

การผลิตไอศกรีมเผือกหอมเสริมโปรไบโอติก

Production of Taro Ice cream Supplemented with Probiotics

รัฐสรณ์ ดุลยภีร์ (Rattasorn Dullayaperee)* บวรศักดิ์ ลีนานนท์ (Borwonsak Leenanon)**

บทคัดย่อ

ศึกษาการผลิตไอศกรีมเผือกหอมโดยใช้ปริมาณเผือกหอมที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 10 20 และ 30 และปริมาณสารช่วยให้คงตัว คือ แซนแทนกัม ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 แล้วประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ พบว่าการเติมเผือกหอมที่ระดับปริมาณร้อยละ 20 นั้นให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 7.33 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่เติมเผือกหอมที่ระดับปริมาณร้อยละ 10 และ 30 ($p \leq 0.05$) ส่วนการเติมสารช่วยให้คงตัวที่ระดับปริมาณร้อยละ 0.2 นั้น พบว่าให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยคือ 7.07 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมที่เติมสารช่วยให้คงตัวที่ระดับปริมาณร้อยละ 0.1 และ 0.3 ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ได้ศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกใน MRS broth โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเชื้อจะเจริญเข้าสู่ช่วงเฟสคงที่ ในช่วงเวลาที่ 19 ของการบ่ม โดยมีจำนวนเชื้ออยู่ประมาณ 9 ล็อกโคโลนีต่อมิลลิลิตร

ABSTRACT

Taro ice cream production was studied using taro at three different amounts of 10, 20 and 30 % and xanthan gum as a stabilizer at three different levels of 0.1, 0.2 and 0.3 %. Then, the product liking scores were evaluated by the panelists and found that ice cream with 20% taro had average overall liking score as 7.33 which was higher than the ones with 10 and 30 % taro ($p \leq 0.05$). In addition, ice cream with 0.2% stabilizer had average overall liking score as 7.07 which was higher than the ones with 0.1 and 0.3 % stabilizer ($p \leq 0.05$). Moreover, the growth curves of probiotic bacteria in MRS broth incubated at 37 °C were determined and found that these probiotics would grow into the stationary phase after 19 hrs of incubation with the numbers of 9 Log CFU/ml.

คำสำคัญ: ไอศกรีม เผือกหอม โปรไบโอติก

Keywords: Ice cream, Taro, Probiotics

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัจจุบันสภาวะการทำงานมีการแข่งขันและความกดดันที่สูง เป็นผลทำให้เกิดความเครียด และส่งผลให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ผู้บริโภคจึงเริ่มหันมาใส่ใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะหันมาบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์อาหารเสริมชนิดต่างๆ เนื่องจากไม่มีเวลาในการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ แต่ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหลายชนิดมักจะทำออกมาในรูปแบบของแคปซูลยา ทำให้ผู้บริโภคไม่ชอบรับประทานอย่างต่อเนื่อง เพราะอาจทำให้เกิดความรู้สึกทางจิตใจ ว่าเหมือนการรับประทานยา จึงเกิดแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหานี้โดยการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพออกมาในรูปแบบที่เป็นอาหารปกติ แต่จะมีการเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ นั่นก็คือ จุลินทรีย์โปรไบโอติกเสริมลงไปในการผลิต

โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต จุลินทรีย์ที่เป็นโปรไบโอติกส่วนใหญ่ ได้แก่ แบคทีเรียหลายสายพันธุ์ เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* เมื่อมนุษย์บริโภคเข้าไปแล้วจะเป็นตัวช่วยในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันแบคทีเรียที่ส่งผลดีต่อสุขภาพในร่างกายได้ลดจำนวนลงไปมาก เพราะอาหารการกินที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้สมดุลของแบคทีเรียในลำไส้เริ่มมีปัญหา (ปาริชาติ, 2549) ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีโปรไบโอติกจะช่วยให้ร่างกายได้รับประโยชน์หลายประการ เช่น ทำหน้าที่ข่อยน้ำตาลแลคโตสทำให้ไม่เกิดอาการท้องเสีย ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสารพิษหรือสารก่อมะเร็ง ช่วยสังเคราะห์วิตามินที่มีความจำเป็น ช่วยกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและลดอาการแพ้ ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และปรับปรุงการบีบตัวของลำไส้ใหญ่ (อาทิตย์, 2550) เป็นต้น

