

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาของปัญหาการวิจัย

ประเทศไทยเป็นแหล่งพืชสมุนไพรหลากหลายชนิด เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารไทยที่บ่งบอกเอกลักษณ์ของอาหารไทย มีการนำมาใช้ในการแต่งสีให้น่าสนใจ ให้กลิ่นหอมชวนรับประทาน ให้รสชาติเฉพาะสำหรับอาหารแต่ละอย่าง ช่วยดับกลิ่นคาวทำให้ได้กลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ของอาหารชนิดนั้น เช่น การใช้ขมิ้นในการแต่งสีและให้กลิ่นรสของอาหารเนื้อสัตว์ แกงเหลือง แกงไตปลา กระวานช่วยดับกลิ่นคาวของอาหาร ยานางใช้ลดความเผื่อนของแกงหน่อไม้ พริก หอม ผักชี ตะไคร้ ประดับกลิ่นรสอาหารประเภทยำ ในอาหารหวานนิยมใช้ในการให้สี เช่น การใช้สีม่วงของดอกอัญชันและสีเขียวของใบเตยในการแต่งสีขนม หรือให้สีและกลิ่นเครื่องดื่มที่ช่วยดับกระหายและให้กลิ่นหอมเฉพาะสมุนไพรหลายชนิดยังมีฤทธิ์ทางยา แก้ก้องอืด ท้องเฟ้อ แก้กหวัด คัดจุก ขี้เสมหะ บางชนิดมีผลในการลดน้ำตาลในเลือด ลดไขมันในเลือด ช่วยในการทำงานของหัวใจ ช่วยกำจัดสารพิษ เป็นต้น การวิจัยอาหารที่มีส่วนประกอบของผักพื้นบ้านพบว่าอาหารดังกล่าวนอกจากจะมีคุณค่าของสารอาหารแล้วยังมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (เพลินใจและคณะ, 2546) การวิเคราะห์พืชในอาหารไทยหลายชนิดพบว่ามีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (ธนิกันต์ และคณะ, 2556) การนำรังควัตถุในพืชสมุนไพรมาใช้สีอาหารนับว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระมีประโยชน์ที่จะช่วยชลอการเสื่อมของเซลล์ซึ่งเป็นสาเหตุของความชราภาพและโรคเรื้อรังไม่ติดต่อหลายชนิด เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง และมีความปลอดภัยมากกว่าการใช้สีกลั่นรสสังเคราะห์ (Davies, 2004; Lee and Schwartz, 2006) การนำสมุนไพรมาใช้ในอาหารไทยจึงสร้างความโดดเด่นของอาหารไทยที่ผสมผสานอย่างกลมกลืนระหว่างคุณค่าของอาหารกับคุณภาพด้านสุขภาพของสมุนไพร และยังช่วยลดความเสี่ยงอันตรายต่อการใช้สี กลิ่น รสสังเคราะห์ซึ่งมีแนวโน้มของการใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังจะช่วยสร้างเอกลักษณ์ของอาหารที่ผลิตในประเทศไทยได้อีกทางหนึ่ง

จากแนวคิดของการนำสมุนไพรไทยมาพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพที่สร้างความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตในต่างประเทศ จึงเกิดแนวคิดของการนำสมุนไพรมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่นิยมบริโภคแพร่หลายในวงกว้างทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศและมักพบว่าเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่มีปัญหาสุขภาพที่สัมพันธ์กับภาวะโภชนาการเกิน (over nutrition) ไอศกรีมเป็นอาหารหวานที่นิยมบริโภคแพร่หลายในกลุ่มผู้บริโภคหลายวัย ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่ ทั้งเพศชายและเพศหญิง ทั้งผู้ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงและต่ำ แม้เป็นอาหารที่ได้รับอิทธิพลจากตะวันตก แต่ด้วยลักษณะอาหารที่แตกต่างจากอาหารชนิดอื่น ประกอบด้วย ความหวานและความเย็นที่ให้ความสดชื่น จึงเป็นที่นิยมบริโภคของชาวเอเชียรวมทั้งชาวไทยไม่น้อยไปกว่าชาวตะวันตก ดังจะเห็นว่าตลาดไอศกรีมมีจำหน่ายทั่วไป ตั้งแต่ร้านอาหารและร้านค้าในห้างสรรพสินค้าใหญ่ๆ ไปจนถึงร้านอาหารหรือร้านค้าเล็กๆ ในชุมชน และนับเป็นธุรกิจที่เติบโตอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนากลิ่นรสและ

รูปลักษณะของไอศกรีมอย่างต่อเนื่อง เป็นที่คาดว่าตลาดไอศกรีมในประเทศไทยมีการขยายตัวมากขึ้น 15% หรือมีมูลค่าตลาดประมาณ 15,000 ล้านบาท การผลิตไอศกรีมยังสามารถส่งออกไปยังประเทศใกล้เคียง เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ และไต้หวัน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2549) อย่างไรก็ตามไอศกรีมเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลและไขมันปริมาณมาก บางชนิดมีน้ำตาลสูง เช่น ไอศกรีมเชอร์เบท ซอร์เบต หวานเย็น บางชนิดมีทั้งน้ำตาลสูงและไขมันสูง เช่น ไอศกรีมนม ทำให้ไอศกรีมจัดเป็นอาหารที่มีพลังงานสูง แม้จะเป็นที่ทราบกันดีว่าไอศกรีมเป็นอาหารที่มีพลังงานสูง แต่ด้วยลักษณะอาหารที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ธุรกิจไอศกรีมยังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่องและในเวลาเดียวกันจำนวนประชากรที่มีโรคเรื้อรังไม่ติดต่อเพิ่มขึ้นด้วย จากรายงานสถิติสุขภาพขององค์การอนามัยโลกในปี 2555 ว่า หนึ่งในสิบของผู้ใหญ่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน และหนึ่งในสามป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูง และพบว่าประมาณ 63% ของการเสียชีวิตทั้งหมดเกิดจากโรคเรื้อรังไม่ติดต่อ จากสถิติประเทศต่างๆ พบว่าผู้ป่วยที่ควบคุมระดับน้ำตาลได้มีจำนวน 20-70% (สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์, 2556) และจากสถิติของสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์ (ม.ป.ป) สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข รายงานจำนวนผู้ป่วยโรคเรื้อรังในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2551 มีรายงานผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน 675.74 ต่อจำนวนประชากรหนึ่งแสนคน ในปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 1,050.05 ต่อจำนวนประชากรหนึ่งแสนคน ในลักษณะทำนองเดียวกัน จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจขาดเลือด โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง ในปี 2551 คือ 276.86, 860.53, และ 216.58 ต่อแสนคน และในปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 427.52, 1,570.63 และ 354.54 ต่อจำนวนประชากรหนึ่งแสนคน (http://Thaincd.com/information_statistic ณ 15 พ.ย.2556) ซึ่งโรคดังกล่าวหากไม่ได้รับการรักษาและการดูแลตนเองที่เหมาะสมสามารถก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนหลายระบบในร่างกาย ทั้งภาวะเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง สามารถทำให้เกิดความพิการและเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ส่งผลต่อภาวะเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว รวมไปถึงเป็นภาระของรัฐในการดูแลรักษา การศึกษาแบบแผนการบริโภคอาหารพบว่าการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูง ไขมันสูง พลังงานสูงในกลุ่มผู้ที่มีโรคอ้วนมากกว่าคนที่น้ำหนักปกติ (รัชนิและคณะ, 2550) และในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ได้มากกว่าผู้ป่วยเบาหวานที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ (วิรัชยา และคณะ, 2556) ดังนั้นมาตรการสำคัญของรัฐจึงเน้นการส่งเสริมสุขภาพ รวมทั้งการปรับเปลี่ยนแบบแผนการบริโภคอาหารให้เหมาะสม เพื่อป้องกันอันตรายจากการเกิดโรคดังกล่าว รวมทั้งการส่งเสริมการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพที่มีน้ำตาลต่ำ ไขมันต่ำ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคให้มากขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลต่ำ ไขมันต่ำดังกล่าวยังมีน้อยในประเทศไทย และยังพบว่าผู้บริโภคจำนวนมากยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนแบบแผนการบริโภคอาหารของตนเองได้ดีเท่าที่ควร การห้ามการบริโภคอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งมักพบว่าไม่ประสบความสำเร็จ และอาจก่อให้เกิดความกดดันด้านจิตใจจนทำให้เกิดปัญหาในการควบคุมอาหาร และมีพฤติกรรมแอบบริโภค การให้มีโอกาสได้บริโภคอาหารที่ชื่นชอบบ้างยังช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้บริโภคได้มีกำลังใจดูแลตนเองมากขึ้น

การพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ จะช่วยเพิ่มทางเลือกอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภคที่สอดคล้องกับสถานการณ์สุขภาพที่สัมพันธ์กับภาวะโภชนาการเกิน อย่างไรก็ตามน้ำตาลและไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ให้กลิ่นรสและลักษณะเฉพาะของไอศกรีม การลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันให้ต่ำลงจะต้องทำด้วยความเหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และสมุนไพรบางชนิด

อาจมีสี กลิ่น รส ที่ทำให้ไอศกรีมมีสี กลิ่น รส ที่แตกต่าง ซึ่งอาจทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับได้ แต่ในเวลาเดียวกันพบว่าในตลาดไอศกรีมมีการพัฒนากลิ่นรสแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมด้วยเช่นกัน เช่น การพัฒนาไอศกรีมรสพริกเกลือ ซึ่งให้กลิ่นและรสชาติของพริกเกลือที่คนไทยนิยมใช้จิ้มผลไม้ ซึ่งได้รับความนิยมระดับหนึ่งจากผู้บริโภคโดยเฉพาะในวัยรุ่น และนักท่องเที่ยวหลากหลายวัยในแหล่งท่องเที่ยวของไทย ทำให้เห็นว่าผู้บริโภคในปัจจุบันมีทัศนคติเปิดต่อการรับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ดังนั้นน่าจะมีโอกาสสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นรสสมุนไพร การพัฒนาไอศกรีมตำรับสมุนไพรไทยที่มีการลดพลังงานด้วยการมีคาร์โบไฮเดรตต่ำ ไขมันต่ำ จึงน่าจะช่วยเพิ่มคุณค่าด้านสุขภาพมากขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทย และยังช่วยสร้างความแตกต่างจากไอศกรีมในท้องตลาดและไอศกรีมของแถบตะวันตกได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้พืชสมุนไพรเป็นส่วนผสมของไอศกรีม
- 2.2 เพื่อศึกษาการลดคาร์โบไฮเดรตและไขมันในไอศกรีมด้วยใยอาหารและสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ
- 2.3 เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ
- 2.4 เพื่อทดสอบการยอมรับไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำของผู้บริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

คัดเลือกไอศกรีม 1 ชนิด คือ เชอร์เบตซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูงไขมันต่ำมาเป็นไอศกรีมนำร่อง ก่อน หลังจากนั้นจึงศึกษาความเป็นไปได้ของไอศกรีมชนิดอื่น เพิ่มเติมจากที่ระบุไว้ในข้อเสนอโครงการวิจัย โดยเลือกศึกษาความเป็นไปได้ของไอศกรีมนม

ไอศกรีมเชอร์เบต (Sherbet) เป็นไอศกรีมที่มีลักษณะคล้ายซอร์เบต (sorbet) คือ มีส่วนประกอบของผลไม้หรือน้ำเชื่อม แต่มีส่วนผสมของนมหรือครีมอยู่ด้วย มีไขมันต่ำ 1-3% และมีปริมาณของแข็งต่ำ คือ ร้อยละ 3-5 การขึ้นฟูไม่มาก ประมาณ 24-50 เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลมาก (25-35%) ไอศกรีมประเภทนี้จึงมีเนื้ออ่อนกว่าไอศกรีมประเภทอื่น มักมีสีสดใส ส่วนรสชาติไม่จำเป็นต้องมีรสเปรี้ยว แต่ผู้บริโภคมักนิยมรสเปรี้ยวจากส่วนประกอบของกรดในผลไม้ (Eisner *et al.*, 2005) ในการวิจัย ได้ปรับส่วนผสมพื้นฐานของไอศกรีมเชอร์เบตโดยไม่ใช้ส่วนผสมของนํ้านมและไขมัน

ไอศกรีมนม หมายถึง ไอศกรีมมาตรฐานที่มีส่วนผสมหลักประกอบด้วยไขมันจากนม (milk fat) หางนมผง น้ำตาล สารให้ความคงตัว กลิ่น สี (Marshall and Arbuckle, 1996) เป็นไอศกรีมที่มีไขมันสูง บางประเทศกำหนดให้ไขมันไม่ต่ำกว่า 5% บางประเทศกำหนดอย่างต่ำ 10% สำหรับประเทศไทยกำหนดให้ไขมันอย่างต่ำ 5%

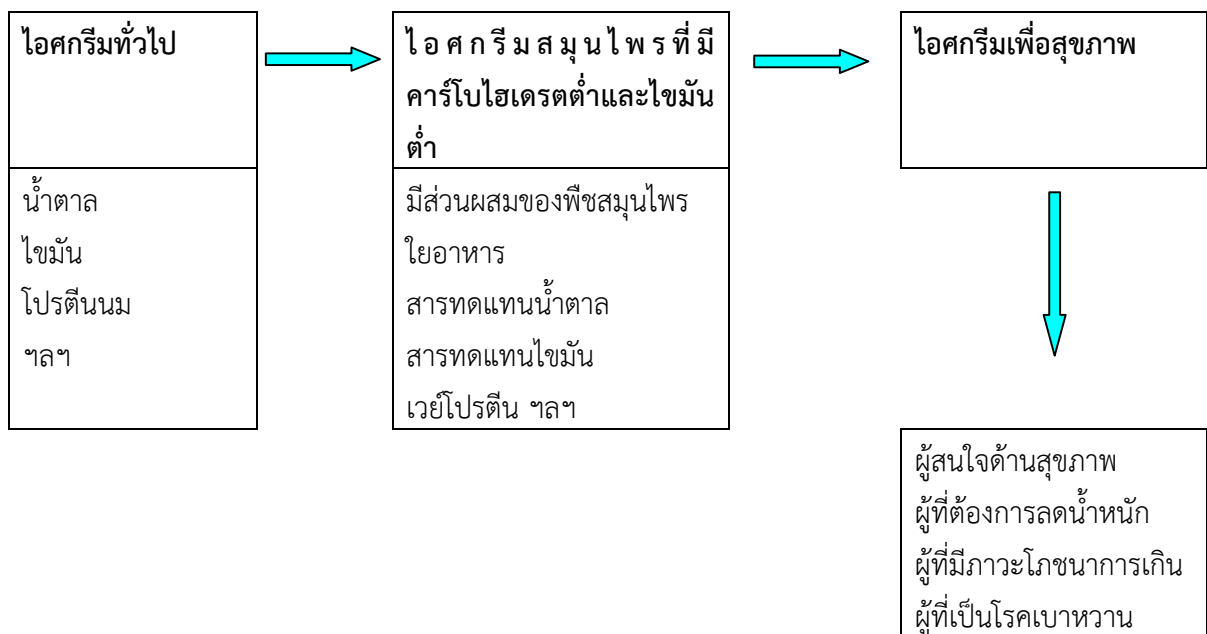
สมุนไพรที่เลือกศึกษา ประกอบด้วย ดอกอัญชัน พักข้าว ใบบัวบก ขมิ้นชัน เสาวรส รางจีต

การลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยการทดลงใช้สารทดแทนน้ำตาล 2 ชนิด ได้แก่ มอลทิทอล (maltitol) และซูคราโลส (sucralose) และกรณีที่ใช้ซูคราโลสจะมีการเพิ่มเนื้ออาหารด้วยอินูลิน (inulin)

การลดไขมันด้วยการใช้สารทดแทนไขมัน ได้แก่ เวย์โปรตีน (whey protein) และมอลโทเดกซ์ตริน (maltodextrin)

เน้นการใช้สีและกลิ่นจากส่วนผสมตามธรรมชาติ ไม่ใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์ที่มักนิยมใช้ในการผลิตไอศกรีม

กรอบแนวความคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ไอศกรีม เป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งของชาวตะวันตกที่นิยมบริโภคมาเป็นเวลาช้านาน ตามความหมายในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 และ 2542 หมายถึง ของกิน ทำด้วยน้ำหวาน กะทิ หรือนม เป็นต้น ทำให้ข้นด้วยความเย็น ในประเทศอังกฤษ ให้คำจำกัดความว่าหมายถึง ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งที่มีไขมันอย่างต่ำ 5% และปริมาณของแข็งจากนม (milk solid) 7.5% ที่นอกเหนือจากไขมันในนํ้านม เช่น โปรตีนในนํ้านม น้ำตาล และเกลือแร่ ซึ่งผ่านการให้ความร้อนตามด้วยการแช่แข็งส่วนผสมที่มีลักษณะเป็นอิมัลชันของไขมัน ของแข็งจากนม และน้ำตาล และอาจมีส่วนผสมอื่นอีกหรือไม่ก็ได้ ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ว่า ไอศกรีมจะต้องประกอบด้วยไขมันจากนมอย่างน้อย 10% และ ของแข็งจากนม 20% และจะต้องมีน้ำหนักร้อยละ 0.54 กิโลกรัม/ลิตร โดยไม่ครอบคลุมส่วนผสมที่ใช้ไขมันจากพืช (Clarke, 2008) สำหรับประเทศไทยกำหนดไว้ว่าไอศกรีมจะต้องมีไขมันอย่างน้อย 5% ดังนั้นคำจำกัดความของไอศกรีมอาจแตกต่างกันในแต่ละประเทศโดยเฉพาะการกำหนดปริมาณไขมัน ด้วยรสชาติผสมผสานกับความเย็นของไอศกรีมที่ให้ความสดชื่น แตกต่างจากอาหารว่างชนิดอื่น ทำให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในผู้บริโภคหลากหลายวัย ในประเทศต่างๆทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย เป็นอาหารที่มีจำหน่ายทั่วไป หาซื้อได้ง่าย ทั้งในร้านอาหาร ร้านจำหน่ายไอศกรีม ร้านจำหน่ายอาหารหวาน ร้านสะดวกซื้อ ร้านซูเปอร์มาร์เก็ต และร้านค้าประเภทอื่นในชุมชน ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก มีนํ้านม นมผง หรือไขมันชนิดอื่น เช่น กะทิ และอาจมีวัตถุเจือปนผสมอยู่ด้วย และนำมาแช่เยือกแข็งเป็นไอศกรีมจำหน่ายทั่วไป โครงสร้างของไอศกรีมเมื่อศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าโครงสร้างระบบอิมัลชันที่ซับซ้อนประกอบด้วยเซลล์อากาศขนาดโตประมาณ 100 ไมโครเมตร ซึ่งถูกล้อมหรือหุ้มด้วยเม็ดไขมัน ทำให้ฟองอากาศคงตัวอยู่ในโครงสร้างไอศกรีม อีกทั้งยังมีผลึกน้ำแข็งขนาดประมาณ 50 ไมโครเมตร ผลึกน้ำตาลแล็กโทสขนาดประมาณ 15 ไมโครเมตร กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวไม่แข็งตัว (Eisner *et al.*, 2005)

1. ประเภทของไอศกรีม

ไอศกรีมมีหลายชนิด ในทางการค้า มีชื่อเรียกต่างกันไป เช่น dairy ice cream, non-dairy ice cream, gelato, frozen yoghurt, milk ice, sorbet, sherbet, water ice, และ fruit ice และมีการจัดแบ่งแตกต่างกันอยู่บ้าง Clarke (2008) จัดแบ่งไอศกรีมเป็น 10 ประเภท ดังนี้

- 1.1 ไอศกรีมนม (dairy ice cream) คือ ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของนมหรือผลิตภัณฑ์จากนม และมีส่วนผสมของน้ำตาลและสารเสริมรสอื่นๆ โดย Eisner *et al.* (2005) ระบุส่วนผสมที่จะต้องมีส่วนเป็นไขมันเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ธาตุไขมันไม่รวมไขมันเนย ไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) อย่างน้อยร้อยละ 16-24 ของน้ำหนักเมื่อทำเสร็จแล้ว

- 1.2 **ไอศกรีมดัดแปลง** (non-dairy ice cream) หมายถึง ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของโปรตีนจากนม แต่ดัดแปลงใช้ไขมันจากพืช เช่น นมถั่วเหลือง หรือกะทิ
- 1.3 **เจลลาโต** (gelato) หมายถึง ไอศกรีมแบบอิตาลีเลียน ที่มีส่วนผสมของไข่แดง มีลักษณะส่วนประกอบพื้นฐานของคัสตาร์ด ในบางตำราเรียก frozen custard หรือ French ice cream หรือ French custard ice cream ซึ่งมีส่วนผสมของไข่แดง ทำให้เนื้อไอศกรีมมีปริมาณไขมันสูง ขณะรับประทานจะได้กลิ่นไข่ (Eisner *et al.*, 2005)
- 1.4 **โยเกิร์ตแช่แข็ง** (frozen yoghurt) หมายถึง ไอศกรีมที่มีส่วนประกอบของโยเกิร์ตซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก ให้กลิ่นรสของโยเกิร์ต ในประเทศไทยเรียก ไอศกรีมโยเกิร์ต แต่ในต่างประเทศอาจไม่นิยมเรียกเนื่องจากมีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดสำหรับไอศกรีม โดยทั่วไปควรใส่โยเกิร์ตไม่น้อยกว่า 40% เพื่อให้มีรสอร่อย ไอศกรีมประเภทนี้จะมีไขมันต่ำกว่าไอศกรีมทั่วไป
- 1.5 **Milk ice** หมายถึง ไอศกรีมที่มีลักษณะคล้ายไอศกรีมนม แต่ไม่มีการตีปั่นอากาศเข้าในเนื้อของไอศกรีม และมีปริมาณไขมันจากนมในปริมาณน้อยกว่า
- 1.6 **ซอร์เบท** (sorbet) หมายถึง ไอศกรีมที่ส่วนประกอบของผลไม้ และน้ำเชื่อมที่มีการตีปั่นให้อากาศเข้าไป โดยอาจมีหรือไม่มีไขมันหรือผลิตภัณฑ์จากนมก็ได้ หรือบางตำราเรียก “ไอศกรีมผลไม้” (fruit ice cream) ซอร์เบทมีปริมาณน้ำตาลมากที่สุด เนื้อไอศกรีมมีลักษณะเป็นเกล็ดละเอียด นุ่ม ได้รสชาติผลไม้เข้มข้น (Eisner *et al.*, 2005)
- 1.7 **เชอร์เบท** (sherbet) หมายถึง ไอศกรีมที่มีลักษณะคล้ายซอร์เบท แต่มีส่วนผสมของนมหรือครีมอยู่ด้วย มีไขมันต่ำ 1-3% และมีปริมาณของแข็งต่ำ คือ ร้อยละ 3-5 การขึ้นฟูไม่มาก ประมาณ 24-50 เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลมาก ไอศกรีมประเภทนี้จึงมีเนื้ออ่อนกว่าไอศกรีมประเภทอื่น มักมีสีสดใส ส่วนรสไม่จำเป็นต้องมีรสเปรี้ยว แต่ผู้บริโภคมักนิยมรสเปรี้ยวจากส่วนประกอบของกรดในผลไม้ (Eisner *et al.*, 2005) ยกเว้นผลไม้บางชนิด เช่น แดงโม ที่ไม่นิยมให้ออกรสเปรี้ยว
- 1.8 **Water ice** หมายถึง ไอศกรีมประเภทน้ำหวานแช่แข็ง (frozen sugar syrup) โดยมีการแต่งกลิ่นและรสชาติ หรือที่เรียกกันว่า “ไอศกรีมหวานเย็น” ส่วนใหญ่ผู้บริโภคมักนิยมออกรสเปรี้ยว จึงทำให้มีการเติมรสเปรี้ยว
- 1.9 **Fruit ice** หมายถึง ไอศกรีมที่มีลักษณะคล้าย water ice แต่มีส่วนประกอบของน้ำผลไม้แท้อยู่ด้วย

1.10 ไอศกรีมแบบอ่อน (soft ice cream หรือ soft serve) คือ ไอศกรีมนมเนื้อเนียนนุ่ม มีส่วนผสมที่แตกต่างจากไอศกรีมธรรมดา โดยมีปริมาณไขมันต่ำกว่าไอศกรีมใส่นมทั่วไป เป็นไอศกรีมที่ไม่ต้องแช่แข็งก่อนเสิร์ฟ แต่จะนำส่วนผสมใส่เครื่องแล้วบีบใส่โคน หรือถ้วยไอศกรีม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขแบ่งประเภทของไอศกรีมตามส่วนผสมออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง ไอศกรีมผสม ไอศกรีม นม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสมชนิดเหลว หรือแข็ง หรือผง และไอศกรีมหวานเย็น

ความแตกต่างระหว่างไอศกรีมเชอร์เบทกับไอศกรีมนมทั่วไป ดังนี้

- 1) ไอศกรีมเชอร์เบทมีปริมาณกรดผลไม้สูงกว่าไอศกรีมนม โดยเชอร์เบทมีปริมาณของกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity) ในรูปกรดแลคติกร้อยละ 0.35 และมีกลิ่นรสฝาด (tart flavor) เนื่องจากกรด
- 2) ไอศกรีมเชอร์เบทมีการขึ้นฟู (over run) ร้อยละ 24-50 ซึ่งต่ำกว่าไอศกรีม ซึ่งมีการขึ้นฟู ร้อยละ 35-60
- 3) ไอศกรีมเชอร์เบทมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 25-35 ซึ่งสูงกว่าไอศกรีมนม ซึ่งมีน้ำตาลร้อยละ 12-22
- 4) มีลักษณะเนื้อสัมผัสหยาบ หรือมีลักษณะผลึกน้ำแข็ง (ice) มากกว่าไอศกรีมนม ให้ความรู้สึกเย็นขณะรับประทานมากกว่าไอศกรีมนม
- 5) มีความข้นมันน้อยกว่าไอศกรีมนมเนื่องจากมีปริมาณเนื้อมันน้อยกว่าความแตกต่างของไอศกรีมเชอร์เบทกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหวานเย็น

ไอศกรีมเชอร์เบทมีปริมาณไขมันร้อยละ 2 และมีปริมาณเนื้อมันรวมมันเนยร้อยละ 4 น้อยกว่าไอศกรีมชนิดอื่น แต่มากกว่าไอศกรีมหวานเย็น (water ice) ซึ่งไม่มีส่วนที่เป็นเนื้อมันรวมไขมัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานองค์ประกอบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ผลิตภัณฑ์	ไขมันต่ำสุด	ไขมันสูงสุด	โปรตีนต่ำสุด	เนื้อมรวม	น้ำหนัก	กรด	ไข่แดง
	%	%	%	%	lb / gal	%	%
ไอศกรีมนม	10	-	-	20.0	4.5	-	<1.4
ไอศกรีมเชอร์เบท	1	1-2	-	2-5	6.0	0.35	-
ไอศกรีมหวานเย็น	-	-	-	-	6.0	0.35	-

ที่มา: Marshall and Arbuckle (1996)

2. ส่วนผสมของไอศกรีม

ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนผสมหลัก เช่น โปรตีนนม น้ำตาล ไขมันและน้ำ และส่วนผสมรอง เช่น สารให้ความคงตัว (stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) สี สารให้กลิ่นรส และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น เวเฟอร์ ช็อกโกแลต ชิ้นผลไม้ และถั่วต่าง ๆ เป็นต้น ดังนี้

2.1 น้ำ น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากที่สุดในไอศกรีม ไอศกรีมแทบทุกชนิดมีน้ำอย่างน้อยที่สุด 60 – 70 % โดยน้ำหนัก โดยอยู่ในสภาพผลึกน้ำแข็งเกือบทั้งสิ้น ณ อุณหภูมิที่รับประทาน น้ำในรูปผลึกน้ำแข็ง คือ ส่วนผสมสำคัญที่สุดของไอศกรีมที่ให้ความสดชื่น และเย็นฉ่ำแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปไม่แช่แข็งชนิดอื่น ความสมดุลระหว่างผลึกน้ำแข็งกับส่วนที่เป็นของเหลว และขนาดของผลึกน้ำแข็งมีบทบาทอย่างยิ่งต่อความรู้สึกในการรับประทานไอศกรีม ตามปกติ น้ำที่มีในส่วนผสมไม่ได้มาจากน้ำที่เติมลงไป แต่มากับส่วนผสมอื่นๆ เช่น นำนม ไข่เหลว น้ำเชื่อม และผลไม้ที่ใช้ผสม ส่วนผสมทั้งหลายเหล่านี้ อาจกระจาย หรือแขวนลอยอยู่ที่วักภาคน้ำของไอศกรีม (Victor and Stephen , 1995)

