การผลิตไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำโดยใช้มอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสาร ทดแทนไขมัน

Production of Reduced Fat Banana Ice Cream by used maltodextrin as fat replacer

นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์ นายโกเมศ สัตยาวุธ นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากกล้วย ๔ ชนิด คือ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ซึ่งการลดไขมันในไอศกรีมมีผลทำให้คุณภาพของไอศกรีมด้อยลง จึงได้ศึกษาการใช้มอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำที่มีไขมันร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ โดยน้ำหนัก และทำการทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ ๒, ๓ และ ๔ โดยน้ำหนักตามลำดับ เปรียบเทียบคุณภาพกับไอศครีมสูตรควบคุมที่มีไขมันร้อยละ ๕ จากการศึกษาพบว่าสูตรควบคุมของไอศกรีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิดกับไอศกรีมกล้วยลดไขมันและทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินมี ค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ การขึ้นฟู การละลาย ค่าสีและความแน่นแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อทำการลดไขมันและเติมมอลโทเด็กซ์ทรินทดแทน จะส่งผลให้ค่าความหนืดของไอศครีมมิกซ์และค่าความแข็งของไอศครีมสูงขึ้น แต่ให้การขึ้นฟูต่ำ และมีการละลายเร็วกว่าไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุม โดยไอศกรีมกล้วยสูตรที่มีไขมันร้อยละ ๓ และทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ ๒ ให้ลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุมมากที่สุด

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

๖ .คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่นิยมปลูกกันมากทั่วทุกภาคในประเทศไทย โดยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์มากมาย ในกล้วยนั้นจะมีวิตามินบี ๑ และบี ๒ ที่ช่วยในการเร่งเผาผลาญ น้ำตาลและไขมัน ทั้งยังช่วยฟื้นฟูร่างกายการจากเหนื่อยล้า อีกยังมีโปแตสเซียมช่วยในการขับโซเดียมซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความดันเลือดสูงออกทางปัสสาวะ และส่งผลให้ลดการบวมของร่างกายได้ แมกนีเซียมในกล้วยยังช่วยควบคุมความดันเลือด และการทำงานของแคลเซียมในร่างกาย เส้นใยที่มีอยู่ในกล้วย จะส่งผลให้ระบบการขับถ่ายในแต่ละวันของร่างกายเราดีขึ้น กล้วยยังมีเซโรเทนินที่ช่วยลดอาการหงุดหงิด และทำให้นอนหลับสบายยิ่งขึ้นอีกด้วย กล้วยยังมีคุณประโยชน์อีกหลากหลายชนิด ทั้งไฟโตเคมิคัลที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ชะลอความแก่ ป้องกันมะเร็ง มีเอนไซม์ช่วยในการย่อยอาหาร ทำให้กระเพาะอาหารและลำไส้ทำงานหนักลดลง ในกล้วยดิบยังมีฤทธิ์ในการขับพิษสูง และหากกล้วยสุก ก็ทำให้ร่างกายสร้างสารภูมิคุ้มกันให้สูงขึ้นกว่าปกติอีกด้วย

เนื่องจากกล้วยมีการปลูกกันมากในประเทศ และมีผลผลิตออกมาครั้งละจำนวนมาก ทำให้เกิดภาวะล้นตลาดและส่งผลให้ราคาตก การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วยจะทำให้มีการนำกล้วยมาใช้ประโยชน์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำโดยใช้มอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันซึ่งเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำกล้วยมาใช้ประโยชน์โดยการนำมาแปรรูป เป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วย นอกจากนี้ยังได้ประโยชน์ในแง่ของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้ด้วยเนื่องจากไอศครีมที่ผลิตจากผลิตภัณฑ์นมเป็นอาหารทีมีไขมันและน้ำตาลสูง การบริโภคไขมันและน้ำตาลในปริมาณมาก ก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด โรคเบาหวาน โรคอ้วน เป็นต้น และปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น จึงเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงโรคต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ลดไขมันหรือไขมันต่ำ จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ซึ่งการลดปริมาณไขมันในไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพด้อยลง โดยเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรส ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับเท่าที่ควร จึงพัฒนาปรับปรุงโดยใช้สารทดแทนไขมันจากมอลโทเด็กซ์ตริน (maltodextrin) โดยมอลโทเด็กซ์ตรินจัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic โดยมีการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง อาทิเช่น ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เป็นต้น นอกจากนี้มอลโทเด็กซ์ทรินยังช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ความรู้สึกในปาก (mouth feel) ที่ดีขึ้นด้วย

๗. วิธีดำเนินการ :

๗.๑ อุปกรณ์และสารเคมี

๗.๑.๑ วัตถุดิบ

๑. นมผงขาดมันเนย (Skim Milk Powder)

๒. นมสดขาดมันเนย ตรา โฟร์โมสต์ (บริษัท ฟรีสแลนด์ ฟู้ดส์ โฟร์โมสต์ (ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