นอกจากนี้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นเมืองร้อน ไอศกรีมจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการยอมรับอย่างกว้างขวางในกลุ่มเด็ก

วัยรุ่น ผู้ใหญ่ รวมไปถึงผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้ความรู้สึกสดชื่น (Cruz and others, 2009) รวมทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผู้บริโภคไม่รู้สึกระคายเคืองที่จะต้องรับประทานเพื่อสุขภาพ และการเติมเนื้อเยือกหอมในไอศกรีม จะช่วยให้รสชาติที่ดีและมีกลิ่นหอมจากเยือก โดยเยือกหอมจะมีลักษณะหัวสีน้ำตาล เปลือกบาง เนื้อภายในมีสีขาวลายม่วงปะปนอยู่ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว (สมศรี และคณะ, 2537) และยังมีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก เนื่องจากเยือกหอมมีปริมาณของแป้งทนย่อย (resistant starch) อยู่สูง ซึ่งจะไม่ถูกย่อยและดูดซึมภายในลำไส้เล็ก แต่จะถูกหมักโดยจุลินทรีย์ภายในลำไส้ใหญ่ ทำให้เกิดกรดไขมันสายสั้นได้แก่ อะซิเตท บิวทีเรท และโพรพิโอเนต โดยกรดไขมันจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร (Sajilata and others, 2006) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรให้กับเกษตรกรผู้ปลูกเยือกหอมให้มีรายได้ที่ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมเยือกหอมเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีม

นำเยือกหอมมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น และนำไปต้มในน้ำเดือดจนสุก หลังจากนั้นตักขึ้นพักไว้บนตะแกรง นำมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นผสม หากยังไม่ใช้ให้เก็บในถุง LDPE บรรจุแบบสุญญากาศ นำไปเก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) เมื่อจะนำมาใช้ ต้องนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น ($4-7^{\circ}\text{C}$) ก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การผลิตไอศกรีมเยือกหอม

การผลิตไอศกรีมจะใช้ส่วนผสมต่างๆ คือ นมสด ครีม นมผงขาดมันเนย น้ำตาล สเตบิลไลเซอร์ อิมัลซิไฟเออร์ และเยือกหอม โดยนำนมสดและครีมไปลงในถังผสมและให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึง 50°C คนให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำตาล นมผงขาดมันเนย

สารช่วยให้คงตัว อิมัลซิไฟเออร์และเฟือกหอม นำส่วนผสมที่ได้ไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง bamix แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 69 °ซ เป็นเวลา 30 นาที (Marshall, 1996) ทำให้เย็นลงมาที่อุณหภูมิ 4 °ซ นำส่วนผสมไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมเข้าเครื่องปั่นไอศกรีม บรรจุใส่ภาชนะ นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18°ซ (Homayouni and others, 2008)

การศึกษาปริมาณเฟือกหอมที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม

ทดลองผลิตไอศกรีมทั้งหมด 3 สูตร โดยแต่ละสูตรจะใช้ระดับปริมาณเฟือกหอมในส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังนี้ คือ สูตรที่ 1 ระดับปริมาณร้อยละ 10 สูตรที่ 2 ใช้ระดับปริมาณร้อยละ 20 และสูตรที่ 3 ใช้ระดับปริมาณร้อยละ 30 จากนั้นนำไปทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเฟือกหอมที่ผลิตได้ทั้ง 3 สูตร ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้วิธี Preference test และให้คะแนนความชอบ (hedonic scale) มีระดับคะแนน 1 - 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = ไม่ชอบน้อยที่สุด 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด)

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยใช้ 9 - point scale Hedonic และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 17.0 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีดเมนต์ โดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

หมายเหตุ : ไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิม จะเป็นไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (hardening) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม

ทดลองผลิตไอศกรีมทั้งหมด 3 สูตร โดยแต่ละสูตรจะใช้สารช่วยให้คงตัว คือ แชนแทนกัม (Soukoulis and others, 2008) ในส่วนผสมที่ระดับปริมาณแตกต่างกันดังนี้ คือ สูตรที่ 1 ใช้ระดับปริมาณร้อยละ 0.1 สูตรที่ 2 ใช้ระดับปริมาณร้อยละ 0.2 และสูตรที่ 3 ใช้ระดับปริมาณร้อยละ 0.3 จากนั้นนำไปทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเฟือกหอมที่ผลิตได้ทั้ง 3 สูตร ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้วิธี Preference test และให้คะแนนความชอบ (hedonic scale) มีระดับคะแนน 1 - 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = ไม่ชอบน้อยที่สุด 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด)