2.2 ไขมัน ไขมันเป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญในการผลิตไอศกรีม การปั่นด้วยแรงดันส่วนผสมในกระบวนการผลิตไอศกรีมทำให้เม็ดไขมันในส่วนผสมไอศกรีม (ice cream mix) แตกออกเป็นหยดเล็กๆ กระจายตัวในส่วนของน้ำ เมื่อบั่นไอศกรีม เม็ดไขมันที่กระจายตัวจะเกิดการรวมตัวกัน ห่อหุ้มฟองอากาศให้คงตัว เกิดลักษณะ Partial Coalescence ไขมันยังมีบทบาทที่ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะที่ดี คือ มีความมัน เนื้อเนียน ให้ความรู้สึกเคลือบมันในปาก ลดความรู้สึกเย็นจัดของไอศกรีม และเป็นตัวนำกลิ่นรสที่ดี การใช้ไขมันที่เหมาะสมจะช่วยให้ส่วนผสมต่างๆเกิดความสมดุล ไขมันไม่มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็ง อย่างไรก็ตามการใช้ไขมันมากเกินไป จะส่งผลให้ผลึกน้ำแข็งเล็กลง ชัดขวางการขึ้นฟูของไอศกรีม ให้พลังงานสูง และต้นทุนในการผลิตสูง ปริมาณและแหล่งของไขมันเป็นตัวกำหนดมาตรฐานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Marshall *et al.*, 2003)

สารให้กลั่นรสส่วนใหญ่เป็นสารที่ละลายได้ในไขมัน ดังนั้นไขมันจึงเป็นส่วนประกอบสำคัญในการพาสเจอร์ให้กลั่นรสไปยังประสาทรับกลั่นรส หากมีไขมันไม่เพียงพอ กลั่นรสจึงลดน้อยลง และอาจเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ทำให้คะแนนความชอบด้านกลั่นรสลดลง ตามที่พบในไอศกรีมที่มีไขมันต่ำเมื่อใช้มอลโทเดกซ์ตรินทดแทนไขมันในไอศกรีมกะทิ (ปิยะธิดา, 2551) ส่วนการใช้เวย์โปรตีนทดแทนหางนมไม่พบคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่เติมเวย์โปรตีน นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการใช้ไขมันจากพืชแทนไขมันจากนม เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชัน น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันดอกคำฝอยที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงและไม่มีคอเลสเตอรอล พบว่ามีผลทำให้ลดการขึ้นฟูและการเกิดกลิ่น

การพัฒนาไอศกรีมลดพลังงานด้วยการใช้มอลโทเดกซ์ตรินทดแทนไขมันในไอศกรีมมะพร้าวอ่อนพบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ การใช้ไขมันนม 4% สารละลายมอลโทเดกซ์ตริน ค่า D.E. 7 ปริมาณ 6% นมผงพร่องมันเนย 11% น้ำตาลทราย 8% สารให้ความคงตัว 0.7% เนื้อมะพร้าวอ่อน 15% น้ำมันมะพร้าวอ่อน 55.3% ทำการผลิตโดยใช้การปั่นแบบ Direct expansion นาน 20 นาที ได้ไอศกรีมที่มีไขมัน 4.8% โปรตีน 3.5% น้ำตาลแล็กโทส 18% พลังงาน 134 กิโลแคลอรี/ 80 กรัม โดยลดพลังงานได้ 52% เมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน (ภัทรา, 2540)

2.3 ธาตุไขมันไม่รวมมันเนย หรือ milk solid non fat หรือที่เรียกว่า serum solid เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนม เช่น หางนม นม หางนมที่เหลือจากการทำเนย หรือ ที่เรียกว่า เวย์ (whey) และเคซีน (casein) ซึ่งเป็นโปรตีนในน้ำนม ส่วนผสมทั้งหมดนี้ประกอบด้วย โปรตีน น้ำตาลในนม (lactose) และเกลือแร่ โดยมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีความสำคัญในการช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีม เป็นตัวให้เนื้อและการต้านทานการเคี้ยว (chew resistance) แก่ไอศกรีมและให้การขึ้นฟู (overrun) สูงโดยไม่ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะเป็นเกล็ดหิมะหรือหยาบ โปรตีนช่วยในการอิมัลซิไฟด์ส่วนผสมทั้งหมด ทำให้ส่วนผสมรวมตัวกันได้ดี ช่วยด้านสมบัติในการปั่นหรือ whipping ไอศกรีม โปรตีนสามารถรวมกับน้ำได้ดี ช่วยเพิ่มความหนืดและลดการเป็นเกล็ดน้ำแข็งของไอศกรีม ช่วยลดจุดเยือกแข็งทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง ช่วยให้ลักษณะเนื้อแก่อไอศกรีม ให้ความนุ่มเนียน แน่นเนื้อ เพิ่มกลิ่นรสของนม เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แต่การใส่ในปริมาณมากเกินไป อาจทำให้ไอศกรีมมีรสเค็มจากร่ธาตุในหางนม และอาจทำให้ไอศกรีมมีเนื้อหยาบจากผลึกแล็กโทส

2.4 สารให้ความหวาน สารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโทส น้ำผึ้ง และน้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup) สารให้ความหวานมีบทบาทในการให้รสหวาน ช่วยเพิ่มรสชาติ เพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยให้ตกไอศกรีมได้ง่าย และยืดอายุการเก็บรักษาไอศกรีม (Marshall *et al.*, 2003) จะใส่ในอัตรา 12 – 16% โดยน้ำหนัก สารให้ความหวานเป็นตัวปรับปรุงเนื้อสัมผัสและความน่ารับประทานของไอศกรีม ช่วยเพิ่มกลิ่นรส และมีราคาถูก แหล่งของสารให้ความหวานที่ใช้กันคือ น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย ซึ่งจะเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิของจุดเยือกแข็งของส่วนผสมลง ดังนั้น ณ อุณหภูมิขณะเสิร์ฟซึ่งโดยทั่วไปอยู่ที่ -15 ถึง -18 องศาเซลเซียสนั้น ก็ยังคงมีส่วนที่ยังไม่

แข็งตัวอยู่ ซึ่งหากไม่มีส่วนนี้อยู่เลย ไอศกรีมจะแข็งเกินไปจนตักไม่ได้ ถ้าหากใช้สารให้ความหวานมากเกินไป จะทำให้ไอศกรีมละลายเร็ว เนื้อแฉะ และมีรสหวานเกินไป

ไอศกรีมเชอร์เบทเป็นชนิดของไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูงถึง 25-35% สูงกว่าไอศกรีมชนิดอื่น ประมาณ 2 เท่า และปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในไอศกรีมเชอร์เบทมีความสำคัญอย่างมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และความแน่น แข็งของไอศกรีม ถ้าเติมน้ำตาลลงในส่วนผสมน้อยเกินไปจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความหยาบ และตักไอศกรีม เป็นก้อนได้ยาก เพราะไอศกรีมมีความแน่นแข็ง แต่ถ้าเติมน้ำตาลมากเกินไป จะทำให้ไอศกรีมมีรสหวานมากเกินไป น้ำตาลนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อไอศกรีม ดังนี้

- 1) ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมให้ต่ำลง เมื่อมีความเข้มข้นของน้ำตาลมากขึ้น จะส่งผลให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลง
- 2) เพิ่มความหนืดของส่วนผสมของไอศกรีม น้ำตาลมีส่วนเพิ่มความหนืดของส่วนผสม ไอศกรีมตามปริมาณน้ำตาลที่เติม
- 3) มีผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ (ice recrystallization) น้ำตาลแต่ละชนิดมีผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ต่างกัน น้ำตาลซูโครสมีผลต่ออัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับ corn sugar syrup 20DE และ corn sugar syrup 42DE แต่มีผลน้อยกว่า high fructose corn syrup 42DE
- 4) ไม่มีผลต่อขนาดผลึกน้ำแข็ง (ice crystal size) การทดลองระหว่างการใช้น้ำตาล ซูโครสเข้มข้น 8.2% และ 28.2% ไม่พบความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของผลึกน้ำแข็ง
- 5) เพิ่มปริมาณของแข็ง (total solids) ซึ่งจะช่วยให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมมีความเรียบเนียน มีผลึกน้ำแข็งน้อย ขนาดของฟองอากาศเล็กลงส่งผลให้มีการขึ้นฟูสูง ถ้าลดปริมาณน้ำตาลจะทำให้ปริมาณของแข็งเหลือน้อย ปริมาณน้ำอิสระเหลืออยู่มากซึ่งน้ำส่วนนี้จะกลายเป็นน้ำแข็ง ทำให้เนื้อไอศกรีมหยาบ มีผลึกน้ำแข็งมาก ฟองอากาศมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้การขึ้นฟูต่ำ

2.5 อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เป็นสารที่ช่วยให้ส่วนประกอบที่เป็นไขมันกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในส่วนประกอบที่เป็นน้ำ ทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ส่งผลให้เนื้อไอศกรีมเนียน มีลักษณะแห้ง การเกิดอิมัลชันสามารถทำได้โดยใช้อิมัลซิไฟเออร์จากธรรมชาติ เช่น โปรตีน ฟอสเฟต และซิเตรตในนม ไข่แดง หรือ เลซิธินที่เติมลงไป การใช้ไข่แดง จะทำให้ได้ทั้งรสชาติ กลิ่นรส และเกิดอิมัลชันไปด้วยพร้อมกัน นอกจากนี้มีอิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์หลายชนิด ที่นิยมใช้ในไอศกรีม เช่น โมโน และไดกลีเซอไรต์ซึ่งมีราคาถูกกว่า และสามารถใช้ในปริมาณน้อย เพียงหนึ่งในสิบของอิมัลซิไฟเออร์จากธรรมชาติ นอกจากช่วยให้เกิดอิมัลชันแล้ว อิมัลซิไฟเออร์ยังช่วยเพิ่มความสามารถของส่วนผสมของไอศกรีมในการยึดอากาศไว้ ทำให้ไม่ยุบตัวง่าย ช่วยให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มนวล ช่วยให้คุณสมบัติการหลอมตัวดีขึ้น และยังช่วยลดการแยกตัวของไขมัน ระหว่างแช่แข็งไอศกรีม (Baer *et al.*, 1997)

2.6 สารให้ความคงตัว (stabilizer) เป็นสารที่ช่วยให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความคงตัว มีความสามารถในการกักน้ำได้ดี ช่วยทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเรียบเนียน ป้องกันไม่ให้เกิดผลึก

น้ำแข็งขนาดใหญ่ขณะแช่แข็งและระหว่างการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิที่ผันแปร ทำให้เนื้อไอศกรีมไม่หยاب มีความคงตัวและยืดระยะเวลาละลาย ให้ความหนืดแต่ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีม ความหนืดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะช่วยให้อากาศแทรกเข้ามาอยู่ด้วยได้มากขึ้น ช่วยเสริมเนื้อไอศกรีมและปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น ช่วยยับยั้งการยุบตัว โดยการทำให้ผลึกน้ำแข็งโตขึ้นอย่างช้าๆ (Huang and Platt, 1995) สารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ในไอศกรีมเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) เช่น โลคัส บีน คาราจีแนน กัวร์กัม แอลจิเนท เพคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นโพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึง โพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์

ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในไอศกรีมโดยส่วนใหญ่ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามแหล่งที่มาได้แก่

1) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืช ได้แก่เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (locust bean gum) กัมอาราบิก (gum arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum)

2) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) ได้แก่อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น carboxymethyl cellulose (CMC)

ส่วนใหญ่ไฮโดรคอลลอยด์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติและดัดแปรจากธรรมชาติ ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด จะมีสมบัติแตกต่างกันเมื่อนำมาใช้ จะสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) สารเพิ่มความหนืด (thickener) สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) และหน้าที่อื่นๆ และมีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ ไฮโดรคอลลอยด์

1. ลักษณะเนื้อ (body) ที่ต้องการ: viscosity, rheology
2. ลักษณะความรู้สึกเมื่อมีอาหารอยู่ในปาก (mouthfeel): slimy, non slimy
3. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของ gel ที่ต้องการ: gel strength
4. ลักษณะปรากฏที่ต้องการ (appearance): cloud, clear
5. ความคงตัว (stability) ต่อกระบวนการผลิต: beat, shear stress
6. ความคงตัวในการเก็บรักษา: syneresis, freeze/thaw

2.7 สีและกลิ่นรส

สีและกลิ่นรสเป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของไอศกรีมที่จะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค แต่เดิมไอศกรีมก็มีสีอ่อนๆ เป็นที่ดึงดูดใจ แต่ปัจจุบันมีสีส้มมากขึ้น โดยเฉพาะสำหรับไอศกรีมเชอร์เบทและชอร์เบท กลิ่นรสของไอศกรีมเป็นการผสมรวมกันของส่วนผสมที่ใช้ในไอศกรีม มีหลายกลิ่นรสตามความชอบของผู้บริโภค ไอศกรีมที่มีไขมันสูงมักมีกลิ่นรสมากกว่าไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ ไอศกรีมที่มีการขึ้นฟูสูงจะต้องใช้กลิ่นรสมากกว่าไอศกรีมที่ขึ้นฟูต่ำ (สมจิต, 2550) โดยทั่วไปไอศกรีมที่มีการเติมกลิ่นรสมักจะเติมสีลงเล็กน้อย เช่น ไอศกรีมเชอร์เบทมะนาว มักเติมสีเขียวเพื่อให้ได้สีของมะนาว ไอศกรีมผลไม้มักมีการเติมสีเนื่องจากปริมาณผลไม้ที่เติมลงไปไม่เพียงพอที่จะทำให้สีเข้มมากพอ (พัชรินทร์, 2542)

2.8 อากาศและน้ำแข็ง

อากาศและน้ำแข็งเป็นอีกส่วนประกอบหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีม แต่เป็นส่วนที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เมื่อดอกอากาศและผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นระหว่างการปั่นส่วนผสมไอศกรีม การปั่นจะทำให้อากาศกระจายไปทั่วเนื้อไอศกรีมและในช่วงของการนำส่วนผสมที่ปั่นแล้วไปแช่แข็ง จะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้น กระบวนการผลิตที่ดีจะต้องทำให้เซลล์อากาศเล็กเพียง 110-185 ไมโครเมตร ขนาดผลึกน้ำแข็ง 30-45 ไมโครเมตร และขนาดเม็ดไขมัน 1-10 ไมโครเมตร ที่จะช่วยให้เนื้อไอศกรีมเนียน และมีการขึ้นฟูที่เหมาะสม ช่วยให้ตักไอศกรีมง่ายขึ้น และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย (Santana *et al.*, 2011)

2.9 ส่วนผสมอื่นๆ

ไอศกรีมบางชนิดอาจต้องการส่วนผสมอื่นเพิ่มเติม เช่น ไอศกรีมเชอร์เบทต้องการความเป็นกรด (titratable acidity) ในรูปของกรดแลกติกอย่างน้อยที่สุดร้อยละ 0.35 กรดที่นิยมใช้มาก คือ กรดซิตริก ซึ่งเตรียมในรูปของสารละลายเข้มข้น 50% กรดที่เติมจึงทำให้ไอศกรีมเชอร์เบทมีลักษณะแตกต่างจากไอศกรีมนม ปริมาณกรดที่ใช้ขึ้นกับชนิดของผลไม้ ปริมาณน้ำตาล และการยอมรับของผู้บริโภค เช่น เมื่อมีปริมาณน้ำตาล 25-30% อาจเติมกรด 0.36% หรือใช้กรด 0.40% เมื่อมีน้ำตาล 30-35% เป็นต้น

3. กระบวนการผลิตไอศกรีม

กระบวนการผลิตไอศกรีมประเภทต่างๆ มีขั้นตอนการผลิตคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในเรื่องของส่วนผสมและรายละเอียดของส่วนผสมที่แตกต่างกัน

ขั้นตอนหลักๆ ของกระบวนการผลิตไอศกรีม ดังนี้

3.1 การผสม (mixing) เป็นการผสมส่วนผสมของไอศกรีมเข้าด้วยกัน ส่วนผสมหลักๆ ของไอศกรีมประกอบด้วยส่วนผสมที่เป็นของแข็ง เช่น น้ำตาลทราย นมผง สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ เป็นต้น และ

ส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่นนม น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม น้ำ นำส่วนผสมของแห้งผสมในส่วนผสมของเหลวที่ละน้อย คนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ส่วนผสมที่เป็นของแห้งจับกันเป็นก้อน อาจอุ่นให้ร้อน เพื่อช่วยให้การละลายดีขึ้น ในอุตสาหกรรมมักใช้ถังผสมที่มีเครื่องกวนอยู่ภายใน ลำดับของการเติมส่วนผสมแต่ละชนิดขึ้นกับอุณหภูมิและการละลายของส่วนผสมแต่ละชนิด

3.2 โฮโมจิไนซ์เซชัน (homogenization) การโฮโมจิไนซ์ส่วนผสมไอศกรีมช่วยทำให้อิมัลชันคงตัว ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนดี มีความสม่ำเสมอ โดยช่วยลดขนาดเม็ดไขมันลงไม่เกิน 2 ไมโครเมตร ทำให้ไม่เกิดการแยกชั้นของครีม ไอศกรีมที่ได้ ปรับปรุงคุณสมบัติการขึ้นฟู ลดระยะเวลาในการบ่ม ลดการเกิด churning ของไขมันขณะปั่นแช่แข็งไอศกรีม และลดปริมาณการใช้สารให้ความคงตัว (Arbuckle, 1986) การโฮโมจิไนซ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมมีค่าสูงขึ้นจนถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส (Marshall *et al.*, 2003) หากมีการใช้ความดันด้วยจะช่วยให้กระบวนการตีปั่นส่วนผสมได้ดียิ่งขึ้น

3.3 การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และเอนไซม์ที่ทำให้เกิดความผิดปกติทางด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ช่วยในการละลายส่วนผสมที่เป็นของแห้ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการโฮโมจิไนซ์มากขึ้น ช่วยให้ไอศกรีมมีความสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสที่ดี เพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาไอศกรีม การพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนด และคงไว้ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส การพาสเจอร์ไรซ์มีทั้งแบบ ไม่ต่อเนื่อง (batch) และแบบต่อเนื่อง (continuous) และสามารถทำได้โดยแปรผันอุณหภูมิและเวลา อุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์แตกต่างกันตามวิธีการ ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมีกซ์

วิธีการ	ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°ซ./°ฟ.)
แบบต่อเนื่อง	30 นาที	69 / 155
HTST (high temperature short time)	25 วินาที	80 / 175
UHT (ultra high temperature)	2-40 วินาที	138 / 285

ที่มา: Marshall and Arbuckle (1996)

3.4 การบ่ม (aging) การบ่มส่วนผสมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้ว ถือเป็นขั้นตอนที่จำเป็น จะช่วยรักษามัลชันของส่วนผสมและช่วยให้โปรตีนในนํ้านมและสารให้ความคงตัวดูดน้ำและพองตัวโดยสมบูรณ์ และถูกดูดซับที่ผิวเม็ดไขมัน ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเรียบเนียน สม่ำเสมอ รวมทั้งการบ่มจะช่วยให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้น โดยนิยมบ่มที่อุณหภูมิต่ำ ระดับ 2-4 องศาเซลเซียส ไม่ควรเกิน 4.4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3-12 ชั่วโมง ระยะเวลาการบ่มขึ้นกับปริมาณสารให้ความคงตัวและปริมาณของสารอิมัลซิไฟเออร์ ถ้าใช้ในปริมาณมาก การบ่มต้องใช้เวลานานมากเพียงพอ

3.5 การใส่กลิ่นและสี หลังจากการบ่มแล้วสามารถเติมสารให้กลิ่นและรสชาติได้ก่อนที่จะนำไปปั่นเพื่อให้แข็งตัว เพราะการเติมก่อนอาจทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสสลายตัว ทำให้ไม่ได้กลิ่นและรสตามต้องการ

3.6 การปั่นไอศกรีมหรือการแช่แข็ง (freezing) การปั่นไอศกรีมเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตไอศกรีม เป็นกระบวนการที่ทำให้ส่วนผสมของไอศกรีมแข็งตัวจากความเย็นของเครื่องปั่นไอศกรีมที่ลดลงอย่างรวดเร็ว และในเวลาเดียวกันการปั่นของเครื่องไอศกรีมจะทำให้มีการอัดอากาศเข้าผสมกับส่วนผสมไอศกรีมใบพัดทำหน้าที่กวาดผลึกน้ำแข็งที่ผิวของถังปั่นไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ฟองอากาศที่ถูกดีเข้ามาถูกผลึกเม็ดไขมันที่เกิดการ coalescence ห่อหุ้มทำให้สามารถเก็บกักฟองอากาศไว้ในระบบได้ (Arbuckle, 1986)

การปั่นไอศกรีมแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

ช่วงแรก เป็นช่วงของการเติมส่วนผสมของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มแล้ว และการเติมสีหรือกลิ่นรสลงในเครื่องปั่นไอศกรีมที่ลดอุณหภูมิลงแล้ว หลังจากนั้นเครื่องปั่นไอศกรีมจะลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วอีกครั้งระหว่างการปั่น เพื่อให้ในส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์กลายเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอ ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนและสามารถอุ้มอากาศได้ดี ขณะเดียวกันไอศกรีมมิกซ์ถูกปั่นตลอดเวลา เพื่อนำอากาศผสมรวมกับส่วนผสมของไอศกรีม

ช่วงที่สอง เมื่อไอศกรีมเหลวถูกทำให้แข็งตัว จะมีปริมาณน้ำบางส่วนเท่านั้นที่เกิดเป็นผลึกน้ำแข็งที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปน้ำในส่วนผสมกลายเป็นผลึกน้ำแข็งประมาณ 47% (Arbuckle, 1986) ระหว่างการปั่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนผสม คือ อากาศจะกระจายตัวเข้าไปในส่วนผสม และทำให้ปริมาตรส่วนผสมเพิ่มขึ้น หรือเรียกกันว่า การขึ้นฟู โดยไอศกรีมที่ได้หลังการปั่นจะมีลักษณะกึ่งแข็ง เรียกว่า “ซอฟท์เสิร์ฟ” (soft serve)

3.6 การทำให้แข็งตัว (hardening) เพื่อทำให้ไอศกรีมทั้งหมดแข็งตัว การแช่แข็งควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งจะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่ไม่เรียบเนียน (Chang and Hartel, 2002) โดยทั่วไปการแช่แข็งจะต้องทำให้อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของไอศกรีมในภาชนะบรรจุลดลงเหลือ -18 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า โดยทั่วไปอุณหภูมิของการแช่แข็งในขั้นนี้คือประมาณ -25 องศาเซลเซียส ถึง -30 องศาเซลเซียส (Marshall *et al.*, 2003)

3.7 การเก็บรักษา หลังจากไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งแล้วอาจจำหน่ายได้ทันที หรืออาจเก็บไว้ 1-2 สัปดาห์ หรือสามารถเก็บได้ในห้องแช่แข็งได้เลย อุณหภูมิของห้องเก็บต้องคงที่และไม่สูงกว่า -22 องศาเซลเซียส

4. การลดคาร์โบไฮเดรตในไอศกรีม

ส่วนผสมหลักที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในไอศกรีม คือ น้ำตาล ดังนั้นการลดคาร์โบไฮเดรตในไอศกรีมจึงเน้นการลดน้ำตาล

4.1 ความหมายและชนิดของสารให้ความหวาน

สารให้ความหวาน (sweeteners) คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ให้รสหวาน ซึ่งมีหลายชนิด เช่น น้ำตาลทราย น้ำตาลปีบ น้ำตาลปึก กลูโคสไซรัป ที่นิยมนำมาใช้ในไอศกรีม เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโทส น้ำผึ้งและน้ำเชื่อมจากข้าวโพด (corn syrup) สารให้ความหวานมีหน้าที่หลายประการในไอศกรีม คือ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีม เพิ่มความหนืด เพิ่มลักษณะเนื้อที่ดี ช่วยลดจุดเยือกแข็งลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มนวลกว่า ตักได้ง่ายกว่าที่อุณหภูมิเย็นจัด ด้านรสชาติ ช่วยเพิ่มความหวาน เสริมกลิ่นรส แต่ หากใช้มากเกินไปไอศกรีมจะมีรสหวานจัดเกินไป ลดอัตราการตีขึ้นฟู นอกจากนี้ทำให้ใช้เวลาในการปั่นนานขึ้น และต้องใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ ในขั้นตอน hardening เนื่องจากเป็นตัวยับยั้งการแข็งตัวของส่วนผสมให้ต่ำลง ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำมาก (Connick and Vanhelrijck, 1991; Marshall *et al.*, 2003) การใช้สารให้ความหวานมากเกินไปในไอศกรีมจึงส่งผลให้ไอศกรีมละลายเร็ว เนื้อไอศกรีมฉ่ำ และทำให้ไอศกรีมมีรสหวานมากเกินไป (Soukoulis *et al.*, 2010)

สารให้ความหวานมีหลายชนิด จัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ (กล้าณรงค์, 2542) คือ

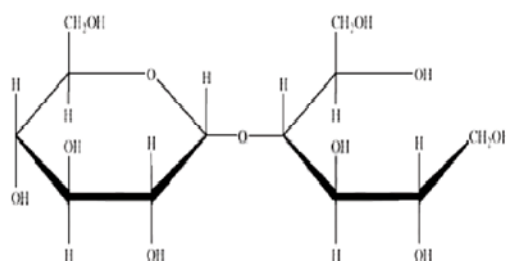
4.1.1 สารให้ความหวานที่ให้พลังงาน

สารให้ความหวานที่ให้พลังงาน (nutritive sweeteners) หมายถึง สารให้ความหวานที่ให้ความหวานและให้พลังงานด้วย เช่น ซูโครส ฟรุกโทส ซอร์บิทอล แมนนิทอล แล็กทิทอล และมอลทิทอล โดยกลุ่มหนึ่งคือ กลูโคส ฟรุกโทส ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัมตามปริมาณที่ควรได้รับการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรต และอีกกลุ่มหนึ่งที่ให้พลังงานต่ำกว่าจากการดัดแปรโครงสร้างโมเลกุล เช่น ประเภตน้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohol) ให้พลังงาน 1.6-2.6 กิโลแคลอรีต่อกรัม และมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่าเนื่องจากการสลายเป็นกลูโคสได้ช้ากว่า ดังนั้นจะมีผลต่อการหลังของฮอร์โมนอินซูลินน้อยกว่าด้วย สำหรับสารให้ความหวานหลายประเภทย่อยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ คือ น้ำตาลทรายหรือซูโครส และมอลทิทอล

1) ซูโครส (sucrose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส และฟรุกโทส น้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำตาลทรายที่ใช้ในครัวเรือน เมื่อเผาผลาญจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม

2) มอลทิทอล (maltitol) เป็นสารให้ความหวานที่เป็นสารประกอบประเภทแอลกอฮอล์ของ

น้ำตาล (polyol) มีสูตรทางเคมี คือ $C_{12}H_{24}O_{11}$ มีรสหวานธรรมชาติ ใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส คือ ประมาณ 80- 90% ทำให้ปริมาณในการใช้ใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส และเป็นสารให้เนื้อกับไอศกรีมได้อีกด้วย มีความคงตัวในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน การผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) และการตี (whipping) ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและการละลายเมื่อใช้ในไอศกรีม สามารถทนความร้อนได้สูง โดยไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาล และมีน้ำหนักโมเลกุลและจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส แต่ให้พลังงานต่ำกว่า สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครสเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 62 องศาเซลเซียส และสามารถละลายได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดอื่น



ภาพที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลของมอลทิทอล

ที่มา: Li *et al.* (2007)

ร่างกายดูดซึมมอลทิทอลได้อย่างช้า ๆ จึงเกิดการย่อยสลายได้พลังงานออกมาน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส มอลทิทอลให้พลังงานเพียง 2.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดย FDA (Food and Drug Administration) ยังไม่มีกำหนดให้ระบุบนฉลากผลิตภัณฑ์เมื่อใช้มอลทิทอล แต่สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ระบุว่าเป็น ผลิตภัณฑ์ลดพลังงาน “reduced calorie” ในประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้ใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลได้ไม่เกิน 25% นอกจากนี้ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือดแล้วมอลทิทอลยังให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลธรรมดาถึงประมาณครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้ยังเป็นน้ำตาลที่ไม่ให้ความเย็นซ่า ในขณะที่น้ำตาล polyol ตัวอื่น ๆ มักจะให้ความเย็นซ่าด้วย ไม่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดอีกทั้งยังเป็นน้ำตาลที่เชื้อจุลินทรีย์ในปากนำไปใช้ไม่ได้ จึงไม่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ โดยได้รับการรับรองจาก American Dental Association และ FDA ว่าไม่ก่อให้เกิดฟันผุ