๓. วิปปิ้งครีม ตรา Anchor

๔. น้ำตาลเบเกอรี่ ตรา ลิน (บริษัท ไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม จำกัด, ประเทศไทย)

๕. สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต มอลโทเด็กซ์ทริน

๗.๑.๒ สารเคมี

๑. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid, AR Grade, Merck , Germany)

๒. โซเดียมไฮดรอกไซด์(Sodium hydroxide, AR Grade, Merck , Germany)

๓. เมทิลเรด(Methyl red indicator, AR Grade, BHD, UK)

๔. โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green indicator, AR Grade, BHD, UK)

๕. กรดบอริก(Boric acid, AR Grade, Merck , Germany)

๖. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, AR Grade, Merck , Germany)

๗. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide, AR Grade, Merck , Germany)

๘. ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl ether, AR Grade, BHD, UK)

๙. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petholeum ether, AR Grade, BHD, UK)

๑๐. เอทิล แอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol, AR Grade, Merck , Germany

๗.๑.๓ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม

๑. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม ๓ ตำแหน่ง

๒. เครื่องปั่นผสมอาหาร

๓. เครื่องปั่นไอศกรีม

๔. เทอร์โมมิเตอร์

๕. ตู้เย็น

๖. ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ – ๓๐ องศาเซลเซียส

๗. ถ้วยพลาสติกสำหรับบรรจุไอศกรีม

๘. เครื่องครัวต่าง ๆ

๗.๑.๔ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

๑. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer)

๒. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

๓. เครื่องวัดสี

๔. เครื่องวัดเนื้อสัมผัสไอศกรีม (Texture analyzer)

๕. เครื่องวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer)

๗.๒ วิธีการ

๗.๒.๑ การผลิตไอศครีมกล้วยไขมันต่ำโดยใช้มอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมัน

กรรมวิธีการผลิตไอศครีมกล้วยลดไขมัน ทำได้โดยผสมแห้งสารให้ความคงตัวและน้ำตาลเข้าด้วยกันนำไปละลายในน้ำร้อนและให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ ๖๐ องศาเซลเซียส ต่อไปใส่วัตถุดิบที่เป็นของแห้งได้แก่ หางนมผง , น้ำตาลเด็กซ์โตรส และมอลโทเด็กซ์ทริน ละลายให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำวัตถุดิบที่เป็นของเหลวได้แก่ น้ำนมขาด มันเนยและวิปปิ้งครีมเติมลงไป คนจนละลายดีและให้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ ๘๐ ±๑ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๒ นาที จึงลดอุณหภูมิการผสมอย่างรวดเร็ว จากนั้นจึงทำการเติมกล้วยลงไปและนำส่วนผสมไปปั่นในเครื่องปั่นผสมอาหารความเร็วสูงนาน ๒ นาที เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นการโฮโมจิไนเซอร์ไอศกรีมเหลวที่ได้ ขั้นตอนต่อไปนำไอศกรีมเหลวดังกล่าวบ่มที่อุณหภูมิ ๔ ± ๒ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๔ ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มมาปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นเวลา ๔๕ นาที โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ ๒๕ องศาเซลเซียส บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกมีฝาปิด และนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -๓๐ ± ๒ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ

ชนิดของกล้วยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ กล้วยหอม, กล้วยน้ำว้า, กล้วยไข่, และกล้วยเล็บมือนาง การทดลองวางแผนการทดลองแบบ (Completely randomized design; CRD) โดยการทดลองกล้วยแต่ละชนิดมีสูตรการผลิต ๔ Treatment, Treatment ละ ๓ ซ้ำ ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณไขมันและสารทดแทนไขมันมอลโทเด็กซ์ทริน สูตรการผลิตที่ใช้ในการทดลอง คือ

๑. สูตรที่ไม่ทำการลดปริมาณไขมัน โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็น ๕% (ตัวอย่างควบคุม)

๒. สูตรไขมัน ๓% (ทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน ๒% ของปริมาณไขมันทั้งหมดในสูตรการผลิตควบคุม)

๓. สูตรไขมัน ๒ % (ทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน ๓ % ของปริมาณไขมันทั้งหมดในสูตรการผลิตควบคุม)

๔. สูตรไขมัน ๑ % (ทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน ๔ % ของปริมาณไขมันทั้งหมดในสูตรการผลิตควบคุม)

๗.๒.๒ การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำ

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำ โดยใช้ตัวอย่างไอศครีมกล้วยสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการลดไขมันเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับใช้ทดสอบเปรียบเทียบ

๑. การวัดโอเวอร์รัน (overrun)

โอเวอร์รัน (overrun) หมายถึง ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีมจากส่วนผสมไอศกรีมเหลวเนื่องจากการอัดอากาศในระหว่างการผลิต การวัดโอเวอร์รันของไอศกรีมโดยกำหนดปริมาตรคงที่ (Arbuckle, ๑๙๘๖) ชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวในถ้วยพลาสติกขนาดความจุ ๓๐ ลูกบาศก์มิลลิลิตร บนเครื่องชั่งทศนิยม ๓ ตำแหน่ง

บันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลว หลังจากปั่นเป็นไอศกรีม ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุในถ้วยพลาสติกใบเดิม บันทึกค่าน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ นำข้อมูลไปคำนวณค่าโอเวอร์รันดังสมการต่อไปนี้

$$\text{โอเวอร์รัน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม})}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times ๑๐๐$$

๒. การวัดอัตราการละลาย (ดัดแปลงวิธีของ Guinard et al., ๑๙๙๗ และ Roland et al., ๑๙๙๙) บรรจุไอศกรีมลงในถ้วยพลาสติกให้ได้น้ำหนัก ๕๐ ± ๕ กรัม นำไอศกรีมไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -๓๐ ±๒ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง วัดอัตราการละลายที่อุณหภูมิห้อง ๒๕ ± ๑ องศาเซลเซียสโดยวางไอศกรีมบนตะแกรงลวดเบอร์ ๔ รองรับไอศกรีมที่ละลายด้วยบีกเกอร์ขนาด ๒๕๐ มิลลิลิตรเริ่มวัดอัตราการละลายเมื่อไอศกรีมมีอุณหภูมิ -๑๐ ± ๐.๑ องศาเซลเซียสที่ระดับความลึก ๑ เซนติเมตรจากผิวหน้าไอศกรีม โดยวัดจากแท่งวัดอุณหภูมิ (thermocouple) จากนั้นชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุก ๑๐ นาที เป็นเวลา ๑ ชั่วโมง คำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายคิดเทียบน้ำหนัก ๑๐๐ กรัม ดังสมการข้างล่าง จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟกับเวลา (นาที) เพื่อหาความชัน รายงานเป็นอัตราการละลายต่อ ๑๐๐ กรัม

$$\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลายต่อ ๑๐๐ กรัม} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น}} \times ๑๐๐$$

๓. การวัดเนื้อสัมผัสไอศกรีม ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) อาศัยแรงกดที่กระทำต่อไอศกรีมด้วยระยะทางคงที่โดยบรรจุไอศกรีมลงถ้วยพลาสติก บันทึกน้ำหนัก นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -๒๕ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง ใช้หัววัดชนิดทรงกรวยเบอร์ P/๔๕C โหลดเซลล์รับน้ำหนักได้ ๕๐ กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ หลังทดสอบ ๒.๐ ๑.๐ และ ๑.๐ มิลลิเมตร/วินาที ตามลำดับ วัดแรงเมื่อหัววัดลึก ๑๕ มิลลิเมตร เริ่มวัดเนื้อสัมผัสเมื่อไอศกรีมมีอุณหภูมิ -๑๒ ± ๐.๑ องศาเซลเซียสที่ระดับความลึกจากผิวหน้า ๑ เซนติเมตร (กนกพร, ๒๕๔๕)

๔. การวัดค่าสี ในระบบ CIE L* a* และ b*

๕. การวัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยใช้หัวเข็มขนาด No. ๑ ความเร็ว ๕๐ รอบต่อนาที วัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ ๔ ± ๑ องศาเซลเซียสเป็นเวลา ๔ ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืด อ่านค่าที่ได้หลังมอเตอร์หมุน ๓๐ วินาที ควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างที่ ๒๐ ± ๑ องศาเซลเซียส

๖. การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมีของไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำ โดยใช้ตัวอย่างไอศกรีมกล้วยสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการลดไขมันเป็นตัวอย่างควบคุม

๖.๑ วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, %) โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC (๒๐๐๕)

๖.๒ วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของไขมัน โดยวิธี Roese–Gottlieb ตามวิธี ของ AOAC(๒๐๐๕)

๖.๓ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดโดยวิธี (Kjeldahl Method) ตามวิธีของ AOAC(๒๐๐๕)

๖.๔ วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC(๒๐๐๕)

๖.๕ วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC(๒๐๐๕)

๗. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Consumer test)

ใช้แผนการทดลองแบบ RCBD และทดสอบการให้คะแนนความชอบโดยวิธี Hedonic scoring test ๙ point ซึ่งมีระดับคะแนน ๑-๙ (๑ = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง ๙ = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินความชอบในลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของไอศกรีมกล้วยลดไขมัน โดยใช้ตัวอย่างไอศกรีมกล้วยสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการลดไขมันเป็นตัวอย่างควบคุม ปัจจัยที่ใช้ทดสอบได้แก่ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม

๘. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕

ระยะเวลาทำการทดลอง ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม ๒๕๕๕ สิ้นสุด กันยายน ๒๕๕๖ รวม ๑ ปี
สถานทีทำการทดลอง สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

๘. ผลการทดลองและวิจารณ์

๑. ผลของปริมาณของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมกล้วยลดไขมัน

การลดปริมาณไขมันของไอศกรีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิด ได้แก่ กล้วยหอม, กล้วยไข่, กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยน้ำว้า จากสูตรควบคุมร้อยละ ๕ เป็นร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ โดยใช้สารทดแทนไขมันมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ ๒, ๓ และ ๔ เปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ ๕ พบว่าการลดปริมาณไขมันและการเติมสารทดแทนไขมันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมกล้วยลดไขมันจากกล้วยแต่ละชนิดแสดงดัง Table ๒ พบว่าเมื่อลดไขมันจากร้อยละ ๕ เป็นร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ และทำการทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินตามสัดส่วนของปริมาณไขมันที่ลดลงไป ไอศกรีมเหลวหรือไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยความหนืดของไอศกรีมขึ้นอยู่กับปริมาณไขมัน และสารให้ความคงตัว ปริมาณไขมันที่ลดลงทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ลดลง (Marshall and Arbuckle, ๑๙๙๖) แต่เมื่อทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน ส่งผลให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น โอกาสที่โมเลกุลจะทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กันระหว่างโพลิเมอร์ (intermolecular interaction) และภายในโพลิเมอร์

(intramolecular interaction) ด้วยพันธะไฮโดรเจนเกิดมากขึ้น เกิดจุดเชื่อม (junction zone) และโครงสร้างร่างแหที่สามารถอุ้มน้ำได้ สารละลายจึงมีความหนืดมากขึ้น การที่มอลโทเด็กซ์ทรินสามารถเพิ่มความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ได้เพราะเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นโมเลกุลของสตาร์ชที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก โดยสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ และรวมตัวกับน้ำได้ดี สามารถเกิดเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติ ทำให้โมเลกุลของน้ำอิสระน้อยลง จำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำ และองค์ประกอบอื่นๆที่ละลายน้ำ นอกจากนี้ความหนืดที่เพิ่มขึ้นยังเป็นผลมาจากกระบวนการแปรรูป เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ การโฮโมจิไนซ์ และการบ่ม เป็นต้น (Marshall and Arbuckle, ๑๙๙๖)

เมื่อพิจารณาการขึ้นฟูและความแข็งของไอศครีมกล้วยที่ทำการลดไขมันจากร้อยละ ๕ เป็นร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ ซึ่งทำการทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินตามสัดส่วนของปริมาณไขมันที่ลดลง พบว่าเมื่อนำไอศครีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มมาผ่านกระบวนการปั่นเยือกแข็ง ไอศกรีมที่ปั่นได้มีการขึ้นฟูลดลง เมื่อวัดแรงกดอัดพบว่าแรงกดสูงสุดสูงกว่าไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าไอศกรีมมีความแข็งเพิ่มขึ้น

เมื่อวัดการละลายของไอศกรีมกล้วยลดไขมันเมื่อเวลาผ่านไป ๒๐, ๒๕ และ ๓๐ นาที พบว่าไอศกรีมเมื่อทำการลดไขมันเป็นร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ และเติมมอลโตเด็กซ์ทรินเพื่อทดแทนไขมัน อัตราการละลายของไอศครีมสูงขึ้นตามปริมาณไขมันที่ทำการลดลงและตามอัตราของมอลโทเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากโครงสร้างของไอศกรีมสามารถคงอยู่ได้ด้วยกระบวนการ partial coalescence หรือ destabilized fat ของเม็ดไขมันซึ่งเชื่อมโยงกันเป็นร่างแหล้อมรอบเซลล์อากาศและมีผลึกน้ำแข็งกระจายตัวอยู่ในส่วนของของเหลวที่ไม่แข็งตัว (Marshall and Arbuckle, ๑๙๙๖) ซึ่งโครงสร้างของไอศกรีมดังกล่าวช่วยชะลอและรักษารูปร่างของไอศกรีมขณะละลาย ดังนั้นไอศกรีมลดไขมันจึงละลายเร็วเนื่องจากมีไขมันในปริมาณน้อยจึงทำให้โครงสร้างร่างแหของไขมันมีน้อยเพราะโอกาสเกิด partial coalescence น้อยลง นอกจากนั้นไขมันถูกแทนที่ด้วยน้ำหรือผลึกน้ำแข็งซึ่งมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวต่ำกว่าผลึกไขมัน (Campbell and Pelan,๑๙๙๘) นอกจากนี้การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินทำให้ไอศกรีมลดไขมันละลายเร็วขึ้นเนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินเพิ่มปริมาณของแข็งในสูตรไอศกรีมมีผลทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมต่ำลงและทำให้ส่วนที่เป็นของเหลวแข็งตัวช้ากว่าจึงละลายเร็วกว่าเมื่อเทียบกับไอศกรีมลดไขมันที่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินในปริมาณน้อยกว่า ซึ่งไอศกรีมที่มีคุณภาพด้านการละลายที่ดีนั้นควรมีการละลายไม่ช้าหรือเร็วเกินไป สามารถคงรูปร่างขณะละลายและของเหลวที่ละลายมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว โดยไอศกรีมที่มีการละลายช้าเป็นคุณสมบัติที่ไม่ดีของไอศกรีมเพราะมีผลต่อเนื้อสัมผัส การได้รับกลิ่นรสในปากน้อยลง ดังนั้นการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินในปริมาณที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสให้ใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม

การศึกษาค่าสีของไอศกรีมจากกล้วยทั้ง ๔ ชนิดที่ทำการลดปริมาณไขมันและทดแทนไขมันในปริมาณต่างๆกัน เมื่อพิจารณาค่า a* ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีแดงกับสีเขียวพบว่าเมื่อทำการลดไขมันและเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินในไอศครีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิดตัวอย่างไอศกรีมมีค่า a* มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นสีแดงมากขึ้นตามปริมาณไขมันที่ลดลงและปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า b* ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสีเหลืองกับสีน้ำเงินพบว่าตัวอย่างไอศครีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิดมีค่า b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าเมื่อทำการลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณมอลโท

เด็กซ์ทรินตัวอย่างไอศครีมกล้วยมีความเป็นสีเหลืองน้อยลงตามปริมาณไขมันที่ลดลงและปริมาณมอลโทเด็กซ์ทริน ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่า L* ซึ่งใช้กำหนดค่าความสว่างของเนื้อสี พบว่าตัวอย่างไอศครีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิดมีค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าความสว่างของเนื้อสีลดลงตามปริมาณไขมันที่ลดลงและปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น

๒. ผลของปริมาณไขมันและสารทดแทนไขมันมอลโทเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพทางด้านเคมีของไอศกรีมกล้วยลดไขมัน

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิด ได้แก่ สูตรควบคุมที่ไม่ทำการลดไขมัน (ไขมันร้อยละ ๕), สูตรที่ทดแทนไขมันด้วยมอลโทเดร็กซ์ทรินและมีปริมาณไขมันร้อยละ ๓, ๒ และ ๑ จากการศึกษาพบว่า เมื่อทำการลดปริมาณไขมันในสูตรและทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตของไอศกรีมกล้วยทั้ง ๔ มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (table ๓) โดยเมื่อทำการลดไขมันปริมาณไขมันในสูตรไอศกรีมมีปริมาณลดลงและการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในตัวอย่างไอศครีมกล้วยมีปริมาณสูงขึ้นเนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันที่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซคคาไรด์ที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซ์สตาร์ชด้วยกรดหรือเอนไซม์ โดยประกอบด้วยยูนิตของ D-glucose การที่ไขมันในสูตรไอศครีมกล้วยไขมันต่ำมีปริมาณลดลงจากสูตรควบคุมและมีปริมาณไขมันน้อยกว่าตัวอย่างไอศครีมที่ขายในท้องตลาดซึ่งมีไขมันถึงร้อยละ ๙.๓๔ จึงมีผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายนอกจากนี้ยังได้ประโยชน์จากมอลโทเด็กซ์ทรินซึ่งจัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic ด้วย

๓. ผลของปริมาณไขมันและสารทดแทนไขมันมอลโทเด็กซ์ตรินต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยลดไขมัน

จากการทดสอบประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale พบว่าปริมาณไขมันและสารทดแทนไขมันที่ต่างกันมีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (table ๔)โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณสมบัติทางด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบรวม ในไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุมและไอศครีมกล้วยที่มีไขมันร้อยละ ๓ มากที่สุด โดยไอศครีมกล้วยสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดรองลงมาคือไอศกรีมกล้วยที่มีไขมันร้อยละ ๓ ซึ่งมีคะแนนทางด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไอศครีมกล้วยสูตรควบคุมมากที่สุด ซึ่งการลดไขมันในไอศกรีมมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความเรียบเนียนต่ำและทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสมีความแตกต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการลดไขมันลงทำให้ขาดโครงสร้างร่างแหของไขมันซึ่งล้อมเซลล์อากาศ จึงทำให้เซลล์อากาศขนาดเล็กสามารถเคลื่อนที่มาเชื่อมกันเป็นเซลล์อากาศขนาดใหญ่ได้ในระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็งไอศกรีมและระหว่างกระบวนการเก็บรักษาไอศกรีม การที่แรงดันภายในเซลล์อากาศขนาดเล็กมากกว่าเซลล์อากาศขนาดใหญ่ทำให้เซลล์อากาศขนาดเล็กสามารถรวมกันเป็นเซลล์อากาศขนาดใหญ่ เป็นผลให้โมเลกุลน้ำเคลื่อนที่มารวมกันกลายเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่หยาบหรือเกิด icy (Walstra and Jonkman, ๑๙๙๘) นอกจากนี้การลดไขมันทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสด้อยลง โดย