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design โดยใช้ 9 - point scale Hedonic และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 17.0 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีดเมนต์ โดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

หมายเหตุ : ไอศกรีมทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิม จะเป็นไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง (hardening) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก

นำแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์ คือ *L. acidophilus* และ *L. casei* มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว (MRS broth) โดยปรับให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 100 cfu/ml นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในระหว่างการบ่มจะสุ่มตัวอย่างมาวัดความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) และนับจำนวนเชื้อโดยใช้ plate count method

ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar แล้วนำผลที่ได้ไปสร้างกราฟการเจริญของแบคทีเรีย (จริยา และ คณะ, 2541)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลของการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อ

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเผือกหอมที่มีปริมาณเผือกหอม

แตกต่างกัน

จากตารางที่ 1 แสดงค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเผือก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่มีปริมาณเผือกหอมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน และ กลิ่นเผือก มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสีอยู่ที่ประมาณ 6.5 – 6.7 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย และค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นอยู่ที่ประมาณ 6.6 – 6.7 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความหวานอยู่ที่ประมาณ 6.4 – 6.5 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย และค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นเผือกอยู่ที่ประมาณ 6.3 – 6.6 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย ในด้านของค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่มีการเติมเผือกหอมที่

ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 นั้นให้ค่าคะแนนสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่เติมเผือกหอมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 30 ($p\leq 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 อยู่ที่ประมาณ 7.3 หรืออยู่ที่ระดับชอบปานกลาง ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 30 อยู่ที่ประมาณ 5.8 – 6.4 หรืออยู่ที่ระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่มีการเติมปริมาณเผือกหอมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 นั้นให้ค่าคะแนนสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่เติมเผือกหอมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 30 ($p\leq 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 อยู่ที่ประมาณ 7.3 หรืออยู่ที่ระดับชอบปานกลาง ส่วนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 30 มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 6.4 – 6.5 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย

ดังนั้นในการพิจารณาคัดเลือกปริมาณเผือกหอมที่จะนำมาใช้งานวิจัยจึงพิจารณาจากค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของผู้ทดสอบชิมเป็นสำคัญ พบว่าการเติมปริมาณเผือกหอมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 จะให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุด ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 1 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเผือก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของไอศกรีมเผือกหอมเมื่อเติมปริมาณเผือกหอมแตกต่างกัน

ปริมาณเผือกหอม	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	ความหวาน	กลิ่นเผือก	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
10 %	6.73 ^a $\pm$ 1.62	6.60 ^a $\pm$ 1.19	6.47 ^a $\pm$ 1.76	6.37 ^a $\pm$ 1.45	5.83 ^b $\pm$ 2.04	6.47 ^b $\pm$ 1.57
20 %	6.77 ^a $\pm$ 1.38	6.63 ^a $\pm$ 1.30	6.50 ^a $\pm$ 1.55	6.63 ^a $\pm$ 1.33	7.30 ^a $\pm$ 1.02	7.33 ^a $\pm$ 1.06
30 %	6.57 ^a $\pm$ 1.99	6.77 ^a $\pm$ 1.76	6.43 ^a $\pm$ 1.91	6.47 ^a $\pm$ 1.89	6.47 ^b $\pm$ 1.91	6.53 ^b $\pm$ 1.14

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^aแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลของการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเฟรชที่มีปริมาณสารช่วยให้งดตัวแตกต่างกัน

จากตารางที่ 2 แสดงค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเฟรช เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นตัวอย่างไอศกรีมเฟรชที่มีปริมาณสารช่วยให้งดตัวที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน และกลิ่นเฟรช มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสีอยู่ที่ประมาณ 6.5 – 7 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นอยู่ที่ประมาณ 5.9 – 6.5 หรืออยู่ที่ระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความหวานอยู่ที่ประมาณ 6 – 6.7 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย และค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านกลิ่นเฟรชอยู่ที่ประมาณ 6.1 – 6.8 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย ในด้านของค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างไอศกรีม