ตารางที่ 3 ความหวานของน้ำตาลแอลกอฮอล์เปรียบเทียบกับสารละลายซูโครส

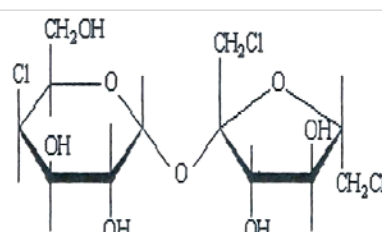
น้ำตาล	ระดับความหวาน (%)
sucrose	100
xylitol	80 - 100
maltitol	80 - 90
sorbitol	50 - 60
mannitol	50 - 60
lactitol	30 - 40

หมายเหตุ สารละลายซูโครสที่ระดับ 10% ในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
ที่มา: ปิยะธิดา (2551)

4.1.2 สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน

สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน (non-nutritive sweeteners) หรือ ให้พลังงานต่ำ เช่น แซคคารีน (ซันทอสกร) แอสปาร์เทม ซูคราโลส อะซีซัลเฟม-เค สตีเวียโอไซด์ สารให้ความหวานกลุ่มนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยเบาหวาน เนื่องจากไม่ให้พลังงาน หรือให้น้อยมาก สารให้ความหวานกลุ่มนี้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย คือ ซูคราโลส

ซูคราโลส (sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ทำจากน้ำตาลปกติแล้วนำมาปรับปรุงโครงสร้างให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงมีรสคล้ายน้ำตาลมาก แต่ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุ และสามารถปรุงอาหารร้อนบนเตาได้ การปรับปรุงโครงสร้างให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้โดยแทนที่กลุ่มของไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมคลอรีน ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำตาล แต่ยังคงให้รสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล ซูคราโลสมีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาวร่วน มีความหวาน 400 ถึง 800 เท่า ของของน้ำตาลทราย และละลายน้ำได้ดีมาก ประมาณ 2% ที่ 20 องศาเซลเซียส ความคงตัวดี สามารถจะรวมตัวกับผลิตภัณฑ์ทางอาหารและเครื่องดื่ม และสามารถใช้ปรุงอาหารร้อนบนเตาได้โดยไม่สูญเสียความหวาน แม้ว่าโครงสร้างของซูคราโลสคล้ายกับน้ำตาลปกติ แต่ก็ไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหรือระดับอินซูลิน จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และโรคอ้วน (สุชาติดา, 2548)



ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของซูคราโลส
ที่มา: เจนจิรา (2549)

4.2 การลดน้ำตาลในไอศกรีม

การลดปริมาณน้ำตาลในไอศกรีม โดยเฉพาะการใช้สารให้ความหวานที่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลมาก มีผลทำให้ปริมาณของแข็งบางส่วนหรือทั้งหมดหายไป ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสฉิวหายาบ เนื้อไม่แน่น เกิดฟลักน้ำแข็ง และคุณภาพด้อยลงในเรื่องของความหวาน กลิ่นรส และความรู้สึกในปาก การลดน้ำตาลในไอศกรีมจึงจำเป็นต้องปรับปรุงในด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสตามที่กล่าวมาข้างต้นด้วย เช่น การใช้สารเพิ่มเนื้อ (bulking agent) เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่หายไปจึงช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัส และให้ความหนืด รวมทั้งช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีม (Arbuckle, 1986) Bordi *et al.* (2004) ทดลองใช้มอลทิทอลในไอศกรีมวานิลลาปราศจากน้ำตาลและทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 22 คน อายุระหว่าง 20-26 ปี ผลการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างไอศกรีมวานิลลาที่เป็นสูตรพื้นฐานและไอศกรีมวานิลลาปราศจากน้ำตาลที่ทดลอง แต่ไม่แตกต่างในด้านลักษณะปรากฏ ไอศกรีมปราศจากน้ำตาลให้รสหวานน้อยกว่าไอศกรีมวานิลลาสูตรพื้นฐาน และพบว่าได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าสูตรพื้นฐาน ซึ่งอาจเป็นเพราะไอศกรีมวานิลลาสูตรพื้นฐานมีความหวานมากเกินไป ดังนั้นชี้ให้เห็นแนวโน้มว่าผู้บริโภคอาจต้องการไอศกรีมที่มีความหวานน้อย

5. การลดไขมันในไอศกรีม

ไขมันในไอศกรีมจัดเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ อีกทั้งยังเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของไอศกรีมและใช้ในการจัดระดับของไอศกรีมอีกด้วย The International Ice Cream Association ได้เสนอมาตรฐานของไอศกรีมโดยกำหนดให้ไอศกรีมที่มีไขมันสูง (full fat) ต้องมีไขมันไม่ต่ำกว่า 8% ส่วนผลิตภัณฑ์ลดไขมัน (reduced fat) ต้องมีไขมันระหว่าง 2-7% และไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ (low fat) มีไขมัน 0.2-2% รวมทั้งไอศกรีมที่ปราศจากไขมัน (fat free) ต้องมีไขมันน้อยกว่า 0.5%

ไขมันที่ใช้ในไอศกรีมแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือไขมันนมที่ได้จากมันเนย นำนม ครีม และนมข้น ซึ่งไขมันจากนมจะให้กลิ่นรสในไอศกรีม ส่วนการใช้ไขมันชนิดอื่น เช่น ไขมันพืชจากน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว หรือน้ำมันถั่วเหลือง หรืออื่นๆ จะไม่ให้กลิ่นรสในไอศกรีม แต่ให้ต้นทุนที่ต่ำกว่า และไม่มีคอเลสเตอรอล

ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปาก เนื่องจากไขมันเป็นโครงสร้างที่ช่วยห่อหุ้มอากาศ ทำให้ฟองอากาศกระจายตัว ให้ความรู้สึกลิ้น เคลือบมัน เรียบเนียน และปรับปรุงการละลายในปาก นอกจากนี้ยังให้ในเรื่องของกลิ่นรส และเป็นตัวพาสารให้กลิ่นรสระหว่างที่ไอศกรีมละลายในปาก หากมีไขมันไม่เพียงพอ กลิ่นรสอาจถูกปลดปล่อยออกมาเร็วกว่าปกติ ทำให้สามารถรับรู้รสได้เร็ว แต่ช่วงระยะเวลาการรับรู้รสสั้นกว่า อาจไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค ไอศกรีม (Goff and Hartel, 2004)

5.1 ความหมายและชนิดของสารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมัน (fat replacer หรือ fat substitute) หมายถึง สารเคมีที่มีสมบัติบางประการคล้ายไขมัน ที่อาจนำมาใช้ในการทดแทนไขมันบางส่วนหรือทั้งหมดในการผลิตอาหารได้ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากไขมัน สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากโปรตีน และสารทดแทนไขมันที่ผลิตจากคาร์โบไฮเดรต ดังนี้

5.1.1 สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากไขมัน (fat-based fat replacer) เป็นสารทดแทนไขมันที่ได้จากการปรับปรุงโครงสร้างไขมันหรือเลียนแบบไขมันตามธรรมชาติที่สามารถทนต่อการย่อยของน้ำย่อยในร่างกาย เพื่อส่งผลไม่ให้อิ่มท้องหรือให้อิ่มท้องน้อยกว่าไขมันทั่วไป (Kavas *et al.*, 2004) ตัวอย่างเช่น Olestra, EPG (esterified propoxylate glycerol), DDM (dialkyl dihexadecylmalonate), TATCA (trialkoxycarballoylate) เป็นต้น

5.1.2 สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากโปรตีน (protein-based fat replacer) เป็นสารทดแทนไขมันที่เป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งจะให้ความรู้สึกคล้ายครีม สามารถผลิตได้จากโปรตีนในนมและไข่ ซึ่งผ่านกระบวนการแยกไขมันออกแล้ว เช่น Simplesse[®], Prolo 11 เป็นต้น โดยสารทดแทนไขมันที่ผลิตจากโปรตีน 1 กรัม ผสมน้ำ 2 ถ้วย สามารถทดแทนไขมันได้ 3 กรัม ทำให้ลดพลังงานจาก 27 กิโลแคลอรีเหลือเป็น 4 กิโลแคลอรี (Yazici and Akun, 2004) นอกจากนี้ยังมีสารทดแทนไขมันที่ผลิตจากโปรตีนชนิดอื่นๆที่นำมาใช้ทดแทนไขมันได้ เช่น เวย์โปรตีน (whey protein) เวย์โปรตีน คือ โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนในนม มีลักษณะเป็นทรงกลม (globular protein) ประกอบด้วย เบต้า-แลกโทโกลบูลิน (β -lactoglobulin) แอลฟา-แลกโทบูมิน (α -lactalbumin) โบวีนซีรัมอัลบูมิน (bovine serum albumin) และ อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารฟังก์ชัน และนิยมใช้แทนนมในผลิตภัณฑ์นม เวย์โปรตีนจัดว่ามีคุณค่าอาหารสูง และเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี

เวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) สกัดได้จากเวย์ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเนยแข็ง (cheese) มีปริมาณแลคโทสและไขมันต่ำ ส่วนปริมาณโปรตีนขึ้นกับการนำไปใช้ เวย์โปรตีนมีปริมาณโปรตีนตั้งแต่ 30-85% ผลิตโดยการนำเวย์มาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ พาสเจอร์ไรส์แบบอัลตราฟิลเตรชัน (ultrafiltration) หรือการใช้ electrodialysis หรือการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) หรือการตกผลึก เพื่อแยกเอาน้ำตาลแลคโทสและแร่ธาตุต่างๆออกไป จากนั้นระเหยน้ำออกเพื่อทำให้เข้มข้นขึ้นก่อนการทำแห้งเป็นผง ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลายชนิด เช่น เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมลูกกวาด ผลิตภัณฑ์เนื้อ เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์นมและขนมหวาน

เวย์โปรตีนไอโซเลตเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในไอศกรีม จะทำหน้าที่ในการจับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นตัวช่วยให้เกิดโฟมของไอศกรีม ทำให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวได้ดี เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความเหนียวละเอียด และไม่อ่อนตัว นอกจากนี้เมื่อโปรตีนจับกับโครงสร้างไขมันในส่วนผสมที่แตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆ เกาะกันเป็นเส้นสายและกระจายตัวอยู่ในส่วนผสม จะส่งผลให้เส้นสายของเม็ดไขมันเหล่านี้มีความคงตัวช่วย

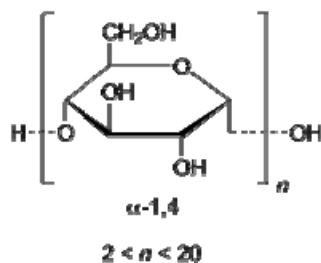
ในการเก็บอากาศในขณะแช่แข็งไอศกรีมได้ดีขึ้น ทำให้การขึ้นฟูของไอศกรีมเพิ่มขึ้น Patel *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลกระทบของการเติมเวย์โปรตีนในไอศกรีมนมกลั่นวานิลลา โดยการผลิตไอศกรีมให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 30, 60, และ 90% ผลการทดสอบพบว่าไอศกรีมนมกลั่นวานิลลาที่เติมเวย์โปรตีนมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะมีผลทำให้ไอศกรีมเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ช้าลง นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งสูงขึ้นซึ่งน่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการแช่เยือกแข็ง และช่วยลดความเสียหายระหว่างการขนส่งไอศกรีมให้น้อยลง ลดขนาดผลึกน้ำแข็งที่เกิดในเนื้อไอศกรีมให้เล็กลง และกระจายตัวได้สม่ำเสมอมากขึ้น ลดอัตราการเกิด recrystallization ขณะเก็บรักษา หรือการเกิดสภาพ heat shock ลดน้อยลงซึ่งอาจช่วยส่งผลให้การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมที่ผ่านเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น

5.1.3 สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate-based fat replacer)

สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากคาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิด เช่น มอลโทเดกซ์ตริน เดกซ์ตริน สารจำพวกเซลลูโลส กัม อินูลิน โพลีเดกซ์ไทรส และสตาร์ชนิดต่างๆ นอกจากทดแทนสมบัติบางประการของไขมันแล้วสารกลุ่มนี้ยังให้ความหนืดแก่อิสกรีมเหลว ทำให้โฟมที่เกิดขึ้นในไอศกรีมมีความคงตัวมากขึ้น

5.1.3.1 มอลโทเดกซ์ตริน (maltodextrin) คือ โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เกิดจากระบวนการไฮโดรไลซ์สตาร์ด้วยกรดหรือเอนไซม์ประกอบด้วยโมเลกุลของ D-glucose เรียงต่อกัน มีค่า Dextrose Equivalent (DE) ต่ำกว่า 20 มีสูตรทางเคมี คือ $(C_6H_{12}O_5)_nH_2O$ สามารถเตรียมได้ในลักษณะผงสีขาวหรือสารละลายเข้มข้นมอลโทเดกซ์ตริน ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนและคงตัวขึ้น ใช้ทดแทนไขมันโดยละลายน้ำในอัตราส่วนน้ำ 3 ส่วนต่อมอลโทเดกซ์ตริน 1 ส่วน มอลโทเดกซ์ตรินที่มี DE ต่ำ มีสมบัติในการทดแทนไขมันได้ดีว่าที่มี DE สูง ตัวอย่างมอลโทเดกซ์ตรินทางการค้า เช่น Paselli SA2, Matrin M040 และ Star Dri[®]

มอลโทเดกซ์ตรินยังมีสมบัติการเพิ่มเนื้อ (bulking agent) ที่เติมลงในไอศกรีมลดไขมันเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีม เนื่องจากไอศกรีมที่มีการลดไขมันมักมีปริมาณของแข็งบางส่วนหายไป ปริมาณน้ำในสูตรเพิ่มขึ้น และพัฒนาเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ได้มากขึ้น ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบ คุณภาพทางด้านกลิ่นรสและความรู้สึกในปากด้อยลง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



ภาพที่ 4 โครงสร้างโมเลกุลของมอลโทเดกซ์ตริน

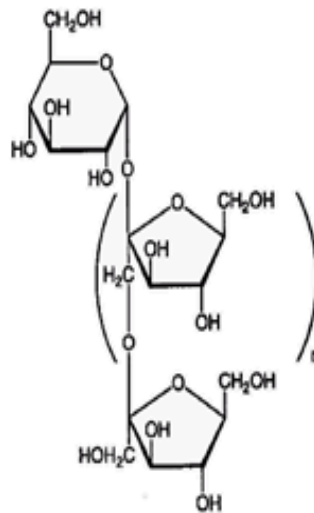
ที่มา : <http://en.wikipedia.org/wiki/Maltodextrin> วันเข้าถึง 15 ก.พ.2556

5.1.3.2 อินูลิน (inulin) อินูลินสามารถใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (bulking agent) ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อใช้ทดแทนในส่วนที่ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) หายไป อินูลินพบในพืชสายพันธุ์ *Liliales* เช่น leek, onion, garlic และ asparagus หรือสายพันธุ์ *Compositae* เช่น Jerusalem artichoke และ chicory อินูลินทำหน้าที่เหมือนคาร์โบไฮเดรตสำรองที่เก็บไว้เพื่อให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงฤดูหนาว (Roberfrid, 1993) ดังตารางที่ 4 ซึ่งแสดงปริมาณ อินูลิน และโอลิโกฟรุคโทสในพืชผักต่าง ๆ Jerusalem artichoke และ chicory จัดเป็นพืชที่มีปริมาณอินูลินสูงมากกว่า 15% จึงเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ chicory มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cichorium intybus* จัดเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตในปัจจุบัน chicory มีรูปร่างหน้าตาเหมือน sugar beets (ภาพที่ 7) มีปริมาณอินูลินค่อนข้างสูง (มากกว่า 70% โดยน้ำหนักแห้ง) และมีปริมาณอินูลินค่อนข้างคงที่ในแต่ละปี (Orafti, 1998)



ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของ chicory (*Cichorium intybus*)
ที่มา: จุฑารัตน์ (2549)

อินูลินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในพืช (storage polysaccharide) และเป็นโพลิเมอร์ของฟรุคแทน (polydispersed fructan) ที่มี DP (degree of polymerization) อยู่ระหว่าง 2-60 ส่วนมากจะเป็นเส้นตรงโดยโมเลกุลของฟรุคโทสจับกันด้วยพันธะ β -D (2 $\rightarrow$ 1) fructofuranosyl และอาจมีโมเลกุลของกลูโคสจับอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งของโมเลกุล ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โครงสร้างโมเลกุลของอินูลิน
ที่มา: Phillips and Williams (2000)

อินูลินเกิดเจล และเจลสามารถเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ชนิด โมโน- และได-วาเลนต์แคทไอออน (mono-and di-valent cations) เช่น การใช้เจลาติน เจลแลนกัม (gellan gum) อัลจิเนต คาราจีแนน มอลโตเดกซ์ทริน อย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกับอินูลิน ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น และมีลักษณะแตกต่างไปจากการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ หรืออินูลินเพียงอย่างเดียว (Morris and Brownsey, 1995) ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีหน้าที่เฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหารไฮโดรคอลลอยด์บางชนิดอาจทำหน้าที่เพียงอย่างเดียว เช่น เป็นสารเพิ่มความหนืด แต่บางชนิดสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น เป็นทั้งสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และเป็น gelling agent ด้วย (นิธิยา, 2545) ในกระบวนการผลิตไอศกรีมมีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งเรียกว่าสารให้ความคงตัว หากใช้ร่วมกับ อินูลินอาจมีผลต่อคุณสมบัติการเกิดเจลของอินูลิน มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมด้วย สารให้ความคงตัวแต่ละชนิดมีลักษณะเด่นและด้อยแตกต่างกัน ในทางการค้ามักผสมสารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการ (Marshall *et al.*, 2003)

คุณประโยชน์ทางด้านโภชนาการของอินูลิน เนื่องจากโมเลกุลของอินูลินประกอบด้วยพันธะ β -D (2 $\rightarrow$ 1) fructofuranosyl ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่มีเอนไซม์สำหรับย่อยพันธะนี้ เมื่ออินูลินผ่านระบบทางเดินอาหาร อินูลินจึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ดังนั้นอินูลินจึงมีสมบัติเป็นเส้นใยอาหารช่วยบรรเทาอาการท้องผูก และเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระทำให้สามารถขับถ่ายได้ง่าย อินูลินให้พลังงานต่ำ พลังงานที่ได้ขึ้นอยู่กับกรดไขมันที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ในลำไส้ใหญ่ เช่น กรดบิวทิริก ซึ่งร่างกายดูดซึมไปใช้บางส่วนให้พลังงานประมาณ 1.50 kcal/g (หรือ 6.30 kJ /g) การที่อินูลินไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร คนที่เป็นโรคเบาหวานจึงสามารถรับประทานอินูลินได้เพราะไม่มีผลกระทบต่อการหลั่งฮอร์โมน Insulin อินูลินผ่านทางเดินอาหารเข้า

สู่ลำไส้ใหญ่ซึ่งเป็นบริเวณที่มีจุลินทรีย์อาศัยอยู่จำนวนมาก และเกิดกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์กลุ่ม Bifidobacteria ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก (probiotic) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายทำให้เกิดกรดแลคติก กรดไขมันสายสั้น (Short Chain Fatty Acids, SCFA) เช่น อะซิเตทโพรไพโอเนต บิวทิเรต และก๊าซบางชนิด เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนโดยทั่วไปคุณสมบัติของใยอาหารสามารถจับกับไอออนของโลหะ และพบว่าใยอาหารจะลดการดูดซึมแร่ธาตุของลำไส้เล็ก แต่กรดที่เกิดขึ้นทำให้ความเป็นกรด-ด่างของลำไส้ลดลง 1-2 หน่วย มีผลให้การละลายของเกลือของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียมฟอสเฟตเพิ่มขึ้น และบิวทิเรตที่เกิดขึ้นช่วยกระตุ้นให้เซลล์เยื่อบุลำไส้แผ่กระจายทั่ว จึงทำให้ความสามารถในการดูดซึมของเซลล์เยื่อบุลำไส้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระหว่างกระบวนการหมักสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอินูลินและแร่ธาตุสลายตัวทำให้แร่ธาตุถูกปล่อยออกมาจึงสามารถดูดซึมได้ดีขึ้นอีกด้วย (Roberfroid, 1993)

ตารางที่ 4 ปริมาณของอินูลิน และโอลิโกฟรุคโตสในพืชผักต่าง ๆ

แหล่ง	อินูลิน (%)	โอลิโกฟรุคโทส (%)
Wheat	1- 6	1-4
Onion	2-10	2-6
Leek	3-16	2-15
Garlic	9-11	3-6
Banana	0.3-0.7	0.3-0.7
Asparagus shoot	1-4	2-3
Jerusalem artichoke	16-20	16-20
Chicory	15-20	5-10

ที่มา: Coussement (1999)

5.2 ผลการใช้สารทดแทนไขมันในไอศกรีม

ปัญหาที่มักพบกับไอศกรีมที่มีการลดไขมัน คือ การเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาหรือระหว่างการขนส่ง (heat shock) ส่งผลให้ผลึกน้ำแข็งส่วนที่มีขนาดเล็กหลอมละลาย และรวมตัวกันเป็นผลึกขนาดใหญ่ ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบ และหากเกิด heat shock หลายๆ ครั้ง อาจทำให้ไอศกรีมเกิดการยุบตัวลงได้ (Soukoulis *et al.*, 2010)

การลดไขมันในไอศกรีมมักส่งผลทำให้ไอศกรีมมีลักษณะด้อยลงในด้านลักษณะปรากฏ ไอศกรีมเป็นเกล็ดน้ำแข็งมากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสหยาบ ความรู้สึกในปากด้อยลง การรับกลิ่นรสไม่ดี เนื่องจากไขมันเป็นตัว

พากลืนรส และห่วงกลืนรระหว่างไอศกรีมละลายในปาก ดังนั้นไอศกรีมที่ลดไขมันจึงมีแนวโน้มที่จะมีการปล่อยกลืนรสออกมาเร็วและจางหายไปเร็ว จนอาจไม่เป็นพึงพอใจของผู้บริโภค

จากข้อมูลดังกล่าวการนำใยอาหารมาใช้ในไอศกรีมที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ จึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้ที่เป็นโรคเบาหวานและที่มีภาวะน้ำหนักเกิน กล่าวคือ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ในคนไข้เบาหวานที่รับประทานใยอาหาร 8-20 กรัมต่อ 100 กรัมของคาร์โบไฮเดรตจะสามารถลดระดับกลูโคสและอินซูลินได้ 20-50% และใยอาหารชนิดละลายน้ำจะช่วยเพิ่ม glucose tolerance ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะมีผลเพียงเล็กน้อย ใยอาหารชนิดละลายน้ำสามารถช่วยลดระดับแอลดีแอลโคเลสเตอรอลและปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดในเลือดได้ อาทิเช่นการบริโภคใยอาหารในข้าวโอ๊ตและเบต้ากลูแคนปริมาณ 3-15 กรัมต่อวันจะสามารถช่วยลดโคเลสเตอรอล ได้ 5-15% ซึ่งจะเห็นชัดในคนที่มีระดับโคเลสเตอรอลสูงในเลือด ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส และ wheat bran ไม่มีผลต่อระดับโคเลสเตอรอลในเลือด (ประสงค์, 2551)

6. แนวคิดของการพัฒนาอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ และมีไขมันต่ำ

อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ (low carbohydrate) หรือที่มักเรียกกันว่า อาหารโลว์คาร์บ (low carb diet) เป็นอาหารสุขภาพที่ได้รับความนิยมมากในระยะหลัง โดยเฉพาะในการนำไปใช้กับอาหารควบคุม น้ำหนักและอาหารสำหรับโรคเบาหวาน และมีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปทั้งประเภทแช่แข็งและอาหารสำเร็จรูปหรือในโปรแกรมอาหารพิเศษต่างๆในต่างประเทศ โดยมีแนวคิดมาจากการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเมื่อถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะส่งผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น และการที่ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจะกระตุ้นให้ร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินเพื่อกระตุ้นให้มีการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ เพื่อลดระดับน้ำตาลในเลือดให้กลับคืนสู่ระดับปกติ อย่างไรก็ตามอินซูลินนอกจากจะมีบทบาทกระตุ้นการนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ ในเวลาเดียวกันอินซูลินยังกระตุ้นให้เกิดการสร้างไขมันมากขึ้น และลดการสลายไขมันให้น้อยลง เพื่อเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการนำน้ำตาลในเลือดไปใช้ประโยชน์เพื่อไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป ด้วยเหตุนี้การบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง โดยเฉพาะอาหารจำพวกแป้งและน้ำตาล นอกจากจะส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นแล้ว ยังกระตุ้นให้เกิดการสร้างไขมันมากขึ้นด้วยซึ่งจะนำไปสู่โรคอ้วนได้ง่าย นอกจากนี้ไขมันที่ถูกสร้างในตับยังสามารถถูกส่งไปในกระแสเลือดไปยังอวัยวะอื่น เช่น หัวใจ กล้ามเนื้อตับอ่อน ซึ่งจะส่งผลให้อวัยวะนั้นเสื่อมสมรรถภาพ นอกจากนี้การกระตุ้นให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินบ่อยๆจากการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงยังสามารถนำไปสู่ภาวะดื้ออินซูลิน (insulin resistant) ซึ่งนำไปสู่โรคเบาหวานได้อีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามก็ยังมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันในเรื่องของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารว่าจะให้มีปริมาณต่ำเพียงไร

ดัชนีน้ำตาลในเลือด (Glycemic Index; GI)

คือ ดัชนีที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตว่าเมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดเพียงไร โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส หรือขนมปังขาวซึ่งมีค่า GI เท่ากับ 100 โดยการวัดระดับน้ำตาลในเลือดหลังการรับประทานอาหารนั้น 2-3 ชั่วโมง

การทราบคุณภาพ ของคาร์โบไฮเดรตในอาหารแต่ละชนิดจะช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวาน และผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดสามารถเลือกชนิดของอาหารที่จะบริโภคให้เหมาะสมมากขึ้น ซึ่งนักโภชนาการนิยมนำค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index) มาใช้ในการจัดลำดับคุณภาพของสารคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งกลุ่มอาหาร ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตตามค่า GI ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. อาหารที่มีค่า GI ต่ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 55 หรือ น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน อาหารที่มีค่า GI ต่ำ เช่น ถั่วชนิดต่างๆ ผัก และอาหารที่มีเส้นใยสูง เมล็ดธัญพืช (cereal grain) ที่มีน้ำตาลต่ำ โยเกิร์ต (yogurt) ไขมันต่ำและไม่หวาน เกรฟฟรุต แอปเปิล และมะเขือเทศ เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

ตารางที่ 5 อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ

Food	GI	Food	GI
Toasted and salted peanuts	14	Noodles	40
Cherries	22	White spaghetti	41
Red lentils	26	Peaches	42
Whole milk	27	Porridge made with water	42
Dried apricots	31	Lentil soup	44
Butter beans	31	Banana	55
Skimmed milk	32	Sweetcorn	55

ที่มา : วิภา (2549)

2. อาหารที่มีค่า GI ปานกลาง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ของระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 56-69 เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน อาหารที่มีค่า GI ปานกลางจะเป็นอาหารประเภทเส้น ถั่วคั่ว ถั่วฝักยาว มันเทศ น้ำส้มคั้น บลูเบอรี่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดคั่ว ซุปถั่ว whole wheat และข้าวกล้อง เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

ตารางที่ 6 อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง

Food	GI	Food	GI
Basmati Rice	58	Couscous	65
Honey	58	Rye bread	65
Digestive biscuit	59	Pineapple, fresh	66
Cheese and tomato pizza	60	Cantaloupe melon	67
Ice cream	61	Croissant	67
New potatoes	62	Shredded wheat	67
Coca cola	63	Mars bar	68
Apricots, canned in syrup	64	Ryvita	69
Raisins	64	Crumpet, toasted	69
Shortbread biscuit	64	Weetabix	69

ที่มา: วิภา (2549)

3. อาหารที่มีค่า GI สูง จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดเท่ากับ 70 หรือมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอาหารที่มีค่า GI สูงได้แก่ ขนมปังขาว corn-freak ข้าวเม็ล็ดสั้น มันฝรั่งอบ มันฝรั่งทอด rice cake ไอศกรีม ลูกเกด ผลไม้อบแห้ง กล้วย แครอท ผลไม้ที่มีรสหวาน เช่น แอปเปิ้ล เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2556)