ไอศครีมกล้วยที่มีไขมันร้อยละ ๓ มีคุณภาพด้านกลิ่นรสใกล้เคียงกับไอศครีมกล้วยสูตรควบคุมแต่ไอศครีมที่มีไขมันร้อยละ ๒ และ ๑ คุณภาพด้านกลิ่นรสแตกต่างจากไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากไขมันเป็นตัวพากลิ่นรสและหน่วงกลิ่นรสไว้ ทำให้ไอศกรีมที่ทำการลดไขมันในปริมาณเยอะกว่าได้รับคะแนนการยอมรับต่ำเมื่อเทียบกับไอศกรีมไขมันสูตรควบคุม

ดังนั้นจากคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทำให้ทราบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำแปรผันโดยตรงกับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความรู้สึกในปาก เพราะฉะนั้นเนื้อสัมผัสจึงเป็นคุณลักษณะหลักที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยไขมันต่ำ

จากผลการศึกษาทางกายภาพและประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินลงในไอศกรีมลดไขมันสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์ได้ โดยทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากมอลโทเด็กซ์ตรินสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำและเกิดโครงสร้างคล้ายเจล ซึ่งสามารถปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของไอศกรีมเหลวให้ดีขึ้น เมื่อนำมาผ่านกระบวนการตีอากาศการขึ้นฟูต่ำลงทำให้ได้ไอศกรีมเนื้อแข็งขึ้นซึ่งทนต่อแรงกดอัดที่ทำให้เสียรูปร่างได้มากขึ้น (จุฑารัตน์, ๒๕๔๙) ดังนั้นมอลโตเด็กซ์ทรินจึงสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกล้วยลดไขมันได้

๙. สรุปผลการทดลอง

การลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินตามสัดส่วนของไขมันที่ลดลงในไอศครีมกล้วยทั้ง ๔ ชนิด มีผลทำให้ตัวอย่างไอศกรีมมีค่าสีแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมโดย ค่า a* มากขึ้น ค่า b* และ ค่า L* ลดลง จากผลการทดสอบทางเคมีพบว่าไอศกรีมกล้วยลดไขมันมีปริมาณไขมันต่ำกว่าไอศครีมสูตรควบคุมตามปริมาณไขมันที่ลดลงไป นอกจากนี้การเติมมอลโทเด็กซ์ทรินช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยลดไขมันให้ดีขึ้น โดยไอศครีมกล้วยที่มีไขมันร้อยละ ๓ และทดแทนไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ ๒ ให้การขึ้นฟูและความแน่นเนื้อใกล้เคียงกับไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุมมากที่สุด แต่ให้ความหนืดสูงกว่าและละลายเร็วกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไอศกรีมกล้วยสูตรควบคุม (ไขมันร้อยละ ๕) มากที่สุด

๑๐.เอกสารอ้างอิง

กนกพร ลีลาวิโรจน์สกุล. ๒๕๔๕. ผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ โกวิทยา. ๒๕๔๙. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทินา เที่ยงธรรม. ๒๕๔๔. การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวพร พุดตาน. ๒๕๕๐. ผลของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมจิต สุรพัฒน์. ๒๕๔๔. ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ ๓๐

AOAC, ๒๐๐๕, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, ๑๘th eds. Methods: ๙๘๑.๑๐, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Campbell, I.J. and B.M.C. Pelan. ๑๙๙๘. The influence of emulsion stability on the properties of ice cream, pp. ๒๕-๓๖. In Ice Cream. Proceeding of the International Symposium Held in Athens, Greece, ๑๘-๑๙ September ๑๙๙๗-๑๙๙๘.

Guinard, J.X., C. Zoumas-Morse, L. Mori, B. Uatoni, D. Panyam and A. Kilara. ๑๙๙๗. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. J. Food Sci. ๖๒: ๑๐๘๗-๑๐๙๔.

Li, Z., R. Marshall, H. Heymann and L. Fernando. ๑๙๙๗. Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. J. Dairy Sci. ๘๐: ๓๑๓๓-๓๑๔๑.

Marshall, R.T., H.D. Goff and R.W. Hartel. ๒๐๐๓. Ice cream. ๖th ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

Walstra, P. and M. Jonkman. ๑๙๙๘. The role of milk fat and protein in ice cream, pp. ๑๗-๒๔. In Ice Cream. Proceedings of the International Symposium Held in Athens, Greece, ๑๘-๑๙ September ๑๙๙๗-๑๙๙๘.

