาย ของไอศกรีมนมแพะ ที่ผสมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ระดับร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับสูตรไอศกรีมนมแพะมาตรฐาน ที่เติม CMC ร้อยละ 0.4 พบว่าค่าสีของไอศกรีมนมแพะในชุดการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่า L^* อยู่ในช่วง 89.69±0.23-90.87±0.23 ค่า b^* ให้ค่าความเป็นสีเหลืองลดลงเมื่อเติมเซลลูโลสจากแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในทุกชุดการทดลองที่เติมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย มีค่าน้อยกว่า ชุดทดลองที่เติม CMC ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมนมแพะที่ผสมเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) ให้ค่าการขึ้นฟูสูงสุด และค่าอัตราการละลายต่ำสุด มีค่าเป็น ร้อยละ 67.27±10.8 และ 1.83±0.08 กรัม/นาที ตามลำดับแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมนมแพะ

สมบัติทางกายภาพ	CMC (0.4 %)	BC (%)		
		0.2	0.4	0.6
ค่าสี L*	89.69±0.23 ^b	90.87±0.23 ^a	89.77±0.42 ^b	89.83±0.22 ^b
a**	-0.95±0.38	-1.05±0.35	-1.10±0.48	-1.23±0.31
b*	11.81±0.67 ^a	11.15±0.81 ^{ab}	10.53±0.51 ^b	10.22±0.51 ^b
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	39.80±0.60 ^a	34.76±2.57 ^b	33.86±0.58 ^b	36.33±1.81 ^b
การขึ้นฟู (%)	24.28±3.43 ^c	28.65±9.48 ^c	47.51±8.49 ^b	67.27±10.8 ^a
อัตราการละลาย (g/min)	2.16±0.10 ^a	1.93±0.20 ^{ab}	1.91±0.07 ^{ab}	1.83±0.08 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษร a-c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในบรรดา

ตัวอักษร ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

การประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

ผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมแพะ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเนียน) และความชอบรวม พบว่าไอศกรีมนมแพะที่เติมเซลลูโลสจากแบคทีเรียระดับร้อยละ 0.6 (w/v) มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความเนียน และความชอบรวมสูงสุด (p<0.05) มีค่าเท่ากับ 7.73±1.28 7.83±1.36 9.00±0.00 8.96±0.18 และ 9.00±0.00 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมแพะ

สารให้ ความคงตัว (%)	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส (ความเนียน)	ความชอบ รวม
CMC 0.4	7.40±1.40 ^a	7.33±1.47 ^{ab}	6.66±1.47	8.90±0.30 ^a	9.00±0.00 ^a	8.93±0.25 ^a
BC 0.2	6.33±1.15 ^b	7.06±1.33 ^b	6.43±1.67	8.96±0.18 ^a	8.86±0.34 ^a	8.93±0.25 ^a
BC 0.4	7.20±1.37 ^a	6.83±1.01 ^b	7.40±0.93	8.33±0.75 ^b	8.90±1.29 ^b	7.46±0.68 ^b
BC 0.6	7.73±1.28 ^a	7.83±1.36 ^a	7.06±1.63	9.00±0.00 ^a	8.96±0.18 ^a	9.00±0.00 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษร a-c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในบรรดา

ตัวอักษร ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

สรุปผลการวิจัย

เซลลูโลสจากแบคทีเรียมีผลต่อความคงตัวของไอศกรีมนมแพะ เมื่อระดับความเข้มข้นของเซลลูโลสจากแบคทีเรียเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด การขึ้นฟู อัตราการละลายดีขึ้น ซึ่งการเติมเซลลูโลสจากแบคทีเรียที่ระดับร้อยละ 0.6 (w/v) ทำให้ไอศกรีมนมแพะมีความคงตัวสูงสุด และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงสุด มีค่าเท่ากับ 9.00 (p<0.05) นอกจากนี้พบว่าการเติมเซลลูโลสจากแบคทีเรียเพียงร้อยละ 0.2 (w/v) ทำให้ไอศกรีมนมแพะมีค่า ความหนืด การขึ้นฟู และอัตราการละลาย ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) กับไอศกรีมนมแพะที่เติม CMC ร้อยละ 0.4 (w/v)