ตารางที่ 7 อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง

Food	GI	Food	GI
Mashed potato	70	Jelly beans	80
White bread	70	Rice cakes	82
Watermelon	72	Rice Krispies	82
Swede	72	Cornflakes	84
Bagel	72	Jacket potato	85
Bran flakes	74	Puffed wheat	89
Cheerios	74	Baguette	95
French fries	75	Parsnips, boiled	97
Coco Pops	77	White rice, steamed	98

ที่มา: วิภา (2549)

ปัจจัยหลายอย่างสามารถส่งผลให้อาหารชนิดเดียวกัน มีค่า GI แตกต่างกันได้ เช่น มีรายงานว่า ข้าวเหนียว และข้าวแอมิโลสต่ำจะมีค่า GI สูงกว่าข้าวที่มีแอมิโลสปานกลางและแอมิโลสสูง และยังพบว่า ข้าวแอมิโลสสูงหรือแอมิโลสปานกลาง เมื่อนำมาทำเป็นข้าวหึ่ง (parboiled rice) หรือทำเป็นก๋วยเตี๋ยว จะมีผลทำให้ GI มีค่าลดลง นอกจากนี้ในกลุ่มของข้าวที่มีแอมิโลสสูง แต่มีอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ (gelatinization temperature) และความแข็งของเจลแบ่งแตกต่างกัน ก็จะทำให้ค่า GI ที่แตกต่างกันด้วย หรือในผลไม้ประเภท “กล้วย” มีรายงานว่าระดับความสุกมีผลต่อค่า GI โดยกล้วยดิบมีค่า GI ต่ำกว่ากล้วยสุก ทั้งนี้เป็นเพราะในกล้วยดิบมีสตาร์ช เป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 80-90 ซึ่งเมื่อกล้วยสุกมากขึ้นสตาร์ชจะเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาลอิสระมากขึ้น ทำให้การย่อย และการดูดซึมเกิดได้เร็วขึ้น หรือในผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลี พบว่า การใช้แป้งสาลีในรูปที่เป็นแป้งละเอียดจะมีค่า GI สูงกว่าในรูปที่เป็นแป้งบดหยาบ เป็นต้น

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว มีรายงานว่าอัตราการย่อย มีความสัมพันธ์กับค่า GI ด้วย พบว่า อาหารที่บริโภคพร้อมกับอาหารชนิดอื่นในแต่ละมื้อ จะมีผลต่ออัตราการย่อย และทำให้ GI ดั้งเดิมเปลี่ยนแปลงไป เช่น เกล็ด แยม ซึ่งเป็นอาหารที่มีค่า GI สูงเมื่อนำไปรับประทานร่วมกับอาหารชนิดอื่น เช่น ขนมปัง จะทำให้การย่อยช้าลง และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดลดลง ส่วนอาหารที่มีองค์ประกอบของไขมันสูง เช่น ช็อกโกแลต ไข่กรอก และถั่วคั่ว มักมีอัตราการย่อยต่ำ อาหารเหล่านี้แม้ว่าจะเป็นอาหารที่มีค่า GI ต่ำ แต่การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงอยู่เป็นประจำ จะเกิดการสะสมของไขมันตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย และ

เสี่ยงต่อการเป็นโรคอ้วน ซึ่งหากคนที่เป็นโรคอ้วนบริโภคอาหารที่มีค่า GI สูง จะยิ่งเป็นการเพิ่มภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจสูงขึ้น การบริโภคอาหารที่มีค่า GI ต่ำจะเกิดผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ควบคุมระดับคอเลสเตอรอล ควบคุมความอยากอาหารลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ และโรคเบาหวาน แต่ทั้งนี้ต้องควบคุมปริมาณการบริโภคให้เหมาะสมด้วย แต่การบริโภคอาหารที่ยืด GI ต่ำ และหลีกเลี่ยงอาหารกลุ่มอื่นๆ อาจมีผลต่อการขาดโภชนาการได้ (วิภา, 2549)

7. สมุนไพร

7.1 ความหมายและชนิดของสมุนไพร

ราชบัณฑิตยสถาน (2546) ได้ให้ความหมายของคำว่า “สมุนไพร” หมายถึงผลิตภัณฑ์ได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ที่ใช้เป็นยา หรือ ผสมกับสารอื่นตามตำรับยา เพื่อบำบัดโรค บำรุงร่างกาย หรือใช้เป็นยาพิษ เช่น กระเทียม น้ำผึ้ง เขากวางอ่อน โลชั่น

สมุนไพรสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหาร ได้ดังนี้

- 1) เป็นอาหารโดยตรง ซึ่งพืชสมุนไพรพืช ในหลายๆชนิดจะประกอบด้วยสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ ซึ่งสารอาหารจากพืชเครื่องเทศและ สมุนไพรเหล่านี้ จะเสริมสร้างความเจริญเติบโตให้กับร่างกาย ควบคุมระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ให้เป็นปกติ และสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานต่อเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ อีกทั้งพืชเครื่องเทศและสมุนไพรยังมี เส้นใยอาหารที่ช่วยในเรื่องการดูดซับไขมัน และช่วยทำความสะอาดในระบบขับถ่าย
- 2) ใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร เช่น ลูกจันทน์ ดอกจันทน์ กานพลู ใช้เป็นส่วนผสม
- 3) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร
- 4) ใช้ในการถนอมอาหาร
- 5) ใช้ปรุงแต่งกลิ่น สี รส ของอาหาร ดังนี้
 - 5.1) ลูกจันทน์ แต่งกลิ่นของขนมพุดดิ้ง ขนมปัง เนย ไส้กรอก แฮม เบคอน
 - 5.2) ขมิ้น ใช้แต่งสี กลิ่นรสของอาหารเนื้อสัตว์ เช่นแกงเหลือง แกงไตปลา
 - 5.3) พริก หอม ผักชี ตะไคร้ สะระแหน่ ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารประเภทยำ
 - 5.4) กระวานใช้ดับกลิ่นคาวของอาหาร
 - 5.5) ผักชีลาว ใช้ในการแต่งกลิ่นในแกงอ่อม
 - 5.6) ย่านาง ใช้ลดความเผื่อนของแกงหน่อไม้
 - 5.7) เติย อัญชัน ข้าวเหนียวดำ ใช้แต่งสีขนม
 - 5.8) มะกรูด มะนาว ใช้แต่งกลิ่นและรสของอาหาร

ตลาดผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพรมีอัตราการเติบโตสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว คาดว่ามูลค่าตลาดรวมในประเทศไทยปี 2547 สูงเกือบ 40,000 ล้านบาท และการส่งออกช่วง 2 เดือนแรกของปี 2547 มีมูลค่าส่งออก 7.80 ล้านดอลลาร์ เทียบกับช่วงเดียวกันในปีก่อน มีอัตราเพิ่มขึ้น 13% และมูลค่าการส่งออกของเครื่องเทศและสมุนไพรมีอัตราเพิ่มขึ้น 11.20% ด้วยเช่นกันเมื่อเทียบกับปี 2545 ประเทศไทยมีพืชสมุนไพรที่รับประทานเป็นอาหารจำนวนมากและหลากหลายชนิด และมีความเชื่อว่ามีสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพที่มีแนวโน้มในการช่วยป้องกันโรคหลายชนิด พืชสมุนไพรที่ใช้กันทั่วไป ประกอบด้วย ขมิ้น ขิง มะตูม (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2545)

7.2 ประเภทของสมุนไพร

แบ่ง ดังนี้

- 7.2.1 พืชสมุนไพร ได้แก่ พืชผักสวนครัว พืชพันธุ์ไม้ ที่สามารถนำส่วนประกอบต่าง ๆ มาทำยาได้
- 7.2.2 สมุนไพรที่เป็นสัตว์ เช่น กระจูด เขา หนัง ดีของสัตว์ และสัตว์ที่ใช้ทั้งตัวเพื่อนำมาทำเป็นตัวยา เช่น ม้าน้ำ ไก่เลียงผา เป็นต้น
- 7.2.3 แร่ธาตุที่นำมาผสม เช่น น้ำปูนใส ดีเกลือ เกลือแกง การบูร พิมเสน
- 7.2.4 วัตถุธาตุ คือ ตัวยาสมุนไพรที่นำมาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์เอนกประสงค์นานาชนิด ซึ่งการแปรรูปอาจมีตัวทำลาย และการใช้ความร้อน

7.3 การใช้พืชสมุนไพรในไอศกรีม

พืชสมุนไพรเป็นส่วนประกอบที่เป็นเอกลักษณ์ของอาหารไทยมาเป็นเวลาช้านาน ซึ่งส่วนใหญ่นำมาใช้ในอาหารประเภทอาหารความมากกว่าส่วนที่เป็นขนมหวาน ในระยะหลังจึงได้มีการนำสมุนไพรมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มแพร่หลายในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามในอาหารประเภทอื่นรวมทั้งไอศกรีม การนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์มีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะเป็นการนำผลไม้มาผสมที่สร้างเอกลักษณ์ของไอศกรีมไทยได้อีกแนวทางหนึ่ง

สีและกลิ่นรสของไอศกรีมเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ในแนวคิดดั้งเดิมไอศกรีมควรมีสีส่อนๆเป็นที่ดึงดูดใจ และสอดคล้องกับกลิ่นรส ปริมาณของไขมันมีผลต่อกลิ่นรส ไอศกรีมที่มีไขมันสูงต้องใช้ปริมาณกลิ่นรสมากกว่าไอศกรีมที่มีไขมันต่ำกว่าเพื่อให้มีความแรงของกลิ่นรสเท่ากัน และไอศกรีมที่มีการขึ้นฟูสูงต้องใช้กลิ่นรสมากกว่าไอศกรีมที่ขึ้นฟูต่ำกว่า (สมจิต, 2550; Marshall and Arbuckle, 1996) อย่างไรก็ตามในระยะหลังสีกลิ่นรสของไอศกรีมมีหลากหลายมากยิ่งขึ้น ทั้งสีสดและสีอ่อน และส่วนมากเป็นการใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์

จากภูมิปัญญาของไทยที่นำสมุนไพรหลายชนิดมาช่วยปรุงแต่งกลิ่นรสสีกลิ่นของอาหารไทย ทำให้เกิดแนวคิดของการนำมาใช้ประโยชน์สีกลิ่นรสของไอศกรีม รวมทั้งยังเพิ่มคุณค่าของสมุนไพรโดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ว่าจะช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค และช่วยสร้างเอกลักษณ์ของไอศกรีมไทยได้อีกทางหนึ่งสมุนไพรหลายชนิดที่คนไทยนิยมบริโภค เช่น ดอกอัญชัน ดอกบัว ดอกขจร ดอกโสน ดอกกระเจี๊ยบ ดอกโคก ดอกช่อนกลิ่น ดอกขี้เหล็ก ดอกพยอม ดอกดาหลา รวมไปถึง ใบบัวบก ใบรางจืด และผลฟักข้าว เสาวรส ล้วนเป็น

สมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและหลายชนิดมีรงควัตถุ (pigment) ที่ให้สีด้วย เช่น ดอกอัญชันให้สีน้ำเงิน สีม่วง ดอกกระเจี๊ยบให้สีแดง ใบบัวบก ใบรางจืด ให้สีเขียว เป็นต้น การศึกษาสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชที่ให้สีในอาหารไทย ประกอบด้วย กระเจี๊ยบแดง ดอกอัญชัน บัทรูด กะหล่ำปลีม่วง เปลือกแก้วมังกร และว่านกาบหอย พบว่ามีส่วนประกอบของสารประกอบฟีนอลิกและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากการสกัดด้วย 99% เมทานอลพบว่ากระเจี๊ยบแดงมีสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด (68.26 ± 0.69 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม) รองลงมา คือ บัทรูด ดอกอัญชัน กะหล่ำปลีม่วง เปลือกแก้วมังกร และว่านกาบหอย ตามลำดับ และกระเจี๊ยบแดงให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และFRAP (Ferric reducing antioxidant power) คือ 91.64 ± 0.50 มิลลิกรัม Trolox/100 ก. และ 429.39 ± 0.55 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม ตามลำดับ (ธนิกานต์ และคณะ, 2013) สมุนไพรนอกจากจะมีสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแล้ว หลายชนิดยังมีคุณค่าทางโภชนาการ และสรรพคุณทางยาอีกด้วย การนำดอกไม้หรือสมุนไพรแต่ละอย่างมารับประทานควรให้แน่ใจว่าเป็นดอกไม้หรือสมุนไพรที่กินได้ และควรทำความสะอาดอย่างดีที่สุดก่อนนำมาใช้ (<http://www.thaihealth.or.th/healthcontent/healthtips/12293> วันเข้าถึง วันที่ 25 ก.ค. 2554)

7.4 สมุนไพรที่ใช้เป็นอาหาร

สมุนไพรหลายชนิดที่นำมาใช้เป็นอาหาร แต่การนำมาใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมยังจัดว่าเป็นเรื่องใหม่ ยังมีงานวิจัยน้อยมาก ตัวอย่างสมุนไพรที่มีแนวคิดในการนำมาศึกษาทดลองใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีม ดังนี้

7.4.1 ดอกอัญชัน (Butterfly pea) อัญชัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clitoria ternatea* Linn. อยู่ในวงศ์ Papilionaceae มีชื่อท้องถิ่นว่า เอื้องชัน แดงชัน หญ้าลินจัน เป็นพืชที่พบได้มากในประเทศไทย มีลักษณะเป็นไม้เถาเลื้อยมีมือสำหรับเกาะ (tendrils) สามารถเลื้อยไปตามต้นไม้ รั้ว หรือซุ้มต่างๆ ได้ดี ใบเป็นชนิดใบรวม บนก้านใบแต่ละก้านมีใบย่อย ระหว่าง 5-9 ใบ ดอกที่มีชั้นเดียวมีลักษณะคล้ายดอกถั่วทั่วไป (เช่น ถั่วลิสง ถั่วพู ถั่วฝักยาว) กลีบใหญ่ มีลักษณะคล้ายเปลือกหอยเชลล์ (shell) ส่วนที่แตกต่างจากดอกถั่ว คือ อัญชันมีดอกซ้อนด้วย มีหลายกลีบ และดอกใหญ่กว่า ดอกชั้นเดียว ดอกอัญชันมี 3 สี คือ สีขาว สีน้ำเงิน และสีม่วง ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ปัจจุบันได้มีการนำดอกอัญชันมาวิจัยเป็นจำนวนมาก จากการวิจัยพบว่า ในดอกอัญชันมีสารแอนโทไซยานินอยู่มาก (พิมลพรรณ, 2552)

อัญชันที่พบในประเทศไทย มีทั้งพันธุ์บ้านที่ผ่านการคัดเลือกให้ดอกใหญ่ ดอกสีเข้ม เป็นต้น กับ พันธุ์ที่ขึ้นเองตามไร่ร้างว่างเปล่า ซึ่งเป็นพันธุ์ดอกชั้นเดียว ดอกเล็ก และสีไม่เข้ม คนไทยส่วนใหญ่ นิยมปลูกอัญชันดอกสีน้ำเงินเข้ม กลีบดอกซ้อน ดอกขนาดใหญ่และ ดอก เพราะนอกจากสวยงามแล้ว ยังนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง อีกด้วย



ภาพที่ 7 ลักษณะของดอกอัญชัน
ที่มา: นรินนาม (2551)

ประโยชน์ของอัญชัน

อัญชันเป็นดอกไม้ของไทยชนิดหนึ่งที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีการใช้ประโยชน์จากสีม่วง-น้ำเงินในดอกอัญชันเพื่อเป็นส่วนประกอบของสีในขนมไทยหลายชนิด เช่น ขนมชั้น ขนม น้ำดอกไม้วีไร ชำหรับม ถั่วแปบ ช่อม่วง เล่มมีอนาง บัวลอย และในเครื่องดื่มน้ำอัญชัน

นอกจากนี้ พบว่า อัญชันยังให้ประโยชน์ทางยา ซึ่งในเมล็ดมีผลเป็นยาระบาย แต่ก็มีผลทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน จึงไม่นิยมใช้ รากของอัญชันมีรสขม นำมาปรุงเป็นยาบำรุงดวงตา ยาขับปัสสาวะ เป็นยาระบาย แก้กตาฟาง ตามืด ตามัว ตาแฉะ และทำให้ฟันทน ส่วนดอกอัญชันให้สีน้ำเงินธรรมชาติ ซึ่งเป็นสีน้ำเงินของแอนโธไซยานิน (anthocyanins) เป็นสารที่สลายตัวง่าย และปลอดภัย สารแอนโธไซยานินที่มีอยู่มากในดอกอัญชันนี้มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพ เช่น ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นเนื่องจากสารตัวนี้จะไปเพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดเล็ก ๆ เช่น หลอดเลือดส่วนปลาย ทำให้กลไกที่ทำงานเกี่ยวกับการมองเห็นแข็งแรงขึ้นเพราะมีเลือดไหลเวียนมาเลี้ยงมากขึ้น ในขณะนี้ก็มีการศึกษาวิจัยทางคลินิกเกี่ยวกับความสามารถของสารแอนโธไซยานินในการเพิ่มประสิทธิภาพของตา เช่น ตาเสื่อมจากโรคจากโรคเบาหวานเบาหวาน โรคต้อหิน และโรคต้อกระจก

แอนโธไซยานิน (anthocyanins) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก คือ anthos หมายถึง ดอกไม้ และ kyanos หมายถึง สีน้ำเงิน แอนโธไซยานินเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น $C_6C_3C_6$ เป็นรงควัตถุที่ละลายอยู่ใน vacuole sap ในเซลล์ของพืช (vacuole sap) เป็นส่วนหนึ่งที่เห็นได้ชัดที่สุดในเซลล์พืชที่มีอายุมาก โครงสร้างจะมีเนื้อเยื่อหุ้ม และภายในมีของเหลวบรรจุอยู่ ซึ่งมีบทบาทต่อสีใน

โครงการย่อยที่ 5 การพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ 31

ดอกไม้ ผลไม้ และใบไม้หลายชนิด โดยจะให้สีม่วงแดงไปจนถึงสีน้ำเงินแอนโธไซยานินสามารถละลายได้ใน น้ำดี แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น acetone, chloroform และ ether

สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของแอนโธไซยานิน

มีการศึกษาแอนโธไซยานินในแง่ของการเป็น functional food และ nutraceutical กันมาก และจากการรายงานประโยชน์ของแอนโธไซยานิน พบว่า สามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary heart disease) ช่วยในการมองเห็น และสามารถป้องกันโรคมะเร็งได้ ป้องกันการกลายพันธุ์ ป้องกันการอักเสบ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าว เรียกว่า คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีการศึกษา พบว่า โครงสร้าง catecholmuj ตำแหน่ง B ring กับหมู่ hydroxyl group 2 กลุ่ม ที่ตำแหน่ง 3, 4 และหมู่ของ glucose ที่มาจับจะทำให้ แอนโธไซยานินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ (Stintzing and Carle, 2004) นอกจากนี้แล้วยังพบว่า แอนโธไซยานิน ยังช่วยยับยั้งเชื้ออีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง และอาหารเป็นพิษด้วย ด้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน LDL (Low-density lipoprotein) และยังทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดมีความอ่อนนุ่ม ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด และโรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัวได้ (รัตดา, 2551)

วีลาวัลย์ (2551) ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากดอกอัญชัน พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) ของสารสกัดจากดอกอัญชันที่ระดับความเข้มข้น 62.5, 125, 250, 500, และ 1,000 ppm มีการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) ตามลำดับดังนี้ คือ 12, 25, 56, 62, 67 และ 90% สำหรับค่า Effective Concentration (EC₅₀) ของดอกอัญชัน มีค่าเท่ากับ 397.9365 µg/ml ซึ่งมากกว่ากรดแอสคอร์บิก ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน โดยค่าค่า Effective Concentration (EC₅₀) ของกรดแอสคอร์บิก คือ 7.9955 µg/ml

7.4.2 บัวบก

มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Centella asiatica* (L.) Urban ชื่อวงศ์ Umbelliferae ชื่อสามัญ คือ Asiatic pennywort, Tiger herbal ชื่อท้องถิ่นทั่วไป คือ ผักหนอก ผักแว่น ปะหนะ เอชาเตาะ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี เลื้อยแผ่ไปตามพื้นดิน ขอบที่ขึ้นแฉะ แตกรากฝอยตามข้อ โหลที่แผ่ไปจะงอกใบจากข้อขึ้น 3-5 ใบ ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-5 ซม. ขอบใบหยัก ก้านใบยาว ดอกช่อ ออกที่ซอกใบ ขนาดเล็ก 2-3 ดอก กลีบดอกสีม่วง ผล เป็นผลแห้ง แตกได้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งใบ ต้นสด และเมล็ด

(http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_03_4.htm วันเข้าถึง 14 พ.ย. 2556)



ภาพที่ 8 ลักษณะของใบบัวบก

ที่มา : <http://www.monmai.com> วันเข้าถึง 15 พ.ย. 2556

การใช้ประโยชน์จากบัวบก

ใบและเถาของใบบัวบก มีรสกรอบมัน รับประทานเป็นผัก ใบบัวบกสามารถนำมาทำเป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่นหอมรสชาติดี สรรพคุณทางยาทั้งต้นสดสามารถให้ความสดชื่น ชุ่มคอ แก้เจ็บคอ ช่วยบำรุงหัวใจ แก้อ่อนเพลีย เมื่อยล้า ปวดศีรษะข้างเดียว ขับปัสสาวะ ลดความดัน แก้ไข้ใน และยังสามารถนำมาเป็นยาห้ามเลือด แก้อาการวิงเวียน ใบมีสาร Asiaticoside ทำยาแก้แผลโรครื่น ใบบัวบกประกอบด้วยวิตามินบี1 บี2 และ บี6 ในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังทำให้ร่างกายหลั่ง GABA (gamma-aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในปริมาณที่มากขึ้นด้วยจึงช่วยลดความตึงเครียด

(http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_03_4.htm วันเข้าถึง 14 พ.ย. 2556 และ <http://www.monmai.com> วันเข้าถึง 15 พ.ย. 2556)

ฤทธิ์ทางยาในการลดระดับน้ำตาลในเลือด

ทิพวรรณ (2550) ศึกษาผลของสารสกัดจากใบบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urban.) ใบชะพลู (*Pipers armentosum* Roxb.) และใบอินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Per.) ด้วยเอทานอลต่อการลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ปริมาตรและสมบัติทางเคมีของน้ำปัสสาวะ ลักษณะเนื้อเยื่อลำไส้เล็ก และค่าทางโลหิตวิทยาในหนูเบาหวาน โดยป้อนสารสกัดในขนาด 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/ตัว/วัน แก่หนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วยสเตปโตโซโตซินเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ หนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบอินทนิลน้ำ ในสัปดาห์ที่ 8 มีระดับน้ำตาลกลูโคสต่ำสุด (276.6) และต่ำกว่าหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบชะพลูและใบบัวบก แต่หนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบบัวบกมีน้ำหนักตัวมากกว่าหนูของ

หนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบอินทนิลน้ำและใบชะพลูนอกจากนี้หนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบชะพลูมีจำนวนเม็ดเลือดแดงมากกว่าหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากบัวบก แต่มีจำนวนเม็ดเลือดขาวน้อยกว่าหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากใบอินทนิลน้ำ และใบบัวบก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบิน ปริมาตรและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำปัสสาวะ ลักษณะเนื้อเยื่อลำไส้เล็กของหนูกลุ่มเบาหวานที่ได้รับสารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกัน สารสกัดจากใบอินทนิลน้ำ ใบบัวบก และใบชะพลู สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มน้ำหนักตัว และเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดง ในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาตรและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำปัสสาวะ ลักษณะเนื้อเยื่อลำไส้เล็ก

จิรัฐ (2551) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ใบบัวบกและเปลือกมังคุดต่อกระบวนการหายของแผลในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดโรคเบาหวาน โดยใช้หนูขาวพันธุ์ Sprague-Dawley เพศผู้จำนวน 64 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ หนูปกติและหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดเบาหวาน การศึกษาพบว่า หนูในกลุ่มที่รักษาแผลด้วยบัวบก และ เปลือกมังคุด มีการสร้างส่วนประกอบภายในเซลล์ให้เกิดความสมบูรณ์ได้เร็ว และมีอัตราการหดตัวของแผลได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รักษาด้วยบัวบกและเปลือกมังคุด

7.4.3 ขมิ้นชัน

ขมิ้นชัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linnaeus เป็นพืชล้มลุกอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ขมิ้นชันมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และหมู่เกาะอินเดียตะวันออก องค์ประกอบทางเคมีของขมิ้นชันส่วนใหญ่เป็นสตาร์ช และเส้นใย ซึ่งมีปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเพาะปลูก ความแก่อ่อนและอายุการเก็บเกี่ยว โดยสตาร์ชจะเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตในขมิ้นชัน และจัดเป็นองค์ประกอบหลักของขมิ้นชัน ในขมิ้นชันจะมีสตาร์ชอยู่ประมาณ 40 – 50% ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน โยอาหาร และองค์ประกอบที่สำคัญ คือ รงควัตถุที่ให้สีเหลือง เช่น curcuminoid pigment และน้ำมันหอมระเหย curcumin ที่สกัดได้จากเครื่องเทศประเภทขมิ้นชัน ป้องกันการอักเสบ และป้องกันหรือยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเป็นตัวต้านการเกิดออกซิเดชัน (Weber *et al.*, 2006) ซึ่ง curcumin มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันและประสิทธิภาพสูงกว่าวิตามินอี และซี



ภาพที่ 9 ลักษณะของขมิ้นชัน

ที่มา: <http://guru.sanook.com/pedia/topic> วันเข้าถึง 15 พ.ย. 2556

การใช้ประโยชน์จากขมิ้นชัน

ขมิ้นชันเป็นพืชเครื่องเทศที่มีความสำคัญเนื่องจากมีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ ให้สีเหลืองซึ่งเป็นสีจากธรรมชาติ ดังนั้นการใช้ขมิ้นชันส่วนมากจึงใช้เป็นเครื่องแต่งกลิ่นรส และสีในอาหารหลายชนิด และยังเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของผงกะหรี่ซึ่งเป็นเครื่องปรุงที่รู้จัก และนิยมใช้ทั่วโลก นอกจากนี้ขมิ้นชันยังมีคุณสมบัติเป็นยาสมุนไพร คือมีคุณสมบัติในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้ดี จึงใช้ขมิ้นชันเป็นส่วนผสมในยารักษาโรคได้หลายชนิด เช่น ยาลดกรด แก้ปวดท้อง ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อทำให้การบีบตัวของลำไส้ลดลง ใช้เป็นยาเจริญอาหาร ขับน้ำเหลือง รักษาโรคผิวหนัง รักษาอาการภูมิแพ้ น้ำที่ได้จากขมิ้นชันนำมารักษาโรคผิวหนัง หรือนำมาพอกแก้ปวดตามข้อได้ หรือนำส่วนเหง้าไปต้มให้สุกแล้วบดให้ละเอียดนำไปทาแก้โรคผิวหนัง ทาตามซอกอับในร่างกายเพื่อบำบัดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา หรือใช้ทาแผลสด และทำลายพยาธิ เป็นต้น ขมิ้นชันยังมีสรรพคุณในการป้องกันการงอกของขน ผู้หญิงอินเดียจึงใช้ขมิ้นชันทาผิวหนังเพื่อป้องกันไม่ให้ขนงอก มีการค้นพบสรรพคุณใหม่ของขมิ้นอีกมากมาย เช่น การป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด การชะลอความแก่ การเป็นสารต้านมะเร็ง และเนื้องอกต่าง ๆ พบว่าการรับประทานอาหารผสมขมิ้นชัน สามารถทำลายเชื้อไวรัสที่ผ่านมาทางอาหารได้ รวมทั้งสามารถป้องกันมะเร็งจากสารก่อมะเร็งต่าง ๆ

สมบัติในการต้านการเกิดออกซิเดชัน

Cousins *et al.* (2007) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของขมิ้นชัน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ L22 - 5, L35 - 1, L43 - 4 และ L50 - 3 โดยทำการสกัดรากของขมิ้นชันสด (*Curcuma longa*) ทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยเมทานอล และผ่านกระบวนการทำให้แห้ง โดยเปรียบเทียบกับผงขมิ้นชันแห้งที่มีขายในท้องตลาด ทำการทดสอบความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของ turmeric antioxidant

protein ที่สกัดได้จากรากขมิ้นชัน โดยพิจารณาความสามารถในการจับ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical พบว่า turmeric antioxidant protein ที่สกัดได้จากจากรากของขมิ้นชันสดทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันสูง และสารสกัดจากผงขมิ้นชันแห้ง และผงขมิ้นชันแห้งที่มีขายในท้องตลาด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และวัดการตกตะกอนของเหล็ก พบว่า turmeric antioxidant protein ที่สกัดได้จากจากรากของขมิ้นชันสดทั้ง 4 สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพในการเป็นตัวต้านออกซิเดชันสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขมิ้นชันที่ผ่านการทำให้แห้ง พบว่ามีเพียงสายพันธุ์เดียวที่ให้ผลแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นวิธีการทำให้แห้งขมิ้นชันทั่วไปที่มีอยู่อาจส่งผลกระทบต่อความเป็นสารต้านออกซิเดชันของรากขมิ้นชัน ในขณะที่สายพันธุ์ที่ใช้มีผลน้อยกว่าหากมีการควบคุมแหล่งที่ปลูกให้มีสภาวะที่เหมาะสม