๑๑.ภาคผนวก

Table ๑ Formulation of banana ice cream and reduced fat banana ice cream

Treatment	Fat (%w/w)	Sucrose (%w/w)	Dextrose (%w/w)	Low fat milk (%w/w)	Skimmilk (%w/w)	Water (%w/w)	Emulsifier (%w/w)	Banana (%w/w)	Maltodextrin (%w/w)
FAT ๑%	๓	๓	๒.๗๕	๓๕	๒	๒๓	๐.๒๕	๒๗	๔
FAT ๒%	๕	๓	๒.๗๕	๓๕	๒	๒๒	๐.๒๕	๒๗	๓
FAT ๓%	๗	๓	๒.๗๕	๓๕	๒	๒๑	๐.๒๕	๒๗	๒
Control (FAT ๕%)	๑๒	๓	๒.๗๕	๓๕	๒	๑๘	๐.๒๕	๒๗	๐

Table ๒ Physical properties of banana ice cream and reduced fat banana ice cream

Type of Banana	Fat (%)	Mix viscosity (cP)	(Overrun) (%)	Total Solid (%)	Melting rate (% min^{-1})	Hardness (Kg Force)	Colour		
							L*	a*	b*
Lebmuanang	FAT ๑%	๓๗๔.๔๔a	๑๗.๒๐d	๒๕.๘a	๒.๔๘ a	๒.๙๘a	๗๖.๐๕d	๑.๔๔a	๑๐.๒๑d
	FAT ๒%	๓๒๑.๓๕b	๒๔.๙๐c	๒๔.๕b	๑.๘๗b	๑.๙๗b	๗๖.๙๒c	๑.๒๖b	๑๐.๘๒c
	FAT ๓%	๓๐๔.๗๕c	๒๗.๕๐b	๒๔.๐b	๑.๖๕c	๑.๕๙c	๗๘.๙๑b	๑.๑๐c	๑๑.๐๐b
	Control (FAT ๕%)	๒๐๖.๒๙d	๓๓.๙๐a	๒๒.๐c	๑.๓๔d	๑.๓๘d	๘๑.๘๒a	๐.๖๓d	๑๑.๘๑a
Namwa	FAT ๑%	๔๖๑.๓๗a	๒๑.๔๔d	๒๖.๐a	๑.๗๙a	๒.๖๗a	๗๗.๖๔d	๑.๘๒a	๙.๘๔d
	FAT ๒%	๓๙๖.๖๖b	๒๘.๕๐c	๒๔.๕b	๑.๕๕b	๑.๓๕b	๗๘.๘๙c	๑.๖๗b	๑๐.๐๗c
	FAT ๓%	๓๖๑.๘๒c	๓๓.๑๐b	๒๓.๕c	๑.๓๘c	๑.๐๖c	๗๙.๕๒b	๑.๔๙c	๑๐.๒๖b
	Control (FAT ๕%)	๒๘๗.๘๘d	๔๘.๐๐a	๒๓.๐c	๑.๒๑d	๐.๘๙d	๘๐.๕๑a	๑.๒๔d	๑๐.๖๐a
Khai	FAT ๑%	๓๘๗.๖๕a	๒๐.๗๕d	๒๓.๐a	๑.๙๓a	๓.๒๘a	๕๖.๔๘d	๕.๓๖b	๕.๑๐d
	FAT ๒%	๓๔๑.๙๘b	๒๕.๐๐c	๒๒.๕a	๑.๖๘b	๒.๕๕b	๕๗.๐๔c	๕.๕๔a	๕.๘๙c
	FAT ๓%	๓๑๒.๔๓c	๓๐.๐๐b	๒๒.๐ab	๑.๔๕c	๒.๐๔c	๖๒.๐๘b	๕.๐๑c	๖.๘๕b
	Control (FAT ๕%)	๒๒๑.๕๔d	๔๕.๐๐a	๒๑.๕b	๑.๒๓d	๑.๙๒d	๖๕.๗๕a	๔.๖๙d	๖.๙๔a
Hom	FAT ๑%	๓๕๑.๗๖a	๑๕.๖๕d	๒๓.๕a	๒.๒๔a	๓.๖๐a	๖๕.๓๖d	๒.๔๖a	๙.๐๕d
	FAT ๒%	๓๑๒.๙๔b	๒๐.๔๐c	๒๓.๐a	๑.๙๕b	๒.๔๑b	๖๙.๗๐c	๒.๒๕b	๙.๕๐c
	FAT ๓%	๒๙๗.๕๔c	๒๕.๕๐b	๒๒.๕ab	๑.๗๒c	๒.๑๒c	๗๓.๖๓b	๒.๐๘c	๙.๙๗b
	Control (FAT ๕%)	๒๑๗.๓๒d	๓๒.๐๐a	๒๒.๐b	๑.๕๔d	๑.๙๐d	๗๔.๔๙a	๒.๐๕c	๑๐.๒๖a
Commertial	Ice-cream					๑.๐๕			

Note [a-d] Values with the same letter in column are not significantly different ($p<0.05$)

Table ๓ Chemical composition of banana ice cream and reduced fat banana ice cream