เฟรชที่มีการเติมสารช่วยให้งดตัวที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นั้นให้ค่าคะแนนสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมเฟรชที่มีการเติมสารช่วยให้งดตัวที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ($p\leq 0.05$) โดยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 อยู่ที่ประมาณ 6.9 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 อยู่ที่ประมาณ 5.1 – 5.8 หรืออยู่ที่ระดับเฉยๆ ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 อยู่ที่ประมาณ 7 หรืออยู่ที่ระดับชอบปานกลาง ส่วนค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 อยู่ที่ประมาณ 5.4 – 6.1 หรืออยู่ที่ระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย

ดังนั้นในการพิจารณาคัดเลือกปริมาณสารช่วยให้งดตัวที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยจึงพิจารณาจากค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของผู้ทดสอบชิมเป็นสำคัญ พบว่าการเติมปริมาณสารช่วยให้งดตัวที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จะให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุด ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเฟรช เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ของไอศกรีมเฟรชเมื่อเติมปริมาณสารช่วยให้งดตัวแตกต่างกัน

ปริมาณสารช่วย ให้งดตัว	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	ความหวาน	กลิ่นเฟรช	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม
0.1 %	7.00 ^a $\pm$ 1.39	5.97 ^a $\pm$ 1.94	6.60 ^a $\pm$ 1.54	6.43 ^a $\pm$ 1.48	5.87 ^b $\pm$ 2.06	5.43 ^b $\pm$ 1.79
0.2 %	7.00 ^a $\pm$ 0.91	6.53 ^a $\pm$ 1.14	6.73 ^a $\pm$ 1.76	6.80 ^a $\pm$ 1.35	6.90 ^a $\pm$ 1.52	7.07 ^a $\pm$ 1.14
0.3 %	6.57 ^a $\pm$ 1.65	6.23 ^a $\pm$ 1.96	6.00 ^a $\pm$ 2.07	6.13 ^a $\pm$ 1.87	5.13 ^b $\pm$ 2.10	6.07 ^b $\pm$ 1.34

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

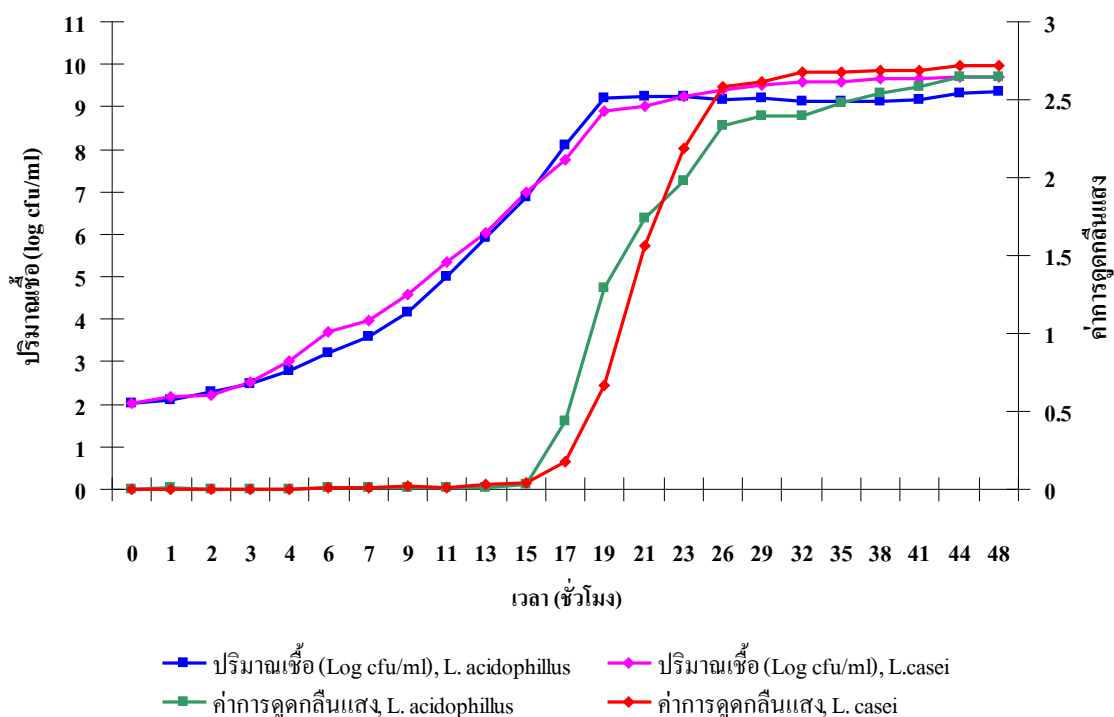
^a แสดงถึง ความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลของการศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก

เมื่อศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei* โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้ง 2 ชนิดในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS broth แล้วบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 °C สุ่มตัวอย่างในช่วงเวลาต่างๆ นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง และการเจริญของเชื้อ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 1 พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปค่าการดูดกลืนแสงจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth ที่เพิ่มขึ้น แต่ความขุ่นบ่งบอกถึงความหนาแน่นทั้งเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่ตายแล้ว โดยการวัดใช้หลักการฉายแสงผ่าน suspension ของแบคทีเรีย แสงส่วนหนึ่งจะถูกเซลล์แบคทีเรียดูดเอาไว้ ปริมาณแสงที่ดูดเอาไว้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนเซลล์ของแบคทีเรีย ในกรณีที่ต้องการทราบเฉพาะเชื้อที่มีชีวิตอยู่ ต้องทำควบคู่กับการนับจำนวนเชื้อโดยใช้ Dilution plate count แล้วนำไปสร้างกราฟการเจริญ ดังภาพที่ 1 โดยพบว่าช่วงแรกของการสุ่มตัวอย่างมาศึกษาการเจริญ เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกจะอยู่ในช่วงแล็กเฟส (lag phase) ในช่วงเวลาที่ 0 – 2 โดยมีจำนวนเชื้ออยู่ประมาณ $2 - 2.5 \log \text{ cfu/ml}$ และเข้าสู่ช่วงล็อกเฟส (log phase) ในช่วงเวลาที่ 3 – 18 ซึ่งในขณะนี้เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้น และเข้าสู่ช่วงเฟสคงที่ (stationary phase) ในช่วงเวลาที่ 19 ซึ่งมีจำนวนเชื้ออยู่ประมาณ $9 \log \text{ cfu/ml}$ ส่วนช่วงเดธเฟส (death phase) นั้นอาจจะเริ่มหลังจากช่วงเวลาที่ 48 เป็นต้นไป โดยในช่วงแล็กเฟส (lag phase) แบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ จะไม่แบ่งเซลล์อย่างทันทีทันใด

ดังนั้นเซลล์ในระยะนี้จึงมีจำนวนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ขนาดของเซลล์จะใหญ่ขึ้น เพราะแต่ละเซลล์มีการสังเคราะห์สารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ และแบคทีเรียจะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ก่อนที่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นในช่วงล็อกเฟส (log phase) ซึ่งเป็นระยะที่แบคทีเรียมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว ซึ่งเซลล์ในระยะนี้จะมีอัตราการเจริญสูงกว่าระยะอื่นๆ (ดวงพร, 2545) และจะเริ่มเข้าสู่ช่วงเฟสคงที่ (stationary phase) โดยในระยะนี้จะมีจำนวนแบคทีเรียสูงสุด ซึ่งจำนวนประชากรแบคทีเรียอาจสูงถึง 10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml) และเป็นช่วงที่เกิดภาวะสมดุลระหว่างการทวีจำนวนและการตายของแบคทีเรีย โดยอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณของสารอาหารลดน้อยลง หรือมีการสะสมผลผลิตของกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ เช่น กรด สารพิษ จากนั้นจะเข้าสู่ช่วงเดธเฟส (death phase) ซึ่งแบคทีเรียจะตายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากขาดสารอาหารที่จำเป็น และมีการสะสมของสารยับยั้งการเจริญ เช่น กรด ในช่วงนี้จำนวนของเซลล์ที่มีชีวิตจะลดลงแบบเอ็กโปเนนเชียล (exponential)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะใช้เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกที่ผ่านการเพาะเลี้ยงประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งอยู่ในช่วงเฟสคงที่ (stationary phase) โดยพบว่าเป็นช่วงที่มีปริมาณของแบคทีเรียสูงถึง $9 \log \text{ cfu/ml}$ และเข้าสู่ช่วงล็อกเฟส (log phase) และในช่วงที่แบคทีเรียมีความทนทานสูง เพื่อศึกษาการเหลือรอดของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเผือกหอมต่อไป