สรรพคุณทางยาในการลดระดับน้ำตาลในเลือดของขมิ้นชัน

Jane (2009) ศึกษาการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันในการยับยั้งการเกิดโรคเบาหวานที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดโรคได้โดยอาศัยหลักในการยับยั้ง p300 และ nuclear factor - κ B ศึกษาโดยใช้หนูขาวพันธุ์ Sprague - Dawley ที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้เกิดเบาหวานด้วย streptozotocin จากนั้นทดสอบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันเป็นเวลา 1 เดือน ผลการทดลองพบว่าจากการทดสอบ Real-time reverse transcriptase polymerase chain reaction analyses แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดจากขมิ้นชันสามารถยับยั้งการเกิดเบาหวานได้

7.4.4 ฟักข้าว

ฟักข้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng. เป็นพืชตระกูลเดียวกับแตงกวาและมะระ อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นคือ ขี้กาเครือ (ปัตตานี) ผักข้าว (ตาก ภาคเหนือ) มะข้าว (แพร่) แก้ว (Gac เวียดนาม) ฟักข้าวมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน พม่า ไทย ลาว บังกลาเทศ มาเลเซียและฟิลิปปินส์ เป็นพืชที่ชาวเวียดนามใช้ประกอบอาหารมาก ในชนบทมีปลูกกันเกือบทุกบ้านเรือน ฟักข้าวเป็นไม้เถาเลื้อยพัน มีมือเกาะ ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงแบบสลับ ใบรูปหัวใจหรือรูปไข่ กว้างยาวเท่ากันประมาณ 6 - 15 เซนติเมตร ขอบใบหยักเว้าลึกเป็นแฉก 3 - 5 แฉก ดอกเป็นดอกเดี่ยว พบที่ซอกใบ ต้นแยกเพศอยู่คนละต้น กลีบดอกสีขาวแกมเหลือง ตรงกลางมีสีน้ำตาลแกมม่วง ใบประดับมีขน ผลอ่อนมีสีเขียวอมเหลือง (http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs_01_2htm วันเข้าถึง 15 พ.ย. 2556)



ภาพที่ 10 ลักษณะของฟักข้าว

การใช้ประโยชน์จากฟักข้าว

ฟักข้าวนิยมนำยอดอ่อน ใบอ่อน และผลอ่อน ใช้รับประทานเป็นผัก ยอดอ่อนมีมากในฤดูฝน ผลอ่อนมีช่วงปลายฤดูฝนหรือต้นฤดูหนาว ส่วนการติดผลค่อนข้างน้อย จะต้องเป็นเถาค่อนข้างใหญ่ อายุนานปี จึงจะมีลูกให้รับประทาน การปรุงอาหาร ชาวภาคกลางและชาวเหนือรับประทานฟักข้าวเป็นผักในช่วงฤดูกาลที่ออกยอดมาก จะพบมีขายในตลาด วิธีปรุงเป็นอาหารมี 2 วิธี คือ วิธีแรก นำยอดอ่อน ใบอ่อน หรือผลอ่อน นึ่งหรือลวกให้สุก ผลหั่นเป็นชิ้นตามความยาวของผล และนำไปรับประทานร่วมกับน้ำพริก วิธีที่สองคือนำไปปรุงเป็นแกง ชาวภาคกลางมักปรุงเป็นแกงเลียง ส่วนชาวเหนือปรุงเป็นแกงแคหรือแกงร่วมกับปลาอย่างผสมกับผักหลายชนิด (http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs_01_2htm วันเข้าถึง 15 พ.ย. 2556)

สมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน

Kubola and Siriamornpun (2011) ได้ศึกษาปริมาณสารพฤษเคมี (lycopene, beta-carotene, lutein และ phenolic compounds) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆของผลฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* Spreng) พบว่าในส่วนยางของฟักข้าวมีปริมาณของ lycopene และ beta-carotene ในปริมาณสูงที่สุด ในขณะที่ส่วนเปลือก (สีเหลือง) มีปริมาณของ lutein ในปริมาณที่มากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ total phenolic พบว่าในทุกส่วนของฟักข้าวมีปริมาณที่สูง ส่งผลให้สารสกัดจากฟักข้าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยเฉพาะในส่วนของยาง อีกทั้งพบว่าฟักข้าวสุกมากจะสารต้านอนุมูลในปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน

Aoki *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาปริมาณของสาร beta - carotene, lycopene, zeaxanthin และ beta - cryptoxanthin ในเมล็ดฟักข้าวด้วยการใช้ High performance lipid chromatography (HPLC) โดยพบว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดมีสาร lycopene ปริมาณมากถึง 380 ไมโครกรัม

7.4.5 เสาวรส

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Passiflora laurifolia* L. วงศ์ Passifloraceae ชื่อสามัญ คือ Jamaica honey-suckle, passion fruit, yellow granadilla ชื่ออื่นที่มีการเรียกกัน คือ สุกคนธรรส (ภาคกลาง) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้เถา เถามีลักษณะกลม ใบ เป็นใบเดี่ยว ขอบใบหยักลึก ที่ก้านใบมีต่อมใบ ดอกหนา เป็นมันสีเขียวก่ำ ดอก ออกดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ ห้อยคว่ำคล้ายกับดวงไฟโคม กาบดอกหุ้มสีเขียวก่ำ กลีบชั้นนอกเป็นรูปกระบอก ปลายแฉกด้านหลังมีสีเขียวก่ำ ด้านในมีสีม่วงอ่อนประกอบด้วยจุดแดง ๆ กลีบชั้นในลักษณะคล้ายกับตัวแฉกของกลีบชั้นนอก สีม่วงอ่อนหรือชมพูอ่อนมีประสีแดงแซม กลีบย่อยกลางมีเป็นชั้น ๆ สองชั้นแต่ละกลีบค่อนข้างกลม สีม่วงก่ำ พาดด้วยปลายสีขาวสลับแดง มีเกสรอยู่ตรงกลางสีเขียวนวล ดอกมีกลิ่นหอมแรงจัดมาก ผล เป็นรูปไข่หรือไข่ยาว มีหลายพันธุ์ บางพันธุ์ ผิวผลสีม่วง สีเหลือง สีส้มอมน้ำตาล เปลือกผล เรียบ เนื้อรับประทานได้ มีเมล็ดจำนวนมาก อยู่ตรงกลาง

(http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_01_2.htm ณ 16 พ.ย. 56) ในประเทศไทยมีเสาวรสปที่ปลูกทั่วไป 3 พันธุ์คือ พันธุ์สีม่วง เมื่อสุกเปลือกสีม่วง เนื้อในสีเหลือง รสอมหวานมากกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่ไม่ค่อยต้านทานโรคในเขตร้อน พันธุ์สีเหลืองหรือเสาวรสสีทอง ผลแก่สีเหลือง รสเปรี้ยวมาก นิยมปลูกในเขตร้อน พันธุ์ผสม เมื่อสุกเป็นสีม่วงอมแดง รสเปรี้ยวจัด กลิ่นแรง สามารถปักชำและเสียบยอดได้



ภาพที่ 11 ลักษณะของเสาวรส

เสาวรสจัดเป็นกลุ่มสมุนไพรที่มีสรรพคุณช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ผลสุกของเสาวรสนำมาทำน้ำผลไม้และไวน์ หรือเติมลงในน้ำผลไม้ชนิดอื่นเพื่อเพิ่มกลิ่น ในทวีปอเมริกาใต้รับประทานเปลือกของเสาวรสสุก หรือนำไปปั่นรวมกับน้ำตาลและน้ำเสาวรสเป็นเครื่องดื่มที่เรียก refresco นำเนื้อเสาวรสไปทำขนมได้หลายชนิดทั้งเค้ก ไอศกรีม แยม เยลลี่ ยอดเสาวรสนำไปแกงหรือกินกับน้ำพริก เมล็ดนำไปสกัดน้ำมันพืช ทำเนยเทียม เปลือกนำไปสกัดสารเพกทินหรือนำมาตากแห้งเป็นอาหารสัตว์ เปลือกเสาวรสที่อ่อนบางพันธุ์มีสารประกอบไซยาไนด์เล็กน้อยโดยเฉพาะผลสีม่วง แต่เมื่อนำเปลือกมาทำแยมด้วยความร้อนสูง สารประกอบไซยาไนด์จะหายไป ผลเสาวรสสุกมีเบตา-แคโรทีน โพแทสเซียม และใยอาหารสูง น้ำเสาวรสมีวิตามินซีมากและเหมาะสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง ผลสีเหลืองใช้ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ส่วนผลสีม่วงนิยมบริโภคสด เสาวรสมีไลโคพีน ในชั้นเพอริคาร์บ (http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_01_2.htm ณ 16 พ.ย. 56)

7.4.6 รางจืด

มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Thumbergia laurifolia* Lindl. วงศ์ Acanthaceae มีชื่อเรียกอย่างอื่นเช่น กำลั้งช้างเผือก ขอบชะนาง เครือเขาเขียว ยาเขียว (ภาคกลาง) คาย รางเย็น (ยะลา) จอลอดิเออ ชั่งกะ ปั้งกะ ละ พอหน่อเตอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) ดูเหว่า (ปัตตานี) ทิดพุท (นครศรีธรรมราช) น้ำนอง (สระบุรี) ย่ำแย้ แอดแอ (เพชรบูรณ์) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือมีลักษณะเป็นไม้เลื้อยหรือไม้เถา เนื้อแข็ง ใบเดี่ยว ออกตรงข้าม รูปขอบขนานหรือรูปไข่ ปลายใบเรียวแหลม โคนใบมนเว้า มีเส้น 3 เส้นออกจากโคนใบ มีดอกสีม่วงอมฟ้า ออกเป็นช่อห้อยลงตามซอกใบ ใบประดับสีเขียวประแดง กลีบเลี้ยงรูปจาน ดอกรูปแตรสั้น โคนกลีบดอกสีเหลืองอ่อน เชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 5 กลีบ เกสรเพศผู้ 4 อัน ผล เป็นฝักกลม ปลายเป็นจะงอย เมื่อแก่แตกเป็น 2 ซีก (http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_20_4.htm วันเข้าถึง 16 พ.ย. 2556)



ภาพที่ 12 ลักษณะของรางจืด

ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ คือใบ ราก และเถาสด โดยรากและเถาใช้รับประทานแก้ร้อนใน ระบายน้ำพิษของรางจืดที่มีประสิทธิภาพ คือ ชนิดเถาดอกม่วง ใบและรากนำมาใช้ปรุงเป็นยาถอนพิษไข้ เป็นยาพอกบาดแผล น้ำร้อนลวก ไฟไหม้ ทำลายพิษยาฆ่าแมลง พิษจากสตริกนินให้เป็นกลาง พิษจากดื่มเหล้ามากเกินไป หรือยาเบื่อชนิดต่างๆ เข้าสู่ร่างกายโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม เช่น ดิดอยู่ในฝักผลไม้ที่รับประทาน เมื่ออยู่ในสถานที่ห่างไกล การนำส่งแพทย์ต้องใช้เวลา อาจทำให้คนไข้ถึงแก่ชีวิตได้ ถ้ามีต้นรางจืดปลูกอยู่ในบ้าน ใช้ใบรางจืดไม่แก่ไม่อ่อนเกินไปนัก หรือรากที่มีอายุเกิน 1 ปีขึ้นไป และมีขนาดเท่านิ้วชี้ มาใช้เป็นยาบรรเทาพิษเฉพาะหน้าก่อนนำส่งโรงพยาบาล (รากรางจืดจะมีตัวยามากกว่าใบ 4-7 เท่า) ดินที่ใช้ปลูก ถ้าผสมขี้เถ้าแกลบหรือผงถ่านปน จะช่วยให้ต้นรางจืดมีตัวยามากขึ้น (http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_20_4.htm วันเข้าถึง 16 พ.ย. 2556) ปัจจุบันมีผู้นำรางจืดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ใบชา และทำเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรสำเร็จรูป สามารถชงเป็นชารางจืดดื่มได้ทันที

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การคัดเลือกไอศกรีม 1 ชนิด คือ ไอศกรีมเชอร์เบทในการศึกษานำร่อง หลังจากที่ได้ผลที่มีความเป็นไปได้ จึงทดลองความเป็นไปได้กับไอศกรีมประเภทนม ซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูงและไขมันสูง
2. การทดลองประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้
 - 2.1 หาสูตรพื้นฐานสำหรับไอศกรีมเชอร์เบทและไอศกรีมนม
 - 2.2 ทดลองลดน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบทด้วยสารทดแทนน้ำตาล คือ มอลทิทอล และซูคราโลส และใช้อินนูลินสำหรับเป็นสารเพิ่มเนื้อในกรณีที่ใช้ ซูคราโลส (ยี่ห้อดีเอท ประกอบด้วยซูคราโลส 1.4%+erythritol 98.6%)
 - 2.3 ทดลองลดน้ำตาลและไขมันในไอศกรีมนม โดยทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล และทดแทนไขมันด้วย มอลโทเดกซ์ตริน และเวย์โปรตีน
 - 2.4 นำไอศกรีมลดน้ำตาลและไขมันทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาสูตรที่ได้รับ การยอมรับมากที่สุด
 - 2.5 ศึกษาความเป็นไปได้ในการผสมสมุนไพร เพื่อพัฒนาเป็นไอศกรีมตำรับสมุนไพร
 - 2.6 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

1.การพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ

1.1 คัดเลือกสูตรพื้นฐานสำหรับการวิจัย คัดเลือกสูตรไอศกรีมเชอร์เบท 1 สูตร (วีรสุ, ม.ป.ป.) ตามระบุในตารางที่ 8 เป็นสูตรตั้งต้นในการทดลอง

ตารางที่ 8 ส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบท

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
น้ำมะพร้าว	1,000
น้ำตาลทราย	160
เกลือ	1
เจลาติน	10
กัวร์กัม	2

ที่มา: วีรสุ (ม.ป.ป.)

นำสูตรที่คัดเลือกมาทดลองผลิตและปรับปรุงให้ได้ลักษณะใกล้เคียงกับไอศกรีมเชอร์เบททางการค้า และปรับปรุงรสชาติด้วยมะนาวผง ดังตารางที่ 10 แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale test

ตารางที่ 9 สูตรปรับปรุงของไอศกรีมเชอร์เบท

ส่วนผสม	ปริมาณ (%)
น้ำ	73.73
น้ำตาลทราย	23.96
เกลือ	0.1
เจลาตินผง	0.27
กัวร์กัม	0.1
มะนาวผง	1.84

1.2 ทดลองลดน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบทด้วยการเปรียบเทียบการใช้สารให้ความหวานมอลทิทอลและซูคราโลสทดแทนน้ำตาล

เปรียบเทียบการใช้มอลทิทอลอย่างเดียว ซูคราโลสอย่างเดียว และส่วนผสมของมอลทิทอลและซูคราโลส (1: 1) ทดแทนน้ำตาลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% ของปริมาณน้ำตาลในสูตร กรณีที่ใช้ซูคราโลสซึ่งมีความหวานมาก ปริมาณใช้เทียบกับความหวานของน้ำตาล และทดแทนน้ำหนักที่หายไปในสูตรด้วยอินูลิน คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดด้วยการทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีม

1.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทลดน้ำตาลตำรับสมุนไพร

คัดเลือกดอกอัญชัน เป็นสมุนไพรนำร่อง เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการผสมดอกอัญชัน โดยทดลองทั้งในลักษณะเป็นน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันที่จะช่วยสร้างเอกลักษณ์ให้กับไอศกรีมและได้รับการยอมรับมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำไอศกรีมเชอร์เบทลดน้ำตาลและผสมดอกอัญชันที่ดีที่สุดมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 วิเคราะห์คุณภาพของไอศกรีม

ด้วยการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของไอศกรีมที่ได้ รวมทั้งวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และค่า Glycemic index

1.6 ศึกษาความเป็นไปได้กับสมุนไพรชนิดอื่น

ทดลองนำสมุนไพรชนิดอื่นมาคัดเลือกเพื่อหาส่วนผสมที่จะเหมาะสมสำหรับการผสมในไอศกรีมเชอร์เบท

2. การพัฒนาไอศกรีมนมที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำไขมันต่ำ

2.1 คัดเลือกสูตรพื้นฐานสำหรับการวิจัย

คัดเลือกสูตรไอศกรีมนมและวิธีผลิตของพรหล้า (2555) มาทดลองผลิตจนได้ลักษณะที่ดีแล้วนำมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับการทดลอง (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 สูตรพื้นฐานของไอศกรีมนม

ส่วนผสม	ปริมาณ	
	กรัม	%
น้ำตาลทราย	105	10.51
น้ำตาลเดกซ์โทรส	10	1.00
มอลโทเดกซ์ตริน	40	4.00
สารให้ความคงตัว	4	0.40
นมผง	65	6.51
หางนมผง	10	1.00
น้ำร้อน	90	9.01
นมสด	475	47.55
วิปปิ้งครีม	200	20.02
ปริมาณรวม	999	100.00

ที่มา: พรหล้า (2555)

ใช้วิธีการทำไอศกรีม ดังนี้

- 1) ใช้ตะกร้อมือคลุกผสมส่วนผสมของน้ำตาลทราย และสารให้ความคงตัว
- 2) ผสมน้ำร้อนลงไป คนด้วยตะกร้อมือเร็วๆ เพื่อไม่ให้สารให้ความคงตัวเกาะกันเป็นก้อน

- 3) นำขึ้นตั้งไฟอ่อนๆจนอุณหภูมิ 68.5 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารให้ความคงตัวละลายหมด
- 4) คลุกผสมส่วนผสมของแห้งที่เหลือ นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 3 มาละลายส่วนผสมของแห้งที่เหลือ
- 5) หากยังมีส่วนผสมไม่ละลายหรือเกาะกันเป็นก้อน นำเข้าปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม
- 6) เติมนมและครีม
- 7) นำขึ้นตั้งไฟให้ได้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วินาที แล้วยกลง
- 7) ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ด้วยการแช่ในน้ำที่มีน้ำแข็ง
- 8) นำเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง
- 9) ปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (-6 องศาเซลเซียส)
- 10) นำเข้าแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส

2.1.1 ทดลองลดน้ำตาลในไอศกรีมนม

ทดลองใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทรายและน้ำตาลเดกซ์โทรสที่ระดับ 50%, 75% และ 100% (ดังตารางที่ 11) นำส่วนผสมจัดทำไอศกรีม แล้วไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาระดับการทดแทนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 11 การลดปริมาณน้ำตาลทราย และน้ำตาลเดกซ์โทรสในไอศกรีมนมด้วยมอลทิทอล

ส่วนผสม	ไอศกรีมนม			
	สูตรพื้นฐาน	ทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่ระดับต่างกัน		
		50%	75%	100%
น้ำตาลทราย	105	52.5	26.25	-
น้ำตาลเดกซ์โทรส	10	5	2.5	-
มอลทิทอล	-	57.5	86.25	115
สารให้ความคงตัว	4	4	4	4
นมผง	65	65	65	65
หางนมผง	10	10	10	10
มอลโทเดกซ์ตริน	40	40	40	40
นมสด	475	475	475	475
วิปปีงครีม	200	200	200	200
น้ำร้อน	90	90	90	90

2.1.2 ลดไขมันในไอศกรีมนม

ทดลองใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน (1: 1) ทดแทนปริมาณวิปปิ้งครีมในส่วนผสมของไอศกรีมนมที่ลดน้ำตาลที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น ที่ ระดับ 25%, 50%, 75% และ 100% นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาระดับการทดแทนไขมันที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

2.1.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาไอศกรีมตำรับสมุนไพรร

คัดเลือกสูตรลดน้ำตาลและสูตรลดไขมันที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาทดลองผสมกับสมุนไพรรที่คัดเลือก

2.1.4 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำไอศกรีมสมุนไพรรที่มีการลดคาร์โบไฮเดรตและลดไขมันต่ำที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน เพื่อนำผลมาสรุปและหาข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

3. การวิเคราะห์คุณภาพของไอศกรีม

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) โดยใช้ hand refractometer ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.1.2 ความหนืด โดยวัดความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมหลังจากผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืด ใช้หัวหมุนเบอร์ 21 ความเร็วรอบหมุน 100 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังมอเตอร์หมุน 30 วินาที ควบคุมอุณหภูมิมีกซ์ที่ 4 ± 0.5 องศาเซลเซียส วัดทรืทเมนต์ละ 3 ซ้ำ (ดัดแปลงจากวิธีของ Huang and Platt 1995)

3.1.3 การขึ้นฟู (overrun) ชั่งน้ำหนักของไอศกรีมมิกซ์ก่อนนำไปปั่นเป็นไอศกรีมที่บรรจุเต็ม ถ้วยพลาสติกบนเครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง และชั่งน้ำหนักอีกครั้งหลังจากการปั่นเป็นไอศกรีมแล้วบ่มที่ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในถ้วยพลาสติกใบเดิม นำน้ำหนักที่ชั่งได้ไปคำนวณหา ค่า การขึ้นฟู (โดยน้ำหนัก) หรืออาจหาค่าการขึ้นฟู โดยปริมาตรได้เช่นกัน ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Arbuckle, 1986)

$$\text{การขึ้นฟู หรือ overrun (โดยน้ำหนัก)} = \frac{(\text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีมมิกซ์} - \text{น.น. ต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีม}) \times 100 \%}{\text{น.น. ต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีมเหลว}}$$

$$\text{การขึ้นฟูหรือ overrun (โดยปริมาตร)} = \frac{(\text{ปริมาตรของไอศกรีม} - \text{ปริมาตรของไอศกรีมมิกซ์}) \times 100}{\text{ปริมาตรของไอศกรีม}}$$

3.1.4 การละลาย นำไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งแล้วบรรจุเต็มถ้วยพลาสติก ชั่งน้ำหนัก แล้วนำ ไอศกรีมวางบนตะแกรงพลาสติกขนาด 272 ช่องต่อตารางนิ้ว รองรับไอศกรีมที่ละลายด้วยแก้วพลาสติก ควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส เริ่มวัดอัตราการละลายเมื่อไอศกรีมมีอุณหภูมิ -12±0.5 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึกจากผิวหน้าไอศกรีม 1 เซนติเมตร โดยวัดจากแท่งวัดอุณหภูมิ ชั่งน้ำหนัก ไอศกรีมที่ละลายทุกๆ 5 นาที หรือที่ 20, 25, 30, 35 และ 40 นาที แล้วคำนวณการละลายต่อน้ำหนัก ไอศกรีมเริ่มต้น 100 กรัม ดังสมการ ค่าที่ได้นำไปเขียนกราฟกับเวลา (นาที) เพื่อหาความชัน รายงานเป็น อัตราการละลายต่อ 100 กรัม วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Garcia *et al.*, 1995)

$$\text{การละลายต่อ 100 กรัม} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น (กรัม)}}$$

3.1.5 ความแน่นแข็ง (hardness) บรรจุไอศกรีมเต็มถ้วยพลาสติกและทำให้แข็งตัว ณ อุณหภูมิ -25±1 องศาเซลเซียส 20 ชั่วโมง วัดความแน่นแข็งด้วยเครื่อง texture analyzer โดยวัดค่าแรงกดที่กระทำ ต่อไอศกรีมด้วยระยะทางคงที่ สภาวะที่ใช้ประกอบด้วยหัวกรงรูปทรงกรวย (cone probe เบอร์ P/30 C) วัด แรงในรูปแบบของการกดอัด โหลดเซลล์รับน้ำหนักได้ 20 กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดก่อน ทดสอบ ขณะทดสอบ และหลังทดสอบอยู่ที่ 2.0, 1.0 และ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะทางที่หัว กดลงไปลึก 15 มิลลิเมตร โดยวัดการเสีรูปร่างของไอศกรีมเมื่อไอศกรีมมีอุณหภูมิ -12±0.5 องศาเซลเซียส ที่ระดับความลึกจากผิวหน้าไอศกรีม 1 เซนติเมตร ทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Guinard *et al.*, 1997)

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 วัดกรดที่ไทเทรตได้ วัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของไอศกรีมมิกซ์หลังจากผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 24 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งตัวอย่างไอศกรีมมิกซ์ 20.0 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติมน้ำละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล จุติ คือ สีชมพู รายงานผลในรูปร้อยละกรดแลกติก (AOAC, 2000)

3.2.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์หาน้ำหนักที่หายไปจากการอบในตู้อบลมร้อน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.2.3 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือในถ้วยกระเบื้องเคลือบหลังจากการเผาบน hot plate จนหมดควัน และเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมงจนได้เถ้าสีขาวตามวิธี AOAC (2000)

3.2.4 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยใช้วิธี Kjeldahl ตาม AOAC (2000)

3.2.5 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตาม AOAC (2000)

3.2.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยการคำนวณจาก การนำปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าไปลบจาก 100 (AOAC, 2000)

3.2.7 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (crude fiber) โดยวิธีการย่อยด้วยกรดและด่างตัดแปลงจาก AOAC (2000)

3.2.8 วิเคราะห์ปริมาณพลังงาน จากการคำนวณจากค่าพลังงานที่ได้จากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันในส่วนผสม

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธี A.O.A.C (2000)

3.3.2 จำนวนยีสต์และรา ตามวิธี A.O.A.C (2000)

3.3.3 จำนวน *E. coli* และ Coliform ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

3.3.4 จำนวนเชื้อ *Staphylococcus aureus*

3.3.5 จำนวนเชื้อ *Salmonella*

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Coliforms, Fecal coliforms และ *E.coli* โดยวิธีการหาค่า MPN และการตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (BAM online 2001)

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัสและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้การทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยนำไอศกรีมออกจากตู้แช่แข็งมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และทดสอบการให้คะแนนความชอบ 1-9 โดยใช้ระบบ 9-point hedonic scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด 9= ชอบมากที่สุด) ปัจจัยคุณภาพที่ศึกษาได้แก่ ความหวาน (sweetness) กลิ่นรส (flavor intensity) ความเรียบเนียน (smoothness) การละลายในปาก (meltdown) ความเหนียวหนืด (gumminess) และความเคลือบมัน (mouth coating) โดยผู้ทดสอบที่เป็นนิสิตปริญญาโทสาขาอาหารและโภชนาการ จำนวน 20 คน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอน

ความหมายของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้

ความเรียบเนียน หมายถึงคุณสมบัติเมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันหรือผลึกน้ำแข็งของไอศกรีมสัมผัสของลิ้น

การละลายในปาก หมายถึงการละลายเป็นของเหลวของไอศกรีมแช่แข็งในปาก

ความเหนียวหนืด หมายถึงความเหนียวของไอศกรีมหลังจากการละลายในปาก

ความเคลือบมัน หมายถึงความรู้สึกของความเหนียวร่วมกับการลื่นไหลในปากของไอศกรีมขณะละลาย

4.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค นำไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำที่ได้จากการพัฒนาไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คนด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

5. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากข้อ 3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ และนำมาลงกราฟเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงบางส่วนจาก Zigoncanu *et al.*, 2007) เทียบกับวิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) โดยวัดระดับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตรนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox โดยวิธี Benzie and Strain (1996) และวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound) โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method ตามวิธีของ Shen *et al.* (2009)

6. การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

นำตัวอย่างไอศกรีมที่มีส่วนผสมของดอกอัญชันวิเคราะห์หาปริมาณ anthocyanin ด้วยวิธี pH-differential method (ดัดแปลงบางส่วนจากวิธีของ Finocchiaro *et al.*, 2007)

7. การวิเคราะห์ค่า Glycemic index

โดยวิธีการวิเคราะห์ค่า Rapidly available glucose (RAG) การวิเคราะห์ค่า Slowly available glucose (SAG) และการวิเคราะห์ค่า Total glucose (TG) (ดัดแปลงจาก Ratanakopon, 2007)