อภิปรายผลการวิจัย

1. การเตรียมผงเซลลูโลสจากแบคทีเรีย ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 12 โดยช่วงเวลาการอบแห้งใช้เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอุณหภูมิภายในวัตถุสูงขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของลมร้อนจึงทำให้น้ำในเนื้อวัสดุเคลื่อนที่และระเหยได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นภายในเนื้อวัสดุเคลื่อนที่มาสู่ผิวด้านนอกตกลง (ณัฐพล กระจำง, 2560; น.7) สอดคล้องกับการรายงานของ Indriyati et al. (2019, p.125) พบว่าเซลลูโลสจากแบคทีเรียมีความชื้นเริ่มต้นตมมากกว่าร้อยละ 95 และให้เวลาในการทำแห้งโดยลมร้อนอยู่ในช่วง 3-5 ชั่วโมง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำแห้ง คือ วิธีการและเครื่องมือในการอบแห้ง อุณหภูมิ ความเร็วลม และขนาดของวัตถุ

2. การศึกษาผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของส่วนผสมไอศกรีมนมแพะ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณเซลลูโลสจากแบคทีเรียเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม เพิ่มขึ้นด้วย และค่าความหนืดสูงกว่าส่วนผสมไอศกรีม ที่เติม CMC เนื่องจากเซลลูโลสมีโครงสร้างระดับนาโน มีความต้านทานแรงดึงสูง และมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำสูง จุฬาลักษณ์ เมาชีวะกุล (2559, น.29) รายงานว่าเซลลูโลสจากพืช มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (ค่า water holding capacity อยู่ในช่วงระหว่าง 10-20 เท่าของน้ำหนักเซลลูโลสแห้ง) ส่วนเซลลูโลสจากแบคทีเรียมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง (ค่า water holding capacity อยู่ในช่วงระหว่าง 60-700 เท่าของน้ำหนักเซลลูโลสแห้ง) ซึ่งความหนืดของไอศกรีมก็ขึ้นอยู่กับ การดูดซับน้ำสายพอลิแซ็กคาไรด์ ยิ่งสายพอลิแซ็กคาไรด์ใหญ่หรือมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ทำให้ดูดซับน้ำได้ดีขึ้นและพันธะระหว่างโมเลกุลแข็งแรงขึ้น (จินทิมา ภูงามเงิน, ณัฐธยาน์ ชูสุข, นฤมล นามขุย และ สุวรรณ ไขโย, 2558; น. 6) ส่วนค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ อยู่ในช่วง $32.00 \pm 3.03 - 34.90 \pm 1.57$ % ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากมีการเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่น้อยมากซึ่งไม่ส่งผลต่อค่าทางเคมี (จินทร์เพ็ญมะลิพันธ์, 2561; น.358) ไอศกรีมทั่วไปจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 35 - 37 ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดมีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน มี body ที่ดี (พวงชมพู พงษ์ชัย และ วรณวิศา บุญชู, 2558, น. 407)