Type of Banana	Fat (%)	Chemical composition				
		Protein	Ash	Fat	Carbohydrate	solid
Lebmuanang	FAT ๑%	๑.๔๒b	๐.๕๒a	๒.๐๙d	๒๐.๐๗ab	๒๔.๑๐a
	FAT ๒%	๑.๔๒b	๐.๕๔a	๓.๑๕c	๒๒.๑๑a	๒๗.๒๒a
	FAT ๓%	๑.๔๗a	๐.๔๖a	๔.๑๒b	๑๙.๑๒bc	๒๕.๑๗a
	Control (FAT ๕%)	๑.๔๙a	๐.๕๑a	๕.๓๐a	๑๗.๕๐c	๒๔.๘๐a
Namwa	FAT ๑%	๑.๓๙a	๐.๔๕a	๑.๘๓d	๒๑.๗๕a	๒๕.๔๒b
	FAT ๒%	๑.๔๔a	๐.๕๙a	๒.๘๒c	๒๐.๘๓b	๒๕.๖๘ab
	FAT ๓%	๑.๓๐b	๐.๕๓a	๓.๘๙b	๑๙.๖๕c	๒๕.๓๗b
	Control (FAT ๕%)	๑.๒๕b	๐.๕๗a	๕.๑๓a	๑๘.๘๗d	๒๕.๘๑a
Khai	FAT ๑%	๑.๙๖a	๐.๓๗d	๑.๖๐d	๒๐.๓๒a	๒๔.๒๕a
	FAT ๒%	๒.๐๑a	๐.๔๖b	๒.๖๐c	๑๘.๕๕b	๒๓.๖๑b
	FAT ๓%	๒.๐๕a	๐.๖๖c	๓.๒๗b	๑๘.๑๖c	๒๔.๑๔a
	Control (FAT ๕%)	๒.๑๕a	๐.๗๔a	๕.๑๗a	๑๕.๕๙d	๒๓.๖๕b
Hom	FAT ๑%	๑.๘๕a	๐.๕๐a	๑.๙๒d	๑๙.๓๘a	๒๓.๖๕b
	FAT ๒%	๑.๙๐a	๐.๕๓b	๒.๘๐c	๑๘.๗๗a	๒๔.๐๐a
	FAT ๓%	๑.๙๖a	๐.๕๔b	๓.๖๖b	๑๗.๓๕b	๒๓.๕๑b
	Control (FAT ๕%)	๒.๐๐a	๐.๕๒b	๕.๒๒a	๑๖.๓๒c	๒๔.๐๖a
Commertial	Ice-cream	๓.๑๕	๐.๕๙	๙.๓๔	๒๒.๖๕	๓๕.๗๓

Note [a-d] Values with the same letter in column are not significantly different (p<๐.๐๕).

Table ๔ Mean values of sensory acceptability of banana ice cream and reduced fat banana ice cream

Type of Banana	Fat (%)	Sensory acceptability				
		Colour	Taste/flavor	Texture	Mouth feel	Over all acceptability
Lebmuanang	FAT ๑%	๖.๘๒a	๖.๑๘b	๖.๑๐b	๖.๑๐b	๖.๑๗c
	FAT ๒%	๖.๑๐b	๖.๒๐b	๖.๒๗b	๖.๑๘b	๖.๒๐c
	FAT ๓%	๖.๗๓a	๖.๕๕a	๗.๐๙a	๖.๘๒a	๖.๕๕b
	Control (FAT ๕%)	๖.๘๒a	๖.๓๙a	๗.๓๕a	๖.๙๑a	๖.๙๑a
Namwa	FAT ๑%	๖.๐๐b	๕.๕๐b	๗.๐๐c	๖.๐๐c	๕.๕๐c
	FAT ๒%	๖.๐๐b	๕.๕๐b	๗.๒๐b	๖.๕๐b	๕.๕๐c
	FAT ๓%	๖.๕๐a	๖.๕๐a	๗.๕๐a	๖.๐๐c	๖.๒๐b
	Control (FAT ๕%)	๖.๕๐a	๖.๕๐a	๗.๕๐a	๗.๐๐a	๗.๐๐a
Khai	FAT ๑%	๔.๗๕c	๖.๒๕b	๕.๒๕c	๕.๑๕c	๕.๕๐c
	FAT ๒%	๔.๗๕c	๖.๕๐b	๕.๘๐b	๕.๕๐c	๕.๗๕c
	FAT ๓%	๕.๐๐b	๖.๖๕a	๖.๗๕b	๖.๖๐b	๖.๔๐b
	Control (FAT ๕%)	๕.๕๐a	๖.๗๘a	๗.๑๕a	๗.๒๕a	๖.๙๕a
Hom	FAT ๑%	๔.๘๐c	๖.๔๐b	๕.๐๐d	๕.๔๐d	๕.๒๐b
	FAT ๒%	๖.๔๐b	๖.๒๐b	๖.๒๐c	๖.๔๐c	๖.๘๐a
	FAT ๓%	๖.๘๐a	๖.๘๐a	๖.๘๐b	๖.๘๐b	๖.๘๐a
	Control (FAT ๕%)	๗.๐๐a	๖.๖๐a	๗.๒๐a	๗.๒๐a	๗.๑๐a

Note [a-d] Values with the same letter in column are not significantly different ($p<๐.๐๕$).