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนและและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดคุณภาพตามวิธี Bonferroni วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การทดลองพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูงและไขมันต่ำ ให้เป็นไอศกรีมเชอร์เบทที่มีน้ำตาลต่ำด้วย โดยศึกษาหาสารทดแทนน้ำตาลที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดระหว่างการใช้มอลทิทอลอย่างเดียว ซูคราโลสอย่างเดียว และมอลทิทอลและซูคราโลสรวมกัน และนำส่วนผสมที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเสริมด้วยสมุนไพร คือ ดอกอัญชัน เป็นตัวนำร่อง และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ รวมทั้งการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และค่า glycemic index ของไอศกรีมที่ได้ หลังจากได้ผลที่มีความเป็นไปได้แล้ว นำมาทดลองศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ในการเสริมด้วยสมุนไพรชนิดอื่น ที่เลือกศึกษา ได้แก่ พักข้าว เสาวรส รางจืด

ส่วนที่ 2 การทดลองความเป็นไปได้กับการพัฒนาไอศกรีมนมซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีไขมันสูงและน้ำตาลสูง ให้เป็นไอศกรีมที่มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตต่ำลง ด้วยการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล และทดแทนไขมันด้วยมอลโทเดกซ์ตรินและ เมื่อได้ไอศกรีมนมที่มีไขมันและน้ำตาลต่ำลงแล้วจึงนำมาเสริมด้วยสมุนไพร ที่เลือกศึกษา ได้แก่ พักข้าว บัวบก

ส่วนที่ 1 การพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ

เป็นการทดลองลดคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) ในไอศกรีมเชอร์เบทด้วยการเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอลและซูคราโลส ประกอบด้วยทดลองใช้มอลทิทอลอย่างเดียว ซูคราโลสอย่างเดียว และส่วนผสมระหว่างมอลทิทอลและซูคราโลส เมื่อได้สารทดแทนความหวานที่ดีที่สุดแล้วจึงนำไปเสริมด้วยดอกอัญชัน ดังผลต่อไปนี้

1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานสำหรับการวิจัย

จากการคัดเลือกสูตรไอศกรีมเชอร์เบทที่มีการเผยแพร่ (วิรสุ, มปป.) นำมาทดลอง ปรับปรุงด้วยการเพิ่มรสหวานและรสเปรี้ยว เพื่อให้ใกล้เคียงกับไอศกรีมเชอร์เบททางการค้า โดยได้สูตรเบื้องต้น ดังตารางที่ 12 นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาความคิดเห็นของผู้ทดสอบ

ตารางที่ 12 สูตรปรับปรุงของไอศกรีมเชอร์เบท

วัตถุดิบ	คิดเป็นร้อยละ
น้ำ	73.73
น้ำตาลทราย	23.96
เกลือ	0.1
เจลาตินผง	0.27
กัวร์กัม	0.1
มะนาวผง	1.84

วิธีการผลิต



1. นำเกลือ น้ำตาลทราย เจลาติน และผงกัวร์กัม ผสมเข้าด้วยกัน
2. ใส่ลงในน้ำคนให้ละลายขึ้นตั้งไฟพอเดือด ยกลง



3. ทำให้เย็นทันที ใส่มะนาวผง

4. บ่มที่อุณหภูมิ 4°C 12 ชั่วโมง



5. นำไปปั่นด้วยเครื่องทำไอศกรีมที่ -4°C

6. ตักใส่ภาชนะบ่มที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -12°C

ภาพที่ 13 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมเชอร์เบทสูตรปรับปรุง

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Friedman Test of Ranking พบว่า ผู้ทดสอบให้ข้อคิดเห็นเรื่องรสเปรี้ยวแตกต่างกัน บางรายให้ข้อคิดเห็นว่ามีรสเปรี้ยวมากเกินไป บางรายบอกว่ามีรสเปรี้ยวน้อยเกินไป จึงได้นำมาปรับปรุงด้านรสเปรี้ยวด้วยการทดลองปริมาณของมะนาวผง 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 25 กรัม ต่อส่วนผสม 1,065 กรัม นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงผลในตารางที่ 13 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ด้านรสชาติ ผู้ทดสอบให้การยอมรับระดับมะนาวผง 20 และ 25 กรัม สูงกว่า 15 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านรสเปรี้ยว ผู้ทดสอบให้การยอมรับระดับมะนาวผง 25 กรัม มากกว่า 15 และ 20 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านความชอบรวม พบว่า มีความแตกต่างกันแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรที่เติมมะนาวผง 25 กรัม ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด คือ 7.50 ± 0.82 และรวมทั้งได้รับคะแนนการยอมรับ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ รสเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสมากที่สุดจึงเลือกมาเป็นสูตรพื้นฐานของไอศกรีมเชอร์เบทในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทเพื่อหาสูตรพื้นฐาน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.) ที่ระดับมะนาวผงต่างกัน		
	15 กรัม	20 กรัม	25 กรัม
ลักษณะปรากฏ	7.05 $\pm$ 0.75	7.20 $\pm$ 0.61	7.35 $\pm$ 7.35
สี	6.85 $\pm$ 0.48	6.85 $\pm$ 0.67	6.90 $\pm$ 0.55
กลิ่น	6.70 $\pm$ 0.57	7.00 $\pm$ 0.72	7.15 $\pm$ 0.58
รสชาติ	6.55 $\pm$ 0.55 ^a	7.35 $\pm$ 0.58 ^b	7.35 $\pm$ 0.74 ^b
รสเปรี้ยว	6.40 $\pm$ 0.94 ^b	7.15 $\pm$ 0.74 ^b	7.35 $\pm$ 0.74 ^a
เนื้อสัมผัส (ความหนืด)	6.20 $\pm$ 0.95 ^b	6.95 $\pm$ 0.75 ^a	7.45 $\pm$ 0.68 ^a
ความชอบรวม	6.40 $\pm$ 0.82 ^c	7.00 $\pm$ 0.64 ^b	7.50 $\pm$ 0.82 ^a

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บ่งบอกถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

โดยสูตรพื้นฐานมีส่วนผสมดังนี้

ตารางที่ 14 สูตรพื้นฐานของไอศกรีมเชอร์เบทที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณ (กรัม)	(%)
น้ำ	800	73.39
น้ำตาลทราย	260	23.85
เกลือ	1	0.09
เจลาตินผง	3	0.28
กัวร์กัม	1	0.09
มะนาวผง	25	2.29
รวม	1,090	99.99

1.2 การใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

1.2.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาล

ทำการทดลองโดยทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ 100 ของความหวานของน้ำตาล ผลในตารางที่ 15 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสูตรพื้นฐาน ส่วนในด้านความเนียนและความแน่นของเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรที่ทดแทนด้วยซูคราโลส 50%, 75% และ 100% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่าสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้านความชอบรวมผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรที่ทดแทนด้วยซูคราโลส 100% สูงกว่าสูตรที่ทดแทนที่ระดับ 50, 75 และสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การที่สูตรลดน้ำตาล 50-100% แต่ยังไม่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ และยังได้รับการยอมรับในด้านความเนียนและความแน่นเนื้อของเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรพื้นฐาน อาจเป็นไปได้ว่าการทดแทนน้ำตาลนั้น นอกจากใช้สารทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสแล้วยังใช้อินูลินเป็นสารให้เนื้อไอศกรีมด้วย การใช้สารเพิ่มเนื้อ (bulking agent) ที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีขึ้น (Arbuckle, 1986) อินูลินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของฟรุกแทน สามารถจับตัวกับโมเลกุลของน้ำได้ดี (Roberfroid, 1993) ประกอบกับซูคราโลสมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกับซูโครสซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำตาลที่ใช้ในไอศกรีม (สุชาติ, 2548) ทำให้โครงสร้างของโมเลกุลที่ใช้ในการทดลองไม่แตกต่างไปจากสูตรพื้นฐานเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และอาจจับตัวได้ดีกว่าจึงทำให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านความเนียนและความแน่นมากกว่าสูตรพื้นฐาน นอกจากนี้อินูลินยังไม่ถูกย่อยด้วยน้ำย่อยในร่างกายมนุษย์ เนื่องจากภายในโมเลกุลประกอบด้วยพันธะ β -D (2-1) fructofuranosyl ซึ่งร่างกายไม่มีเอนไซม์ที่ย่อยได้ ทำให้อินูลินมีสมบัติเป็นใย

อาหาร ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก เพิ่มน้ำหนักของอุจจาระ ทำให้ขับถ่ายสะดวก และยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะกลุ่ม Bifidobacteria สามารถย่อยอินูลินได้ ทำให้เกิดกรดแลคติกและกรดไขมันโมเลกุลสั้น ที่ช่วยทำให้ความเป็นกรดต่างของลำไส้เล็กลดลง ที่อาจส่งผลให้การดูดซึมแร่ธาตุได้ดียิ่งขึ้น (Roberfroid, 1993) ทำให้อินูลินเป็นสมบัติเป็นสาร prebiotic ดังนั้นการใช้สารทดแทนน้ำตาลซูคราโลสและอินูลินควบคู่กันนอกจากไม่ทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมลดลงแล้วยังส่งผลต่อต่อสุขภาพที่ดีของสมบัติการเป็นใยอาหารและ prebiotic ของอินูลิน ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้สูตรทดแทนความหวานน้ำตาลที่ระดับ 100% ด้วยซูคราโลสและใช้ อินูลินทดแทน น้ำหนักน้ำตาลที่หายไป

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.)			
	พื้นฐาน	ระดับการทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส		
		50%	75%	100%
ลักษณะปรากฏ	7.40 $\pm$ 1.27	7.45 $\pm$ 1.05	7.65 $\pm$ 0.93	7.50 $\pm$ 1.19
สี	7.20 $\pm$ 1.10	7.45 $\pm$ 1.14	7.10 $\pm$ 1.33	7.15 $\pm$ 1.38
กลิ่น	6.95 $\pm$ 1.09	6.95 $\pm$ 0.85	6.95 $\pm$ 0.88	7.20 $\pm$ 0.69
รสชาติ	7.15 $\pm$ 0.93	7.00 $\pm$ 1.07	7.05 $\pm$ 0.75	7.10 $\pm$ 1.07
ความเนียน	6.20 $\pm$ 1.57 ^b	7.00 $\pm$ 1.25 ^a	7.10 $\pm$ 1.33 ^a	7.20 $\pm$ 1.54 ^a
ความแน่น	6.00 $\pm$ 1.07 ^b	7.05 $\pm$ 1.23 ^a	7.10 $\pm$ 1.25 ^a	7.15 $\pm$ 1.30 ^a
ความชอบรวม	6.60 $\pm$ 1.04 ^b	7.10 $\pm$ 0.71 ^b	7.10 $\pm$ 1.16 ^b	7.20 $\pm$ 0.95 ^a

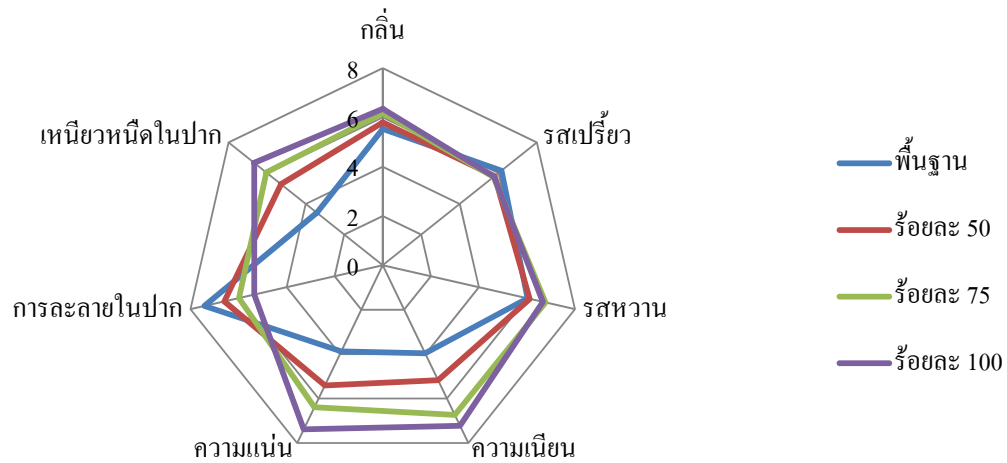
หมายเหตุ: การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บ่งบอกถึงความแตกต่างทางสถิติ

อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

นอกจากนี้ผู้ทดสอบได้ให้คะแนนความเข้มของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังภาพที่ 14 จะเห็นว่าผู้ทดสอบให้คะแนนตามระดับความเข้มของไอศกรีมเชอร์เบท ด้านกลิ่น รสเปรี้ยว รสหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในด้านความเนียน และความแน่น ผู้ทดสอบให้ค่าคะแนนความเข้มไอศกรีมที่ทดแทนระดับ 100 มากกว่า 50, 75 และสูตรพื้นฐาน โดยระดับความเนียน และความแน่นของเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยซูคราโลสที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ การละลายในปากผู้ทดสอบให้สูตรพื้นฐานมีการละลาย

มากที่สุด เมื่อมีการเติมซูคราโลสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การละลายในปากลดน้อยลง ตามลำดับ



ภาพที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Unstructured line 10-point scale ของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส

1.2.2 การตรวจสอบความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส

จากตารางที่ 16 วางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่า การทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบทด้วยซูคราโลสที่ระดับ 50, 75 และ 100% และสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้เติมซูคราโลส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 2.60-2.62 โดยความเป็นกรดเป็นผลมาจากการเติมมะนาวผงสำหรับค่า total solid ให้ผลในทำนองเดียวกัน โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ อยู่ในช่วง 21.82-22.06 องศาบริกซ์ ซึ่งอาจเป็นในแต่ละสูตรมีการปรับให้ปริมาณของแข็งใกล้เคียงกัน ดังนั้น การใช้ อินูลินช่วยเสริมในกรณีที่ใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาล น่าจะมีประโยชน์

ตารางที่ 16 ความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์ไอศกรีม (Mean $\pm$ SD.)	
	กรด-ต่าง	Total solid ($^{\circ}$ Brix)
สูตรพื้นฐาน	2.62 $\pm$ 0.01	21.93 $\pm$ 0.10
สูตรทดแทนด้วยซูคราโลส (%)		
50	2.62 $\pm$ 0.01	21.82 $\pm$ 0.41
75	2.62 $\pm$ 0.00	22.06 $\pm$ 0.10
100	2.60 $\pm$ 0.01	22.06 $\pm$ 0.10

หมายเหตุ: การทดสอบทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

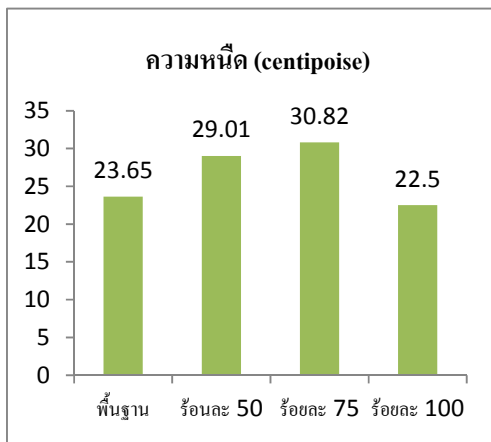
1.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส

จากตารางที่ 17 วางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่า การทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสที่ระดับเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ มีค่าความหนืด และความแน่นแข็ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนการขึ้นฟูและการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) การที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการใช้ส่วนผสมของซูคราโลสและอิโนลิน ซึ่ง อิโนลินเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต เป็นโพลิเมอร์ของฟรุกแทน ซึ่งสามารถเกิดเจลได้ (Roberfrid, 1993) โดยเฉพาะเมื่อมีน้ำตาลอยู่ด้วย ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบท ซึ่งอาจเนื่องจากโดยปกติไอศกรีมเชอร์เบทมีเนื้ออ่อนกว่าไอศกรีมชนิดอื่น (Eisner *et al.*, 2005) การมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงอาจทำให้มีลักษณะความเนียนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสทั้งด้านความเนียนและความแน่นเนื้อจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรพื้นฐานที่มีน้ำตาล (ตารางที่ 15 ที่ได้กล่าวมาแล้ว) โดยค่าความหนืดเพิ่มจาก 23.65 centipoise ของสูตรพื้นฐานเป็น 29.01 และ 30.82 centipoise เมื่อทดแทนด้วยซูคราโลสที่ 50% และ 75% แต่ลดลงเท่ากับ 22.50 centipoise เมื่อเพิ่มที่ 100% ส่วนความแน่นแข็งซึ่งวัดด้วยเครื่อง texturizer มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการทดแทนน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ส่วนการขึ้นฟูมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) จากค่า 49.51% ของสูตรพื้นฐานเป็น 43.81%, 40.46% และ 30.46% ตามลำดับ แต่ยังคงอยู่ในมาตรฐานของไอศกรีมเชอร์เบท คือ ร้อยละ 23-50 และการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลมีบทบาทช่วยให้จุลหอยหลอดต่ำลง เมื่อมีน้ำตาลน้อย จึงทำให้จุลหอยหลอดของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ละลายได้มากขึ้น (Marshall and Arbuckle, 1996) สอดคล้องกับ ภาคินี (2550) พบว่าการใช้ซูคราโลสเพิ่มขึ้นในไอศกรีมเชอร์เบทมีผลทำให้การละลายของไอศกรีมลดลงด้วยเช่นกัน

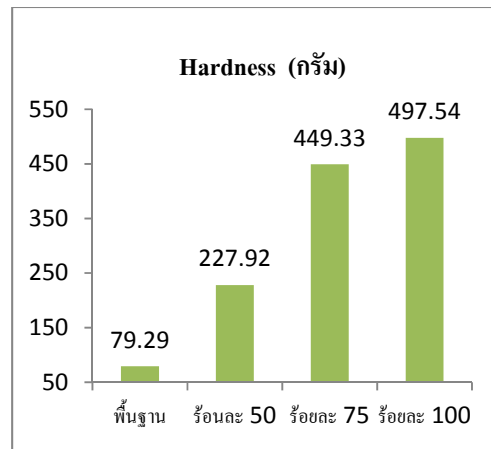
ตารางที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ชูคราโลสเป็นสารทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ (Mean $\pm$ SD.)			
	ความหนืด (centipoise)	ขึ้นฟู (Over run) (%)	ความแน่นแข็ง (กรัม)	การละลาย (ร้อยละ/กรัม/นาที)
สูตรพื้นฐาน	23.65 $\pm$ 0.20 ^c	49.51 $\pm$ 0.29 ^a	74.29 $\pm$ 18.29 ^d	3.46 $\pm$ 0.39 ^a
สูตรทดแทนด้วย ชูคราโลส (%)				
50	29.01 $\pm$ 0.13 ^b	43.81 $\pm$ 1.38 ^b	227.92 $\pm$ 42.39 ^c	2.84 $\pm$ 0.13 ^b
75	30.82 $\pm$ 0.41 ^a	40.63 $\pm$ 4.33 ^b	449.33 $\pm$ 61.76 ^b	1.89 $\pm$ 0.14 ^c
100	22.50 $\pm$ 0.16 ^d	30.46 $\pm$ 1.43 ^d	497.54 $\pm$ 86.93 ^a	0.95 $\pm$ 0.12 ^d

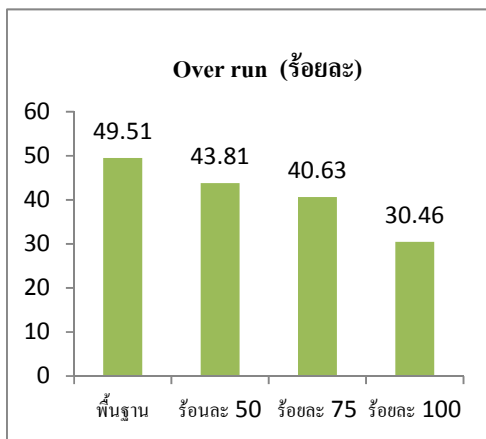
หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง บ่งบอกถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



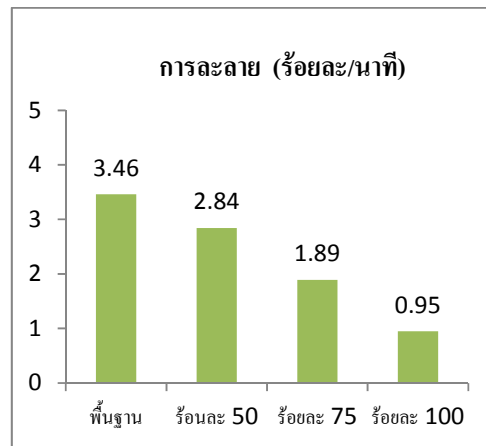
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 15 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสที่ระดับต่างกัน
ภาพ (a) ค่าความหนืด ภาพ (b) ความแน่นเนื้อ (hardness) ภาพ (c) ค่าการขึ้นฟู (over run)
และภาพ (d) การละลายของไอศกรีม

1.3 การใช้มอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

ทำการทดลองโดยทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100%

1.3.1 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล

จากตารางที่ 18 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน ความแน่น และความชอบรวม ของสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ทดแทนด้วยมอลทิทอล ระดับ 50%, 75% และ

100% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากมอลทิทอลเป็นสารให้ความหวานมีความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย คือ มีความหวาน 80-90% ของน้ำตาลทราย รวมทั้งมีน้ำหนักโมเลกุลและจุลหอยมเหลวใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส (ปิยธิดา, 2551) จึงทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการที่คะแนนการทดสอบด้านกลิ่นและรสชาติต่ำกว่าสูตรพื้นฐานเล็กน้อย อาจเป็นเพราะความหวานที่ลดน้อยลง สำหรับการทดลองต่อไปได้เลือกใช้สูตรที่ทดแทนด้วยมอลทิทอล 100% เพราะต้องการให้ได้ไอศกรีมเชอร์เบทที่มีปริมาณของน้ำตาลน้อยที่สุด สำหรับการวิจัยต่อไป

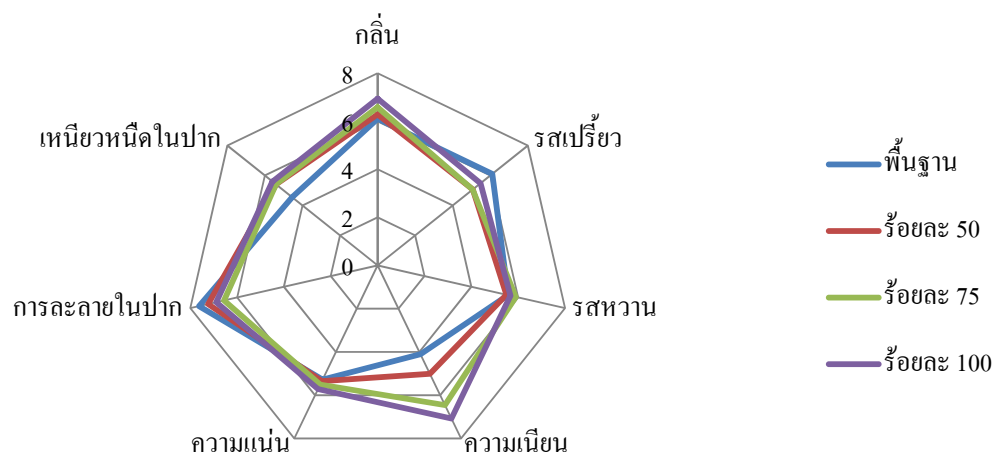
จากการทดสอบการให้คะแนนความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังภาพที่ 16 พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับความเข้มของไอศกรีมเชอร์เบท ด้านกลิ่น รสเปรี้ยว รสหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านความเนียน และความแน่นเนื้อ ผู้ทดสอบให้ค่าความเข้มไอศกรีมที่ทดแทนระดับ 100 มากกว่า 50, 75 และสูตรพื้นฐาน โดยระดับความเนียน และความแน่น ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยมอลทิทอลเพิ่มขึ้นตามลำดับ การละลายในปากผู้ทดสอบให้สูตรที่ทดแทนด้วยมอลทิทอลมีการละลายช้าที่สุด โดยเมื่อมีการเติม มอลทิทอลที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้การละลายในปากลดน้อยลง ตามลำดับ ความหนืดเหนียวในปากโดยสูตรพื้นฐานมีความเหนียวหนืดในปากน้อยที่สุด

ตารางที่ 18 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของการใช้มอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.)			
	พื้นฐาน	ระดับการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล		
		50%	75%	100%
ลักษณะปรากฏ	7.55 $\pm$ 0.99	7.45 $\pm$ 0.94	7.55 $\pm$ 0.99	7.40 $\pm$ 1.18
สี	7.45 $\pm$ 0.94	7.50 $\pm$ 1.00	7.30 $\pm$ 1.21	7.35 $\pm$ 1.26
กลิ่น	7.35 $\pm$ 0.75	6.60 $\pm$ 1.53	6.80 $\pm$ 0.89	6.75 $\pm$ 1.6
รสชาติ	7.45 $\pm$ 0.99	6.95 $\pm$ 1.23	6.90 $\pm$ 0.78	6.90 $\pm$ 1.11
ความเนียน	6.85 $\pm$ 1.42	6.75 $\pm$ 1.52	6.70 $\pm$ 1.52	7.10 $\pm$ 1.07
ความแน่น	6.00 $\pm$ 1.07	7.05 $\pm$ 1.23	7.10 $\pm$ 1.25	7.15 $\pm$ 1.30
ความชอบรวม	7.45 $\pm$ 0.99	6.70 $\pm$ 0.97	7.10 $\pm$ 0.96	7.20 $\pm$ 0.61

หมายเหตุ: การทดสอบใช้ 9-point hedonic scale

การทดสอบทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ unstructured line 10-point scale ของการใช้มอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

1.3.2 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล

จากตารางที่ 19 พบว่า การทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบทด้วยมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% และสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้เติมมอลทิทอล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 2.61-2.62 โดยความเป็นกรดเป็นผลมาจากการเติมมะนาวผง สำหรับค่า Total solid ให้ผลในการทำงานเดียวกัน โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ อยู่ในช่วง 21.93-22.06 องศาบริกซ์ ซึ่งน่าจะเป็นเพราะการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลจะใช้ปริมาณเท่ากับปริมาณน้ำตาลที่ทดแทน เนื่องจากมอลทิทอลมีความหวานที่ใกล้เคียงกับน้ำตาล จึงไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 19 ความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้มอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์คุณภาพ (Mean $\pm$ SD.)	
	กรด-ต่าง	Total solid ($^{\circ}$ Brix)
สูตรพื้นฐาน	2.62 $\pm$ 0.01	21.93 $\pm$ 0.10
สูตรทดแทนด้วยมอลทิทอล (%)		
50	2.61 $\pm$ 0.02	22.02 $\pm$ 0.28
75	2.61 $\pm$ 0.02	22.06 $\pm$ 0.10
100	2.60 $\pm$ 0.01	22.00 $\pm$ 0.00

หมายเหตุ: การทดสอบทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ ($p > 0.05$)

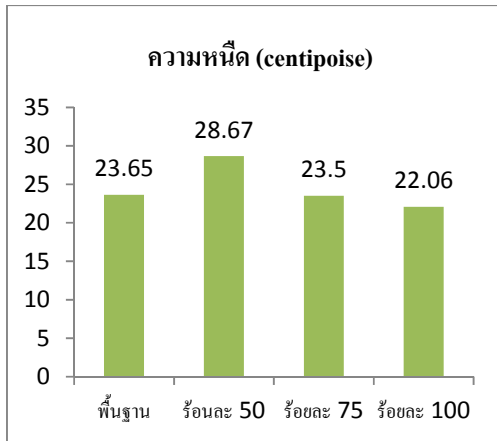
1.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล

จากตารางที่ 20 พบว่าการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความหนืด ความแน่นแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และการขึ้นฟูและการละลายมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 23.65, 28.67, 23.50 และ 22.06 centipoise การขึ้นฟูมีค่าอยู่ที่ 49.51, 45.86, 40.63 และ 35.36% แต่การขึ้นฟูยังอยู่ในมาตรฐานของไอศกรีมเชอร์เบท คือ 23-50%

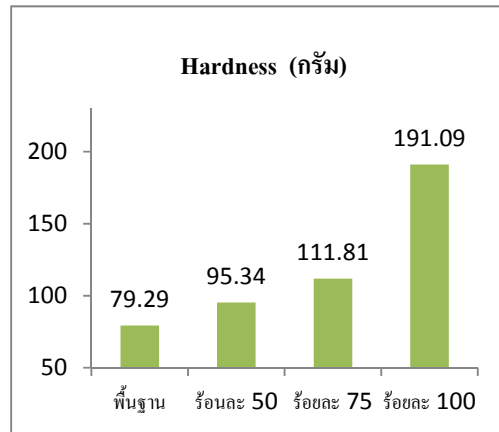
ตารางที่ 20 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้มอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ (Mean $\pm$ SD.)			
	ความหนืด (centipoise)	การขึ้นฟู (%)	ความแน่นแข็ง (กรัม)	การละลาย (ร้อยละ/กรัม/นาที)
สูตรพื้นฐาน	23.65 $\pm$ 0.20 ^a	49.51 $\pm$ 0.29 ^a	74.29 $\pm$ 18.29 ^a	3.46 $\pm$ 0.39 ^a
สูตรทดแทนด้วยมอลทิทอล (%)				
50	28.67 $\pm$ 0.15 ^b	45.86 $\pm$ 1.41 ^b	95.34 $\pm$ 21.04 ^{ab}	2.75 $\pm$ 0.19 ^b
75	23.50 $\pm$ 0.13 ^a	40.63 $\pm$ 1.67 ^c	111.81 $\pm$ 22.69 ^b	2.59 $\pm$ 0.12 ^b
100	22.06 $\pm$ 0.39 ^c	35.36 $\pm$ 2.19 ^d	191.09 $\pm$ 31.41 ^c	3.04 $\pm$ 0.08 ^a