3. การศึกษาผลของเซลลูโลสจากแบคทีเรียต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมนมแพะ ในการอภิปรายผลเลือกค่า L^* และ b^* มาวิเคราะห์ผลเนื่องจากมีความสอดคล้องกับสีของผลิตภัณฑ์ โดยค่า L^* จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการอัดอากาศเข้าไปในไอศกรีมมากขึ้น นอกจากนี้เซลลูโลสจากแบคทีเรียยังมีเส้นใยลักษณะใย จึงมีค่า L^* ที่สูงกว่าไอศกรีมนมแพะที่เติม CMC ของเซลลูโลสจากพืช ซึ่งมีเส้นใยสีขาวหรือค่อนข้างขาว (จุฬาลักษณ์ เมาชีวะกุล, 2559, น.29) และ b^* คือค่าที่บ่งชี้ความเป็นสีเหลือง หากมีการอัดอากาศเข้าไปในไอศกรีมจะทำให้มีสีเหลืองอ่อน (จินทิมา ภูงามเงิน, ณัฐธยาน์ ชูสุข, นฤมล นามขุย และ สุวรรณ ไขโย, 2558; น. 7) อย่างไรก็ตามค่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนการขึ้นฟู พบว่าเมื่อปริมาณเซลลูโลสแบคทีเรียเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น Azeredo et al. (2019, p.8) รายงานว่าเซลลูโลสแบคทีเรียทำหน้าที่ในการจับกับเม็ดไขมันสร้างเป็นโครงข่ายล้อมรอบเซลล์อากาศ ช่วยจับอากาศขณะปั่นไอศกรีมได้ดี และทำให้เซลล์อากาศมีความสม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องมาจากมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี รวมทั้งการเกาะเกี่ยวระหว่างโมเลกุลที่มีความจำเพาะจึงทำให้จับอากาศได้ดี (Guo et al., 2018; p.627) การเติมเซลลูโลสแบคทีเรียยังมีผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีมนมแพะ เมื่อปริมาณเซลลูโลสแบคทีเรียมากขึ้นทำให้อัตราการละลายช้าลง โดยเซลลูโลสแบคทีเรียช่วยลดการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และลดการเกิดผลึกของแล็กโตสในระหว่างการแช่แข็ง (Azeredo et al., 2019, p.9) เนื่องจากเซลลูโลสแบคทีเรียทำหน้าที่เป็นเฟสต่อเนื่อง (External or continuous phase) คุ้มครองของเม็ดไขมันและเซลล์อากาศซึ่งเป็นเฟสกระจาย (internal or dispersed phase) ในระบบอิมัลชันของไอศกรีม โดยอิมัลชันไซฟิเออร์ทำหน้าที่ทำให้ไขมันจำตัวได้บางส่วนและเรียงตัวในระหว่างการปั่นไอศกรีม จึงสามารถกักเก็บอากาศไว้ในไอศกรีมได้ดีขึ้น ลดระยะเวลาการปั่น เพิ่มการขึ้นฟู ไอศกรีมที่มีหัวที่แห้งไม่มีน้ำขม และนอกจากนั้นฟองอากาศที่ถูกกักไว้ในเนื้อไอศกรีมช่วยให้ไอศกรีมมีความคงตัวละลายได้ช้าลง (Bahramparvar and Tehrani, 2011; p.401) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการละลายมีความสัมพันธ์กับความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม หากมีความหนืดสูง จะส่งผลให้อัตราการละลายช้าลง ความหนืดทำให้โครงสร้างของไอศกรีมเกาะตัวกัน มี

ผลทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง (พวงชมพู หงษ์ชัย และ วรณวิสา บุญชู, 2558, น. 407)

4. การประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมนม และสอดคล้องกับค่าความหนืด ค่าการขึ้นฟู และอัตราการละลาย เนื่องจากสารให้ความคงตัวช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้นทำหน้าที่ไม่แยกตัวเป็นอิสระ เมื่อตีปั่นทำให้ฟองอากาศไม่ยุบตัว เพิ่มความหนืดส่งผลให้เนื้อไอศกรีมเนียนเรียบ และยังช่วยในการปล่อยกลิ่นรส (จินตนิมา ภูงามเงิน, ณัฐธยาน์ ชูสุข, นฤมล นามชู และ สุวรรณมา ใจโย, 2558; น. 2)