ภาพที่ 1 กราฟการเจริญและค่าการดูดกลืนแสง (OD_{600}) ของเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* และ *Lactobacillus casei* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

ผลของการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเผือกหอมที่มีปริมาณเผือกหอมแตกต่างกัน

ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเผือก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้น เป็นตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่มีระดับปริมาณเผือกหอมที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 อยู่ที่ประมาณ 7.33 หรืออยู่ที่ระดับชอบปานกลาง สูงกว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 30 ซึ่งอยู่ในช่วง 6.47 – 6.53 หรืออยู่ที่ระดับชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$)

ผลของการประเมินความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเผือกหอมที่มีระดับปริมาณสารช่วยให้คงตัวแตกต่างกัน

ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นเผือก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้น เป็นตัวอย่างไอศกรีมเผือกหอมที่มีระดับปริมาณสารช่วยให้คงตัวที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 พบว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 อยู่ที่ประมาณ 7.07 หรืออยู่ที่ระดับชอบปานกลาง สูงกว่าค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 ซึ่งอยู่ในช่วง 5.43 – 6.07 หรืออยู่ที่ระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$)

ผลของการศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก

เมื่อศึกษากราฟการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้งสองสายพันธุ์ คือ *L. acidophilus* และ *L. casei* พบว่า ในช่วงแรกของการสั่มตัวอย่าง การเจริญของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้งสองชนิดอยู่ในช่วงแล็กเฟส (lag phase) ในช่วงเวลาที่ 0 – 2 โดยมีจำนวนเชื้ออยู่ประมาณ 2 – 2.5 ล็อกโคโลนีต่อมิลลิลิตร (log cfu/ml) และเข้าสู่ช่วงล็อกเฟส (log phase) ในช่วงเวลาที่ 3 – 18 ซึ่งในระยะนี้เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกทั้งสองชนิดจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้น และเข้าสู่ช่วงคงที่ (stationary phase) ในช่วงเวลาที่ 19 ซึ่งมีจำนวนเชื้ออยู่ประมาณ 9 ล็อกโคโลนีต่อมิลลิลิตร (log cfu/ml) ส่วนช่วงเดธเฟส (death phase) นั้น อาจจะเริ่มหลังจากช่วงเวลาที่ 48 เป็นต้นไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บรรณศักดิ์ ลีนานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย รวมทั้งกำลังใจที่มีต่อศิษย์มาโดยตลอด และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยี หลังการเก็บเกี่ยว: หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริยา ชมวารินทร์, กัญญลักษณ์ ชัยคำภา, นเรศ วโรภาสตระกูล. 2541. แบคทีเรียวิทยาพื้นฐาน. ขอนแก่น. โรงพิมพ์คลังน่านวิทยา.
ดวงพร คันธโชติ. 2545. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. กรุงเทพฯ; โอเดียนสโตร์. นานาวิทยา.
ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2549. อีบอกระดากจุลจากระวิทยาการล้างพิษลำไส้ บทบาทใหม่โอลิโกฟรุคโตส-FOS. กรุงเทพฯ : รวมทรรศน์.

สมศรี บุญเรือง, มาลินี พิทักษ์. 2537. การปลูกเผือกหอม. เอกสารคำแนะนำที่ 15. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

อาทิตย์ คมขำ. 2550. การเจริญและการเหลือรอดของ *Lactobacillus acidophilus* ในเครื่องดื่มแอซิโดฟิลัสและระบบกระเพาะอาหาร-ลำไส้จำลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Cruz, AG., Antunes, EC., Sousa, OP., Faria, AF., Saad, MI. 2009. Ice-cream as a probiotic food carrier. Food Res Int. 42: 1233-1239.

Homayouni, A., Ehsani, MR., Azizi, A., Razavi, SH., Yarmand, MS. 2008. Growth and survival of some Probiotic strains in simulated ice cream condition. Journal of applied sciences. 8(2): 379-382.

Soukoulis, C., Chandrinis, I., Tzia, C. 2008. Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with k-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. LWT. 41: 1816-1827.

Marshall RT and Arbuckle WS. 1996. Ice cream. 5th ed. New york: Chapman & Hall.

Sajilata, MG., Rekha, SS., Pushpa, RK. 2006. The resistant starch A review. Comprehensive reviews in food science and food safety. 5: 1-17.