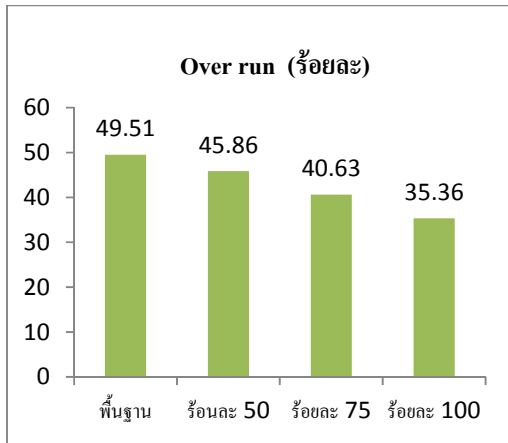
หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



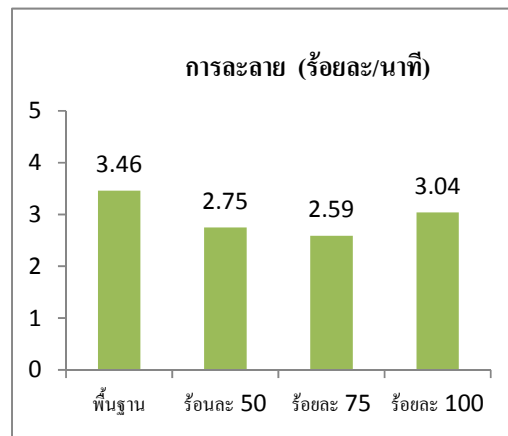
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่ระดับต่างกัน

ภาพ (a) ค่าความหนืด ภาพ (b) ความแน่นแข็ง (hardness)

ภาพ (c) ค่าการขึ้นฟู (over run) และภาพ (d) การละลายของไอศกรีม

1.4 การใช้ซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

การทดลองโดยทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอล (1: 1) ที่ระดับ 50, 75 และ 100% ของน้ำตาล โดยซูคราโลสทดแทนน้ำตาลที่ระดับความหวานและเสริมด้วยอินูลิน ส่วนมอลทิทอลทดแทนตามน้ำหนักของน้ำตาล

1.4.1 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสและมอลทิทอลร่วมกัน

จากตารางที่ 21 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับสูตรพื้นฐาน ในด้านความเนียน และความแน่น ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรที่ทดแทนด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลที่ 100% (ทดแทนน้ำตาลทั้งหมด) สูงกว่าที่ทดแทนที่ระดับ 50%, 75% และสูตรพื้นฐาน ด้านความชอบรวมผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรพื้นฐาน กับสูตรที่ทดแทนด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ให้คะแนนการยอมรับสูตรที่ทดแทนในระดับ 100% มากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 7.50 ± 0.82)

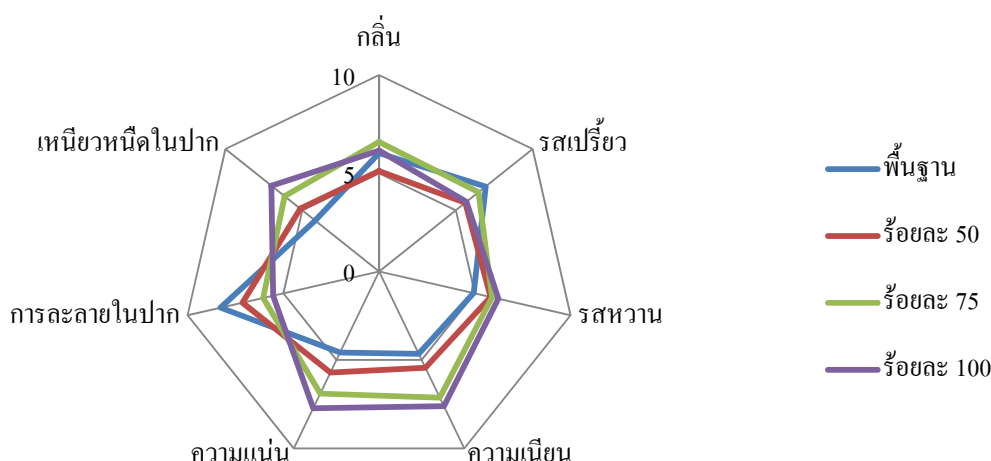
ตารางที่ 21 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลทดแทนน้ำตาล

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.)			
	พื้นฐาน	ซูคราโลส+มอลทิทอล		
		50:50	75:25	100:0
ลักษณะปรากฏ	7.10 $\pm$ 1.55	7.40 $\pm$ 0.82	7.85 $\pm$ 0.81	7.75 $\pm$ 0.71
สี	7.55 $\pm$ 1.05	7.50 $\pm$ 1.05	7.75 $\pm$ 1.10	7.65 $\pm$ 1.08
กลิ่น	7.21 $\pm$ 1.47	7.00 $\pm$ 1.29	7.10 $\pm$ 1.19	7.52 $\pm$ 1.17
รสชาติ	7.85 $\pm$ 0.93	6.45 $\pm$ 1.50	7.00 $\pm$ 1.62	7.25 $\pm$ 1.33
ความเนียน	6.85 $\pm$ 1.49 ^b	6.95 $\pm$ 0.94 ^b	7.35 $\pm$ 1.34 ^a	7.65 $\pm$ 1.18 ^a
ความแน่น	6.85 $\pm$ 1.18 ^a	6.90 $\pm$ 1.20 ^a	7.45 $\pm$ 1.27 ^b	7.90 $\pm$ 1.27 ^c
ความชอบรวม	7.15 $\pm$ 1.13	7.15 $\pm$ 1.13	7.45 $\pm$ 1.19	7.50 $\pm$ 0.82

หมายเหตุ: การทดสอบใช้ 9-point hedonic scale และค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากภาพที่ 18 พบว่า ผู้ทดสอบให้ระดับความเข้มของไอศกรีมเชอร์เบท ด้านกลิ่น รสเปรี้ยว รสหวานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านความเนียน และความแน่น ผู้ทดสอบให้ค่าความเข้มไอศกรีมที่ทดแทนระดับ 100% มากกว่าที่ 50%, 75% และสูตรพื้นฐาน โดยระดับความเนียน และความแน่น เนื้อที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการทดแทนด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลเพิ่มขึ้นตามลำดับ การละลายในปากผู้ทดสอบให้สูตรพื้นฐานมีการละลายเร็วที่สุด และสูตรที่ทดแทน 100% มีการละลายช้าที่สุด ความหนืดเหนียว

ในปากสูตรพื้นฐานมีความเหนียวหนืดในปากน้อยที่สุด ที่สุด และสูตรที่ทดแทน 100% มีความเหนียวหนืดในปากมากที่สุด



ภาพที่ 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ unstructured line 10-point scale ของการใช้ซูคราโลส ร่วมกับมอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

1.4.2 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสและมอลทิทอลร่วมกัน

จากตารางที่ 22 พบว่าความเป็นกรด-ต่างและปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมเชอร์เบทที่ทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% และสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้เติมซูคราโลสและมอลทิทอล ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-ต่าง อยู่ในช่วง 2.63-2.63 และค่า total solid อยู่ในช่วง 21.93-22.11 องศาบริกซ์

ตารางที่ 22 ความเป็นกรดต่างและปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์ (Mean $\pm$ SD.)	
	กรด-ต่าง	Total solid ($^{\circ}$ Brix)
สูตรพื้นฐาน	2.62 $\pm$ 0.01	21.93 $\pm$ 0.10
สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส:มอลทิทอล		
50:50	2.62 $\pm$ 0.01	22.06 $\pm$ 0.50
75:25	2.63 $\pm$ 0.01	22.11 $\pm$ 0.28
100:0	2.63 $\pm$ 0.01	22.06 $\pm$ 0.52

หมายเหตุ: การทดสอบทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

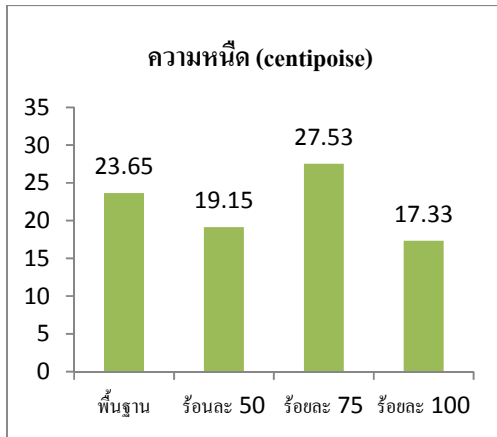
1.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลและซูคราโลสร่วมกัน

จากตารางที่ 23 พบว่า การทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความแน่นแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนการขึ้นฟู ความแน่นแข็ง และการละลายลดลง ส่วนความหนืดไม่ชัดเจน โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 23.65, 19.15, 27.53 และ 17.53 centipoise ตามลำดับ

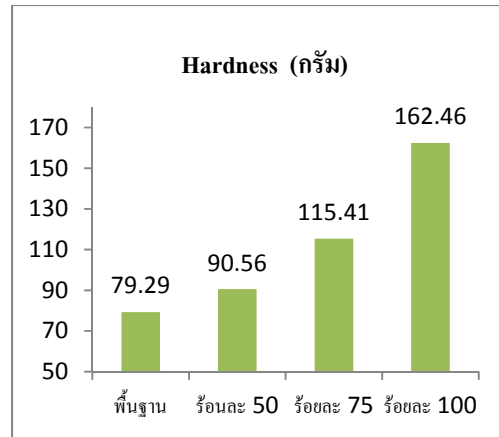
ตารางที่ 23 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลเป็นสารทดแทนน้ำตาล

ไอศกรีม	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ (Mean $\pm$ SD)			
	ความหนืด (centipoise)	ขึ้นฟู (over run) (%)	แน่นแข็ง (hardness) (กรัม)	การละลาย (ร้อยละ/กรัม/นาที)
สูตรพื้นฐาน	23.65 $\pm$ 0.20 ^a	49.51 $\pm$ 0.29 ^a	74.29 $\pm$ 18.29 ^a	3.46 $\pm$ 0.39 ^a
สูตรทดแทนด้วยซูคราโลส: มอลทิทอล				
50:50	19.15 $\pm$ 0.07 ^b	48.38 $\pm$ 0.68 ^b	90.56 $\pm$ 14.83 ^{ab}	2.96 $\pm$ 0.65 ^b
75:25	27.53 $\pm$ 0.07 ^c	43.54 $\pm$ 2.29 ^c	115.41 $\pm$ 23.63 ^b	2.80 $\pm$ 0.04 ^c
100:0	17.33 $\pm$ 0.18 ^d	31.45 $\pm$ 2.99 ^a	162.46 $\pm$ 36.72 ^c	2.55 $\pm$ 0.06 ^d

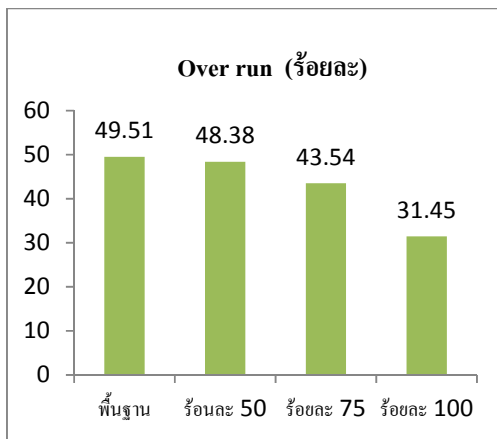
หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บ่งบอกถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)



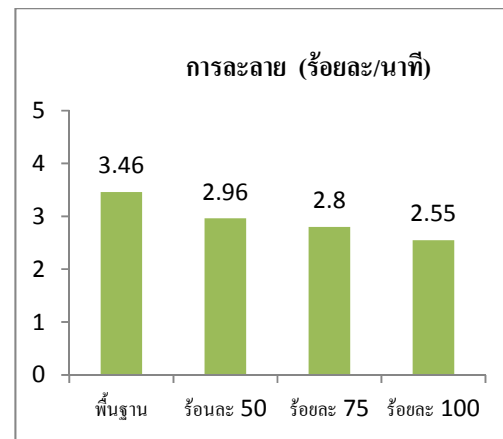
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพที่ 19 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอล
ภาพ (a) ค่าความหนืด ภาพ (b) ความแน่นแข็ง (hardness) ภาพ (c) ค่าการขึ้นฟู (over run)
และภาพ (d) การละลายของไอศกรีม

1.5 การเปรียบเทียบไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลแต่ละชนิดที่ดีที่สุดที่คัดเลือกจากการทดลองข้างต้น

คัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสจากการทดลองข้างต้นได้แก่ สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลส 100% ทดแทนด้วยมอลทิทอล 100% และทดแทนด้วยซูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลที่ 100% นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้งเพื่อหาการทดแทนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ

จากตารางที่ 24 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทสูตรพื้นฐาน สูตรทดแทนน้ำตาล ทั้งหมดด้วยชูคราโลส มอลทิทอล และชูคราโลสร่วมกับมอลทิทอลที่ระดับ 100% ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านความเนียน ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ สูตรชูคราโลสสูงที่สุด มากกว่าสูตรพื้นฐานและสูตรทดแทนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่า ความแน่นเนื้อ ผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรชูคราโลส สูงกว่า สูตรพื้นฐาน และสูตรมอลทิทอล อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ และสูงกว่าสูตรชูคราโลสร่วมกับมอลทิทอล แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกสูตรทดแทนด้วยชูคราโลสที่ระดับ 100% สำหรับการทดลองต่อไป

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทเมื่อใช้ชูคราโลส มอลทิทอล และชูคราโลสร่วมกับมอลทิทอล เป็นสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.)			
	การทดแทนน้ำตาลด้วยสารให้ความหวานที่ 100%			
	พื้นฐาน	ชูคราโลส	มอลทิทอล	ชูคราโลส + มอลทิทอล
ลักษณะปรากฏ	7.35 $\pm$ 1.03	7.40 $\pm$ 1.09	7.60 $\pm$ 0.88	7.60 $\pm$ 1.14
สี	7.20 $\pm$ 0.83	7.35 $\pm$ 1.18	7.25 $\pm$ 1.33	7.15 $\pm$ 1.34
กลิ่น	7.00 $\pm$ 1.12	7.05 $\pm$ 0.75	7.00 $\pm$ 0.85	7.20 $\pm$ 0.69
รสชาติ	7.05 $\pm$ 0.94	7.10 $\pm$ 1.07	7.05 $\pm$ 0.75	7.00 $\pm$ 0.97
ความเนียน	6.20 $\pm$ 0.95 ^a	8.15 $\pm$ 0.58 ^b	7.20 $\pm$ 1.00 ^c	7.50 $\pm$ 0.51 ^c
ความแน่น	6.70 $\pm$ 0.80 ^a	7.85 $\pm$ 0.74 ^b	7.05 $\pm$ 0.68 ^a	7.50 $\pm$ 0.60 ^b
ความชอบรวม	6.90 $\pm$ 0.55 ^a	7.80 $\pm$ 0.76 ^b	7.10 $\pm$ 0.44 ^a	7.30 $\pm$ 0.65 ^a

หมายเหตุ: การทดสอบใช้ 9-point hedonic scale และค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 20 ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลด้วยชูคราโลส

1.7 การผสมดอกอัญชันในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล

จากการทดลองข้างต้น ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลด้วยการใช้สารทดแทนน้ำตาลซูคราโลสและอินูลินได้รับการยอมรับมากกว่าการใช้มอลทิทอลเพียงอย่างเดียวและมากกว่าการใช้ส่วนผสมของมอลทิทอลและซูคราโลสร่วมกัน จึงนำไอศกรีมเชอร์เบททดแทนด้วยซูคราโลสและอินูลินมาทดลองเสริมด้วยดอกอัญชัน โดยหาวิธีผสมดอกอัญชันที่จะช่วยให้ประโยชน์ในด้านสมุนไพรและสีที่ช่วยเพิ่มความน่ารับประทานของไอศกรีมให้มากที่สุด จากการทดลองเบื้องต้นเปรียบเทียบการใช้น้ำดอกอัญชันสด น้ำดอกอัญชันแห้ง ที่ปริมาณต่างกัน พบว่าการใช้ดอกอัญชันแห้ง 0.3% ของส่วนผสมทั้งหมดช่วยเพิ่มสีของไอศกรีม ทำให้ดูน่ารับประทานมากกว่าการใช้ดอกไม้สด ซึ่งเมื่อใช้ในปริมาณมาก จะเกิดกลิ่นของใบไม้



ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล
ด้วยสารทดแทนซูคราโลสและอินูลิน



ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลด้วยสารทดแทน
ซูคราโลสและอินูลินผสมด้วยน้ำดอกอัญชัน 0.3%

ภาพที่ 21 เปรียบเทียบลักษณะภายนอกของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรพื้นฐานและสูตรผสมน้ำดอกอัญชัน

หลังจากนั้นได้ทดลองความเป็นไปได้ในการเพิ่มมิติของเนื้อสัมผัสของไอศกรีมมากขึ้นด้วยการผสมกลีบดอกอัญชัน ที่น่าจะช่วยเพิ่มประโยชน์จากดอกอัญชันมากขึ้น โดยทดลองการผสมกลีบดอกอัญชันที่ 1, 3 และ 5% ผลพบว่าการผสมกลีบดอกอัญชันได้เพิ่มมิติของลักษณะปรากฏที่ดี (ภาพที่ 22) และได้ผลการทดสอบ ดังนี้



ไอศกรีมเชอร์เบทไม่ได้ผสมกลีบดอกอัญชัน



ไอศกรีมเชอร์เบทผสมกลีบดอกอัญชัน 1%



ไอศกรีมเชอร์เบทผสมกลีบดอกอัญชัน 3%



ไอศกรีมเชอร์เบทผสมกลีบดอกอัญชัน 5%

ภาพที่ 22 เปรียบเทียบลักษณะภายนอกของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยกลีบดอกอัญชันระดับต่างกัน

1.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทดอกอัญชันปราศจากน้ำตาล

จากตารางที่ 25 ผู้ทดสอบให้การยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทสูตรพื้นฐานและสูตรที่ผสมกลีบดอกอัญชันที่ระดับ 1, 3 และ 5% ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนด้านความเนียนผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับสูตรพื้นฐานที่ไม่ผสมกลีบดอกอัญชันสูงกว่าสูตรที่ผสมกลีบดอกอัญชันที่ระดับ 3% และ 5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความแน่นเนื้อ สูตรพื้นฐานได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรที่ผสมกลีบดอกอัญชัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การผสมกลีบดอกอัญชันที่มากขึ้นทำให้ไอศกรีมมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้ความเนียนและความแน่นเนื้อไม่เท่ากับสูตรพื้นฐาน แต่คะแนนที่ได้รับแม้ต่ำกว่า แต่อยู่ในช่วงคะแนนความชอบระดับชอบปานกลางเช่นเดียวกัน แต่ในด้านความชอบรวมผู้ทดสอบให้การยอมรับการเติมกลีบดอกอัญชันร้อยละ 3 มากกว่าสูตรพื้นฐาน และสูตรที่เติมกลีบดอกอัญชันที่ระดับ 1% และ 5% แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น่าจะเป็นเพราะการผสมกลีบดอกอัญชันทำให้ลักษณะปรากฏที่น่าชวนรับประทาน ดังภาพที่ 26

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมกลีบดอกอัญชัน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean $\pm$ SD.)			
	สูตรพื้นฐาน	ปริมาณผสมกลีบดอกอัญชัน		
		1%	3%	5%
ลักษณะปรากฏ	6.80 $\pm$ 1.75	7.45 $\pm$ 0.99	7.90 $\pm$ 0.85	7.55 $\pm$ 0.94
สี	6.95 $\pm$ 1.43	7.40 $\pm$ 1.23	7.80 $\pm$ 0.89	7.70 $\pm$ 0.92
กลิ่น	7.05 $\pm$ 0.99	7.15 $\pm$ 0.93	7.15 $\pm$ 0.93	7.40 $\pm$ 0.94
รสชาติ	7.55 $\pm$ 1.05	7.70 $\pm$ 0.92	7.20 $\pm$ 0.83	7.10 $\pm$ 0.71
ความเนียน	7.95 $\pm$ 1.05 ^a	7.50 $\pm$ 1.39 ^{ab}	7.25 $\pm$ 1.11 ^b	7.20 $\pm$ 1.00 ^b
ความแน่น	7.45 $\pm$ 0.99	7.25 $\pm$ 1.20	7.25 $\pm$ 1.06	7.25 $\pm$ 0.78
ความชอบรวม	7.40 $\pm$ 1.18	7.35 $\pm$ 1.36	7.60 $\pm$ 0.99	7.35 $\pm$ 0.48

หมายเหตุ: การทดสอบใช้ 9-point hedonic scale และค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บอความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมเชอร์เบทดอกอัญชันปราศจากน้ำตาล

จากตารางที่ 26 พบว่า การวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีมเชอร์เบทที่ผสมกลีบดอกอัญชันต่างกัน สูตรพื้นฐานที่ไม่ได้ผสมกลีบดอกอัญชันมีค่าความสว่างมากที่สุด (L^* เท่ากับ 62.63 ± 1.41) ส่วนค่า a^* และ b^* ต่ำสุด (13.53 ± 0.48 และ -5.08 ± 0.30 ตามลำดับ)

ตารางที่ 26 ค่าสีของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมกลีบดอกอัญชัน

กลีบดอกอัญชัน (%)	ค่าสี (Mean $\pm$ SD.)		
	L	a^*	b^*
สูตรพื้นฐาน	62.63 $\pm$ 1.41 ^a	13.53 $\pm$ 0.48 ^a	-5.08 $\pm$ 0.30 ^a
1	58.72 $\pm$ 1.23 ^b	14.53 $\pm$ 0.39 ^a	-5.97 $\pm$ 0.29 ^b
3	53.33 $\pm$ 0.98 ^c	16.53 $\pm$ 0.39 ^b	-7.34 $\pm$ 0.49 ^c
5	51.24 $\pm$ 1.37 ^d	16.76 $\pm$ 0.98 ^b	-7.52 $\pm$ 0.63 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บอความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้บริโภครับไอศกรีมเชอร์เบททดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยซูคราโลส และที่มีการผสมกลีบดอกอัญชัน 3% มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่เติมกลีบดอกอัญชัน 5% จึงเลือกทั้งสองสูตรในการวิเคราะห์คุณค่าและการศึกษาต่อไป

1.5.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

1) การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานินมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีบดอกอัญชันที่เพิ่ม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสูตรแต่ละสูตร ($p < .05$) ส่วนในไอศกรีมเชอร์เบทสูตรพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชัน การวิเคราะห์ไม่พบปริมาณสารแอนโทไซยานิน (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ปริมาณสารแอนโทไซยานินของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ไอศกรีมเชอร์เบท	ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (mg /100g fresh weight)
สูตรพื้นฐาน (ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชัน)	0.0 ± 0.000 ^a
สูตรปราศจากน้ำตาล	
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 0	0.185 ± 0.047 ^b
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 3	0.585 ± 0.139 ^c
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 5	0.770 ± 0.092 ^d

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บ่งบอกถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

1.5.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรดอกอัญชัน ผสมมะนาว

จากตารางที่ 28 พบว่าไอศกรีมเชอร์เบทผสมดอกอัญชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสูตรพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

ปริมาณกลีบดอกอัญชันที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นกัน การผสมดอกอัญชันในไอศกรีมจึงช่วยเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกให้สูงขึ้น ทำนองเดียวกับการผสมสารสกัดหยาบจากขิงในไอศกรีมที่พบว่าทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่พบสารประกอบฟีนอลิกในสูตรพื้นฐานที่ไม่มีสารสกัดจากขิง (ชัยรัตน์, 2552)

ตารางที่ 28 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ไอศกรีมเชอร์เบท	Total Phenolic (mg GAE/1g Dry weight)
สูตรพื้นฐาน (ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชัน)	0.031 ± 0.002^a
สูตรปราศจากน้ำตาล	
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 0	0.393 ± 0.015^b
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 3	0.884 ± 0.017^c
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 5	1.091 ± 0.043^d

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บ่งบอกถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

1.5.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) และ DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) พบว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมของดอกอัญชันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เพิ่มขึ้นจาก 1.125 ± 0.079 $\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$ ในสูตรพื้นฐาน เป็น 5.157 ± 0.399 $\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$ ในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลที่มีส่วนผสมของน้ำดอกอัญชัน และเพิ่มเป็น 10.114 ± 0.562 และ 12.459 ± 0.738 $\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$ เมื่อมีการผสมกลีบดอกอัญชันที่ 3 และ 5% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ให้ผลทำนองเดียวกัน

ตารางที่ 29ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว ด้วยวิธี FRAP และ DPPH

ไอศกรีมเชอร์เบท	FRAP ($\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$)	DPPH ($\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$)
สูตรพื้นฐาน(ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชัน)	1.125 $\pm$ 0.079 ^a	0.649 $\pm$ 0.186 ^a
สูตรปราศจากน้ำตาล		
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 0	5.157 $\pm$ 0.399 ^b	5.175 $\pm$ 0.257 ^b
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 3	10.114 $\pm$ 0.562 ^c	7.579 $\pm$ 0.223 ^c
น้ำอัญชัน+กลีบดอกอัญชันร้อยละ 5	12.459 $\pm$ 0.738 ^d	8.078 $\pm$ 0.112 ^d

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

1.5.7 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

จากตารางที่ 30 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC: total plate count) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย และตรวจไม่พบ *E.coli* (*Escherichia coli*) และ *S. aureus* (*Staphylococcus aureus*) ตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 222 (2544) เรื่องกำหนดให้ไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ จะต้องตรวจไม่พบเชื้อ *E.coli* ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค *Staphylococcus aureus* ไม่พบใน 0.1 กรัม *Bacillus cereus* ไม่เกิน 100 ใน 1 กรัม, *Listeria monocytogenes* ไม่พบใน 25 กรัม อย่างไรก็ตามไอศกรีมจัดเป็นอาหารที่จะต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากเป็นอาหารที่ผ่านความร้อนน้อย ดังนั้นกระบวนการผลิตโดยเฉพาะขั้นตอนของการเตรียมส่วนผสมที่ใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 25 วินาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในอ่างน้ำเย็นและบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความสำคัญ นอกจากนั้นในระหว่างการผลิต ผู้ผลิตจะต้องรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลและวิธีปฏิบัติตามหลักสุขาภิบาลอาหาร จึงจะช่วยให้ไอศกรีมมีความปลอดภัย (Marshall and Arbuckle, 1996)

ตารางที่ 30 จำนวนจุลินทรีย์ของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ไอศกรีมเชอร์เบท	TPC CFU/g. (ml)	<i>E.coli</i> MPN/g. (ml)	<i>S.aureus</i> CFU/g. (ml)
สูตรพื้นฐาน	20	ND	ND
สูตรปราศจากน้ำตาล			
อัญชันร้อยละ 0	10	ND	ND
อัญชันร้อยละ 3	10	ND	ND
อัญชันร้อยละ 5	20	ND	ND

หมายเหตุ: ND = non-detected ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ระบุ

1.5.8 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

จากตารางที่ 31 (วางแผนการทดลองแบบ CRD) พบว่า การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาลพบว่ามีพลังงานและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แต่มีความชื้น แร่ ไขมัน และใยอาหารสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยเชอร์เบทอัญชัน (3%) ปราศจากน้ำตาลมีพลังงานลดลง 15.42% คาร์โบไฮเดรตลดลง 21.81% ส่วนความชื้นเพิ่มขึ้น 5.38% แร่เพิ่มขึ้น 1,300% ไขมันเพิ่มขึ้น 1,425% และใยอาหารเพิ่ม 377.78% ของสูตรพื้นฐาน ส่วนโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่ไอศกรีมมีโปรตีนไขมัน ใยอาหาร และแร่เพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งอาจมาจากดอกอัญชัน ซึ่งมีรายงานที่ส่วนก้านและใบมีโปรตีน 20.89% คาร์โบไฮเดรต 40.36% ไขมัน 2.64% ใยอาหาร 28.83% และแร่ 7.27% แต่ไม่พบรายงานของส่วนที่เป็นดอก (ร้านสมุนไพรออนไลน์, 2556) นอกจากนี้ยังอาจไม่ได้ครอบคลุมถึงส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ เพราะซูคราโลสและอินูลินซึ่งมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตแต่ร่างกายย่อยไม่ได้ นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ดังนั้นหากพิจารณาถึงปริมาณพลังงานที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์แล้วน่าจะลดลงมากกว่านี้