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรใช้น้ำมะพร้าวที่เป็นจากสถานประกอบการผลิตมะพร้าวคั่วในพื้นที่จังหวัดยะลา นำมาผลิตเชลลูโลสแบบที่เวีย เพื่อเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือและจำหน่ายเชิงพาณิชย์
2. สามารถนำเชลลูโลสแบบที่เวียไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารอื่นที่ต้องการความคงตัว ความข้นหนืด หรือใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณบางส่วนจากโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตด้านการเกษตร (การเพิ่มมูลค่าการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในพื้นที่จังหวัดยะลา) กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม ปี 2563

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์. (2561). "การใช้สารให้ความคงตัวในการพัฒนาไอศกรีมเนื้อนุ่มจากนมข้นจืด." ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 พ.ศ.2561**. ปุริรัมย์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 349-360.
- จินตนิมา ภูงามเงิน ณัฐธยาน์ ชูสุข นฤมล นามชู และสุวรรณา ใจโย. (2558). ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดต่อคุณภาพของไอศกรีมนมข้นจืด. **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 7 (มกราคม), 1-14.
- จุฬาลักษณ์ เหมาชีวะกุล. (2559). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตเชลลูโลสจากแบคทีเรียสายพันธุ์ *Acetobacter* sp. และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. **การเกษตรราชภัฏ**. 15 (กรกฎาคม), 25-33.
- เฉลิมเกียรติ แก้วนุ่น สมพงษ์ โอทอง และนันทวัฒน์ พงษ์พิทักษ์. (2559). "การผลิตเชลลูโลสจากน้ำคั้นยอป่าข่ามันมัน โคนทิ้งเพื่อการปลูกใหม่โดยเชื้อ *Acetobacter xylinum* TISTR 086." ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 102-109.
- ณัฐพล กระจำจ. (2560). **การอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- บุปผาชาติ ยศคันโท คมกฤต เม็กสกุล มลทิรา ต๊ะบุญจง และ วลัยลักษณ์ ไชยสกุล. (2555). "การศึกษาคุณสมบัติของเชลลูโลสแบบที่เวียเพื่อการผลิตกระดาษย่อยสลายได้." ใน: **การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555**. 17-19 ตุลาคม 2555. เพชรบุรี, 1281-1287.
- พวงชมพู หงษ์ชัย และวรณวิสา บุญชู. (2558). "ผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมนมข้นจืดเหลว". **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 46 (กันยายน), 405-408.
- Ajisha R., Radha K., Sathian C., Geetha R. and Beena A. (2019). Development of low calorie goat milk ice cream by using stevia leaf powder. **The Pharma Innovation**, 8(January), 296-299.

- Azeredo, Henriette M., Hernane, Barud. Cristiane S., Vanessa M., Vasconcellos and Amanda M., Claro. (2019). Bacterial cellulose as a raw material for food and food packaging applications. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. 18 (February), 1-14.
- Bahramparvara, Maryam, Mostafa M. and Tehrani. (2011). Application and functions of stabilizers in ice cream. **Food Reviews International**. 27 (January), 389-407.
- Guo Y., Xianhao Z., Wenhui H., Yumei X., Lin C., Zhixi L., Beiwei Z. and Xianchao F. (2018). Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes in ice cream model. **Carbohydrate Polymers**. 198 (June), 620-630.
- Indriyati, Yuyun I. and Tita P. (2019). Comparative study of bacterial cellulose film dried using microwave and air convection heating. **J. engineeringTechnology Science**. 51 (March), 121-132.
- Klemm D., Schumann D., Kramer F., Heßler H., Hornung M., Schmauder H., and Marsch S. (2006). **Nanocelluloses as Innovative Polymers in Research and Application**. In Klemm, D. Polysaccharides II. Advances in Polymer Science. Berlin Heidelberg: Springer, 50-91.
- Meftahi, A. R., Khajavi, A., Rashidi, M. K., Rahimi and A., Bahador. (2015) Effect of Purification on Nano Microbial Cellulose Pellicle Propertie. **Procedia Materials Science**. 11 (November), 206-211.