ตารางที่ 31 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

คุณค่าทางโภชนาการ	สูตรพื้นฐาน	ไอศกรีมผสมกลีบบัวชั้น ต่อ 100 กรัม (Mean $\pm$ SD.)		
		ร้อยละ 0	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5
พลังงาน (Kcal)	105.16 $\pm$ 2.08 ^a	85.63 $\pm$ 3.33 ^b	88.94 $\pm$ 1.75 ^b	86.36 $\pm$ 3.09 ^b
ความชื้น (กรัม)	73.57 $\pm$ 0.48 ^a	78.19 $\pm$ 0.64 ^b	77.53 $\pm$ 0.34 ^b	77.51 $\pm$ 0.49 ^b
เถ้า (กรัม)	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.11 $\pm$ 0.03 ^b	0.14 $\pm$ 0.03 ^b	0.18 $\pm$ 0.04 ^b
โปรตีน (กรัม)	1.40 $\pm$ 0.26	1.38 $\pm$ 0.35	1.47 $\pm$ 0.02	1.90 $\pm$ 0.20
ไขมัน (กรัม)	0.04 $\pm$ 0.01 ^a	0.19 $\pm$ 0.02 ^b	0.61 $\pm$ 0.02 ^c	0.64 $\pm$ 0.07 ^c
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	24.80 $\pm$ 0.30 ^a	19.60 $\pm$ 0.58 ^b	19.39 $\pm$ 0.37 ^b	18.25 $\pm$ 0.70 ^b
ใยอาหาร (กรัม)	0.18 $\pm$ 0.02 ^a	0.53 $\pm$ 0.02 ^b	0.86 $\pm$ 0.02 ^c	1.52 $\pm$ 0.02 ^d

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.5.9 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาลหรือค่าไกลซีมิกอินเดกซ์ (glycemic index) ของไอศกรีมไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

ตารางที่ 32 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาลของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล แบบ *in vitro* เป็นการทดลองแบบจำลองการย่อยอาหารในหลอดทดลองด้วย artificial saliva และ pepsin หลังจากนั้นถูกย่อยด้วยเอนไซม์ pancreatin และ amyloglucosidase วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการย่อย นำมาคำนวณหาค่าดัชนีน้ำตาล มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่าสูตรพื้นฐานซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำตาลทราย มีค่าดัชนีน้ำตาล (ค่าเฉลี่ย 4.52 ± 0.30) สูงกว่าสูตรปราศจากน้ำตาลซึ่งใช้การทดแทนน้ำตาลด้วยซูคราโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ถึงแม้ว่าซูคราโลสผลิตมาจากซูโครสซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำตาลทราย แต่ได้มีการปรับโครงสร้างโมเลกุลทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ การนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลจึงไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลที่ปลดปล่อยออกมา หรืออีกนัยหนึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด สำหรับการผสมด้วยน้ำอัญชันและกลีบบอกอัญชันต่างกัน ที่ระดับ 0%, 3% และ 5% มีค่าดัชนีน้ำตาลไม่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย 0.16-0.17) โดยผลของค่า RAG (Rapidly available glucose) SAG (Slowly available glucose) และ TG (Total glucose) มีทิศทางในแนวเดียวกัน

แสดงให้เห็นว่าการทดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่าสูตรพื้นฐานที่ใช้น้ำตาล โดยมีผลเพียง 3.54% ของสูตรพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับ Ma *et al.* (2009) ได้ศึกษาผลของการดูดซึมสารให้ความหวานซูคราโลสในลำไส้เล็ก พบว่าการฉีดกลูโคสให้คนที่มีความผิดปกติ เมื่อเวลาผ่าน 30 นาทีสามารถตรวจพบกลูโคสในเลือดร้อยละ 25 แต่เมื่อให้ซูคราโลสกับคนสุขภาพปกติ อีกกลุ่มหนึ่ง เมื่อวัดระดับน้ำตาลในเลือดพบว่าอยู่ในระดับปกติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ซูคราโลสไม่มีผลต่อการดูดซึมกลูโคส หรือมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีน้ำตาลของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ไอศกรีมเชอร์เบท ปราศจากน้ำตาล	ระดับน้ำตาลกลูโคส (mean $\pm$ SD.)			Glycemic response
	RAG (%)	SAG (%)	TG (%)	
สูตรพื้นฐาน	11.31 $\pm$ 0.75 ^a	7.42 $\pm$ 0.08 ^a	15.29 $\pm$ 0.10 ^a	4.52 $\pm$ 0.30 ^a
อัญชันร้อยละ 0	0.41 $\pm$ 0.07 ^b	0.31 $\pm$ 0.02 ^b	0.45 $\pm$ 0.06 ^b	0.16 $\pm$ 0.03 ^b
อัญชันร้อยละ 3	0.41 $\pm$ 0.05 ^b	0.49 $\pm$ 0.06 ^c	0.55 $\pm$ 0.04 ^b	0.16 $\pm$ 0.02 ^b
อัญชันร้อยละ 5	0.42 $\pm$ 0.09 ^b	0.52 $\pm$ 0.04 ^c	0.57 $\pm$ 0.04 ^b	0.17 $\pm$ 0.03 ^b

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)
RAG คือ Rapidly available glucose, SAG คือ Slowly available glucose TG คือ Total glucose

1.5.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล (Consumer test)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คนของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมกลีบดอกอัญชัน 3% และ 5% ณ โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงร้อยละ 60 เพศชายร้อยละ 40 โดยมีอายุไม่เกิน 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 13 ช่วงอายุ 21-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 41 ช่วงอายุ 26-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 14 ช่วงอายุ 31-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 7 ช่วงอายุ 36-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 14 และอายุมากกว่า 41 ปี คิดเป็นร้อยละ 11 ด้านระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 3 ระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 13 ระดับอนุปริญญา (ปวส. ปวช.) คิดเป็นร้อยละ 3 ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 56 สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 25 ด้านรายได้ต่อเดือนของผู้ทดสอบ น้อยกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 34 ในช่วง 10,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22 ในช่วง 15,000-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 22 ในช่วง 20,001-25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 9 ในช่วง

25,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 6 ในช่วง 30,001-35,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 2 อยู่ในช่วง 35,001-40,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 3 และรายได้สูงกว่า 40,001 บาท คิดเป็นร้อยละ 2 ด้านอาชีพของผู้ทดสอบ เป็น อาชีพนักเรียนนักศึกษา ร้อยละ 49 ข้าราชการ ร้อยละ 12 พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 27 ธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 7 และอาชีพอื่นๆ ร้อยละ 5

ตารางที่ 33 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคในการทดสอบการยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน (คน)	%
เพศ		
หญิง	60	60.0
ชาย	40	40.0
อายุ		
ไม่เกิน 20 ปี	13	13.0
21-25 ปี	41	41.0
26-30 ปี	14	14.0
31-35 ปี	7	7.0
36-40 ปี	14	14.0
มากกว่า 41ปี	11	11.0
การศึกษา		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	3	3.0
มัธยมศึกษา	13	13.0
อนุปริญญา(ปวช.ปวส.)	3	3.0
ปริญญาตรี	56	56.0
สูงกว่าปริญญาตรี	25	25.0
รายได้		
น้อยกว่า 10000	34	34.0
10001-15000	22	22.0
15001-20000	22	22.0
20001-25000	9	9.0
25001-30000	6	6.0
30001-35000	2	2.0
35001-40000	3	3.0
สูงกว่า 40001	2	2.0

ตารางที่ 33 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน (คน)	%
อาชีพ		
นักเรียนนักศึกษา	49	49.0
ข้าราชการ	12	12.0
พนักงานบริษัทเอกชน	27	27.0
ธุรกิจส่วนตัว	7	7.0
อื่น ๆ	5	5.0

2) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล แบบ 9-point hedonic scale

จากตารางที่ 34 พบว่า คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลที่มีส่วนผสมของกลีบดอกอัญชัน 3% และ 5% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนการทดสอบของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลที่มีส่วนผสมของกลีบดอกอัญชัน 3% สูงกว่าที่ 5% เล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ที่ระดับ 7.39 ± 1.19 และ 7.18 ± 1.47 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง

ตารางที่ 34 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาว

ลักษณะของไอศกรีม	ไอศกรีมเชอร์เบทผสมกลีบดอกอัญชัน (Mean $\pm$ SD.)	
	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5
สี	7.21 $\pm$ 1.41	7.20 $\pm$ 1.38
กลิ่น	6.92 $\pm$ 1.26	6.72 $\pm$ 1.20
รสชาติ	7.32 $\pm$ 1.13	7.20 $\pm$ 1.38
ความเนียน	7.12 $\pm$ 1.10	7.01 $\pm$ 1.07
ความแน่นเนื้อ	7.05 $\pm$ 1.45	7.04 $\pm$ 1.49
ความชอบรวม	7.39 $\pm$ 1.19	7.18 $\pm$ 1.47

หมายเหตุ: การทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีม
เชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

จากการสอบถามของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ (94%) ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล โดยระบุเหตุผลตามลำดับดังนี้ มีรสชาติดี อร่อย (63%) มีประโยชน์ต่อร่างกาย (22%) และ อื่นๆ (15%) ตามลำดับ โดยเหตุผลอื่นๆ ระบุว่าไอศกรีมเชอร์เบทมีความแปลกใหม่ มีสีสันสวยงาม และเป็นผู้ที่ชอบรับประทานไอศกรีมเชอร์เบทอยู่แล้ว เป็นต้น และหากมีการจัดจำหน่าย ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ (92%) จะตัดสินใจเลือกซื้อ โดยเหตุผลที่ตัดสินใจเลือกซื้อ คือ ชอบในรสชาติ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ตารางที่ 35 ความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตร
อัญชันผสมมะนาว

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล นี้หรือไม่	
ยอมรับ	94.0
ไม่ยอมรับ	6.0
ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล เพราะเหตุใด	
รสชาติดี มีความอร่อย	63.0
มีประโยชน์ต่อร่างกาย	22.0
อื่นๆ	15.0
ถ้ามีผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล นี้จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่	
ซื้อ	92.0
ไม่ซื้อ	8.0

4) ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบท

ผู้ทดสอบทั้งหมดเห็นด้วยกับการนำสมุนไพรไทยมาเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมเชอร์เบท โดยให้ความเห็นด้วยในระดับมากที่สุด 47% ระดับมาก 42% ระดับปานกลาง 11%

1.5.11 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (เพิ่มเติม) ในงานสัมมนาวิชาการ

นำไอศกรีมเชอร์เบตดอกอัญชันมะนาวปราศจากน้ำตาลทดสอบการยอมรับกับผู้เข้าร่วมสัมมนาวิชาการคหกรรมศาสตร์ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2556 ณ ห้องทองเอก อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 127 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยอื่น 75% นอกจากนั้นเป็นอาจารย์ นักวิชาการด้านคหกรรมศาสตร์ และผู้สนใจจากมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่างๆ มีผู้ทดสอบชิมไอศกรีมเชอร์เบตดอกอัญชันมะนาวปราศจากน้ำตาลจำนวน 98 คน (ภาพที่ 24) ให้คะแนนความชอบรวม 4.15 ± 0.67 จากคะแนน 5 มีความหมายชอบในระดับมาก

ตารางที่ 36 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไอศกรีมเชอร์เบตปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาวของผู้เข้าร่วมสัมมนาวิชาการคหกรรมศาสตร์ครั้งที่ 5

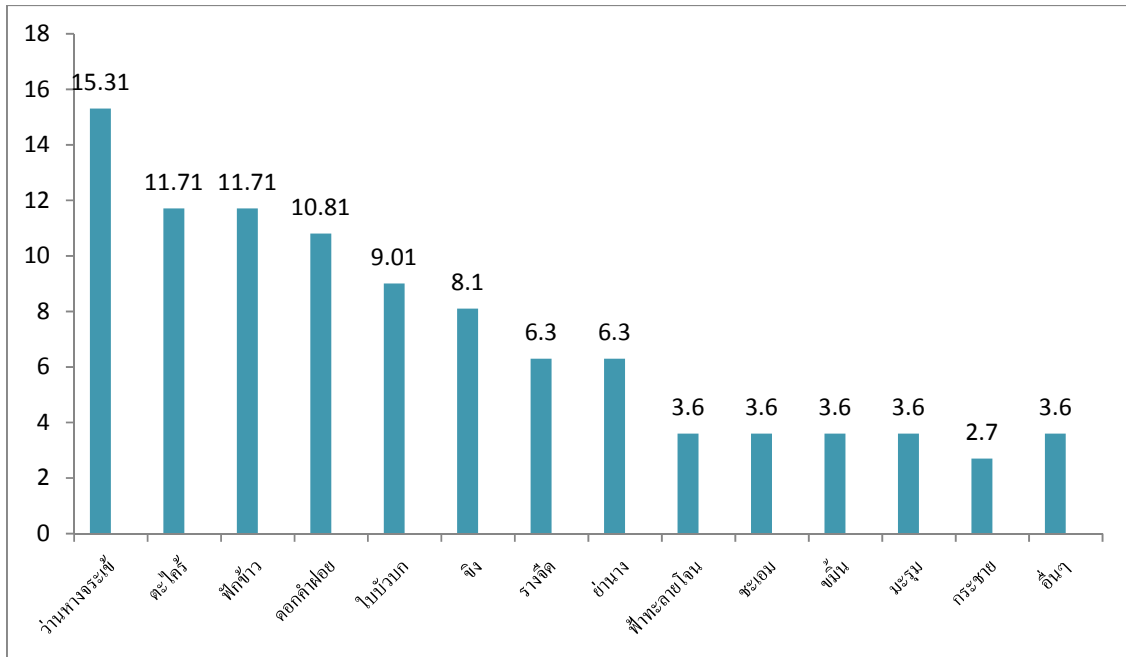
คุณลักษณะ	คะแนน
สี	4.36 ± 0.63
กลิ่น	3.60 ± 0.82
รสหวาน	4.57 ± 0.97
รสเปรี้ยว	4.10 ± 0.68
ความเนียน	3.65 ± 0.87
ความแน่น	3.81 ± 0.83
ความชอบรวม	4.15 ± 0.67

หมายเหตุ ใช้ 5-point scale โดยมีเกณฑ์ให้คะแนน ดังนี้ 5 = ชอบมากที่สุด 4 = ชอบมาก 3 = ชอบปานกลาง 2 = ชอบน้อย 1 = ชอบน้อยที่สุด



ภาพที่ 23 การทดสอบการยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรอัญชันผสมมะนาวในการสัมมนา
วิชาการคหกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 5 ณ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ณ วันที่ 31 สิงหาคม 2556

นอกจากนี้ผู้ทดสอบทั้งหมด (100%) ให้ความเห็นด้วยกับการนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ในไอศกรีม
และให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมถึงชนิดสมุนไพรที่อยากเห็นในไอศกรีม มากที่สุด 8 อันดับแรก คือว่านหางจระเข้
ตะไคร้ พักข้าว ดอกคำฝอย ใบบัวบก ขิง รากจืด ย่านาง ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ข้อเสนอแนะชนิดสมุนไพรที่น่าจะทดลองใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีม

1.6 การศึกษาความเป็นไปได้ในการผสมกับสมุนไพรชนิดอื่น

จากการทดลองข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทอยู่ชั้นผสมมะนาว ปรากฏจากน้ำตาล และให้ความเห็นด้วยกับการนำสมุนไพรมาเป็นส่วนประกอบของไอศกรีม และได้เสนอแนะสมุนไพรหลายชนิดที่น่านำมาทดลอง ดังนั้นได้คัดเลือกสมุนไพรหลายชนิดมาศึกษาความเป็นไปได้ ได้แก่ ว่านหางจระเข้ รวงจืด ย่านาง ใบบัวบก ฟักข้าว เสาวรส ดอกบัว ดอกกุหลาบมอญ ตะลิงปลิง มะขามป้อม มะเฟือง สับปะรด โดยทดสอบด้านสี กลิ่น รส ในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาด้านสี กลิ่น และรสชาติ เพื่อคัดเลือกส่วนผสมที่น่าจะเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบทปรากฏจากน้ำตาล จากการทดลองพบว่าสมุนไพรหลายชนิดมีการเปลี่ยนสีเมื่อได้รับความร้อน ทำให้สีหม่นลง เช่น สีชมพูแดงของดอกกุหลาบมอญ สีเขียวของสมุนไพรชนิดต่างๆ บางชนิดมีกลิ่นอ่อนๆ ซึ่งอาจไม่ดึงดูดความน่าสนใจเท่าที่ควร ในระยะเริ่มต้น เช่น กลิ่นของดอกบัว ดอกกุหลาบมอญ นอกจากจะมีการส่งเสริมกลิ่นธรรมชาติของดอกไม้ไทย บางชนิดมีรสเผ็ดติดคอ เช่น ว่านหางจระเข้ การทดลองครั้งนี้ได้คัดเลือกสมุนไพรและส่วนผสม ดังนี้ คือ ฟักข้าวผสมเสาวรสร รวงจืดผสมเสาวรสร และบัวบกผสมสับปะรด นำมาเตรียมน้ำคั้นสำหรับใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบทปรากฏจากน้ำตาล โดยมีวิธีการเตรียมน้ำสมุนไพร ดังต่อไปนี้

วิธีการเตรียมน้ำใบบัวบก

- 1) ล้างใบบัวบกให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง
- 2) ตัดส่วนที่เป็นใบถึงก้านลงมาประมาณ 3 นิ้ว
- 3) นำใส่เครื่องปั่น โดยอัตราส่วนใบบัวบกต่อน้ำ 1: 3 (ใบบัวบก 100 กรัม+น้ำ 300 กรัม) ปั่นจน

ละเอียด

- 4) กรองน้ำใบบัวบกด้วยผ้าขาวบาง

วิธีการเตรียมน้ำรางจืด

- 1) ล้างใบรางจืดให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง
- 2) ตัดส่วนที่เป็นก้านออก
- 3) นำใส่เครื่องปั่น โดยอัตราส่วนใบรางจืดต่อน้ำ 1: 3 ปั่นจนละเอียด
- 4) กรองน้ำรางจืดด้วยผ้าขาวบาง

วิธีการเตรียมน้ำฟักข้าว

- 1) ล้างฟักข้าวให้สะอาด
- 2) นำฟักข้าวผ่าครึ่ง ตักส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง
- 3) นำใส่กระชอน กรองแต่ส่วนที่เป็นเนื้อสีแดง
- 4) นำเนื้อสีแดงผสมกับน้ำ 1: 3 คนให้เข้ากัน เพื่อเป็นน้ำฟักข้าว

วิธีการเตรียมน้ำเสาวรส

- 1) ล้างเสาวรสให้สะอาด
- 2) นำเสาวรสผ่าครึ่ง ตักส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ด
- 3) นำใส่กระชอน กรองแต่ส่วนที่เป็นน้ำ เพื่อเป็นน้ำเสาวรส

วิธีการเตรียมน้ำสับประรด

- 1) ล้างสับประรดให้สะอาด ปอกเปลือก
- 2) หั่นสับประรดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่เครื่องสับอาหารจนละเอียด
- 3) กรองด้วยผ้าขาว เพื่อเป็นน้ำสับประรด

นำส่วนผสมของสมุนไพรมาผสมกับส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล และใช้วิธีการผลิตไอศกรีมอย่างเดียวกัน นำไอศกรีมที่ได้ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน



ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรฟักข้าวผสมเสาวรส



ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรรางจืดผสมเสาวรส



ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรใบบัวบกผสมสับปะรด

ภาพที่ 25 ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมน้ำสมุนไพรต่างชนิดกัน

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน ในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมากกว่ากึ่งหนึ่งเป็นเพศหญิง (65%) อายุตั้งแต่ต่ำกว่า 20 ปี จนถึงมากกว่า 41 ปี โดย 45% อยู่ในช่วงอายุ 21-25 ปี และ 30% ในช่วงอายุ 26-30 ปี ผลการทดสอบพบว่าคะแนนการทดสอบของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยน้ำฟักข้าวและเสาวรสได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรน้ำรางจืดผสมเสาวรส และสูตรน้ำบัวบกผสมน้ำสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบรวม โดยความชอบรวมมีคะแนนเฉลี่ย 7.55 ± 0.75 และไม่มีความแตกต่างในด้านกลิ่น ความเนียน และความแน่นเนื้อ ไอศกรีมสูตรน้ำฟักข้าวผสมน้ำเสาวรสมีสีส้มอมแดง สะดุดตา มีรสหวานผสมรสเปรี้ยวของเสาวรสที่ลงตัว ส่วนน้ำรางจืดผสมน้ำเสาวรสให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไปจากสูตรน้ำบัวบกผสมน้ำสับปะรด โดยพบว่าสีเขียวจากน้ำรางจืดและใบบัวบกซึ่งมีสีเขียวเข้มมีสีหม่นลงหลังจากการผ่านการให้ความร้อน ส่วนผสมของไอศกรีม ซึ่งอาจเนื่องจากคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของสีเขียวไม่ทนต่อความร้อนเท่าที่ควร ทำให้ไอศกรีมมีสีเขียวน่าดูไม่สดใส สำหรับสูตรน้ำใบบัวบกผสมน้ำสับปะรดมีกลิ่นอ่อนๆของใบบัวบกอยู่ด้วย แต่ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ยอมรับได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบคุ้นเคยกับน้ำใบบัวบกซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีการจำหน่ายมาเป็นเวลาช้านาน แต่อาจเนื่องจากสีของไอศกรีมยังไม่ดึงดูดเท่าที่ควร จากการสังเกตพบว่าสี

โครงการย่อยที่ 5 การพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ 83

เชื่อว่าจากใบบวบหรือใบรางจืดเมื่อนำมาผ่านความร้อน สีเขียวจะหม่นลง ซึ่งอาจไม่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากการผลิตไอศกรีมทั่วไปมักนิยมเติมสีและกลิ่นสังเคราะห์เพื่อให้มีความเข้มของสีและกลิ่นมากขึ้น แต่ในการวิจัยครั้งนี้จำกัดขอบเขตที่จะใช้สีและกลิ่นธรรมชาติของส่วนผสมในไอศกรีม เพื่อจัดให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพในลักษณะเป็นอาหารธรรมชาติ (natural food product) ให้มากที่สุด ดังนั้นการส่งเสริมผลิตภัณฑ์อาหารประเภท natural food product จำเป็นจะต้องอาศัยกลไกตลาดที่จะให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคถึงประโยชน์และความปลอดภัยที่จะบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมที่เป็นธรรมชาติมากกว่าสารสังเคราะห์

ตารางที่ 37 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมน้ำสมุนไพร

คุณลักษณะ	ไอศกรีมเชอร์เบท		
	น้ำบวบ+น้ำสับประรด	น้ำรางจืด+น้ำเสาวรส	น้ำฟักข้าว+น้ำเสาวรส
ลักษณะปรากฏ	6.35 ± 1.22 ^a	6.30 ± 1.21 ^a	7.55 ± 1.55 ^b
สี	6.60 ± 1.04 ^a	5.75 ± 1.65 ^a	7.75 ± 0.85 ^b
กลิ่น	6.68 ± 1.15	6.40 ± 1.09	6.95 ± 1.27
รสชาติ	5.30 ± 1.83 ^a	5.50 ± 1.76 ^a	7.05 ± 1.27 ^b
ความเนียน	6.60 ± 0.88	6.50 ± 0.94	6.75 ± 1.11
ความแน่น	6.60 ± 1.23	6.75 ± 1.11	7.00 ± 1.07
ความชอบรวม	6.10 ± 1.07 ^a	6.05 ± 1.23 ^a	7.55 ± 0.75 ^b

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

1.7 การวิเคราะห์คุณค่าของไอศกรีมเชอร์เบทสมุนไพรปราศจากน้ำตาล

1.7.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมสมุนไพรทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) โดยไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรผสมด้วยน้ำรางจืดกับเสาวรสมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (15.4850±0.0156 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม) รองลงมาคือ ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรน้ำฟักข้าวผสมน้ำเสาวรส และน้ำบวบผสมน้ำสับประรดตามลำดับ (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 38 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมน้ำสมุนไพร

ไอศกรีมเชอร์เบทผสมน้ำสมุนไพร	Total Phenolic (mg GAE/100 g fresh weight)
น้ำบัวบก+น้ำสับปะรด	10.4002 ± 0.1109 ^a
น้ำรางจืด+น้ำเสาวรสม	15.4859 ± 0.0156 ^b
น้ำฟักข้าว+น้ำเสาวรสม	13.7194 ± 0.0073 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บ่งบอกถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

1.7.2ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP และ DPPH ให้ผลสอดคล้องกัน คือ มีความแตกต่างกันของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) โดยไอศกรีมเชอร์เบทสูตรน้ำรางจืดผสมน้ำเสาวรสมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 239.3128±0.0350 µmol Trolox/100 กรัมด้วยวิธี FRAP และ 262.5118±0.0615 µmol Trolox/100 กรัมด้วยวิธี DPPH รองลงมาคือ สูตรน้ำฟักข้าวผสมน้ำเสาวรสม และสูตรบัวบกผสมน้ำสับปะรด (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมน้ำสมุนไพรด้วยวิธี FRAP และ DPPH

ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล	FRAP (µmol Trolox/100 g fresh weight)	DPPH (µmol Trolox/100 g fresh weight)
น้ำบัวบก+น้ำสับปะรด	144.3902 ± 0.1319 ^a	160.4749 ± 0.1135 ^a
น้ำรางจืด+น้ำเสาวรสม	239.3128 ± 0.0350 ^b	262.5118± 0.0615 ^b
น้ำฟักข้าว+น้ำเสาวรสม	205.7211 ± 0.0660 ^c	229.1786 ± 0.1268 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง บอความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

ส่วนที่ 2 การพัฒนาไอศกรีมนมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ

เป็นการทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการลดคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่ คือ น้ำตาล และการลดไขมันในวิปป์ครีม โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 การลดน้ำตาลในไอศกรีมนมด้วยการใช้สารทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล

การทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% ของปริมาณน้ำตาล และนำไปทดสอบการชิมกับผู้ทดสอบจำนวน 20 คนในห้องปฏิบัติการ พบว่าคะแนนการทดสอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน ความแน่นเนื้อ และความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสูตรพื้นฐานมีคะแนนความเนียนและความชอบรวมมากกว่าเล็กน้อย (ตารางที่ 40) พิจารณาเห็นว่าการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลมีความเป็นไปได้ จึงเลือกการทดแทน 100% เพื่อพัฒนาเป็นไอศกรีมนมที่ปราศจากน้ำตาล เพื่อนำไปลดไขมันและผสมด้วยสมุนไพรต่อไป

ตารางที่ 40 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล

ลักษณะไอศกรีม	สูตรพื้นฐาน	ไอศกรีมนม		
		ทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลที่ระดับต่างกัน		
		50 %	75 %	100 %
ลักษณะปรากฏ	7.20 ± 0.69	7.20 ± 0.52	6.95 ± 0.68	7.05 ± 0.60
สี	7.00 ± 0.64	7.00 ± 0.45	7.00 ± 0.32	6.80 ± 0.61
กลิ่น	6.40 ± 0.88	6.30 ± 0.97	6.40 ± 0.88	6.35 ± 0.98
รสชาติ	7.15 ± 0.67	7.00 ± 0.56	7.05 ± 0.79	7.05 ± 0.82
ความเนียน	7.05 ± 0.68	6.90 ± 0.85	6.80 ± 0.69	6.85 ± 0.75
ความแน่นเนื้อ	7.00 ± 0.91	6.80 ± 0.89	7.00 ± 0.56	7.10 ± 0.71
ความชอบรวม	7.30 ± 0.57	7.25 ± 0.55	7.00 ± 0.45	7.15 ± 0.74

หมายเหตุ: การทดสอบทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

2.2 การลดไขมันในไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล

นำไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลจากการทดลองข้างต้นมาลดไขมันด้วยการใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ทรินร่วมกัน (1: 1) ที่ระดับ 25%, 50%, 75% และ 100% ตามส่วนผสมในตารางที่ 41 แล้วนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 20 คนในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 41 การลดไขมันด้วยการทดแทนวิปครีมด้วยเวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ทรินในไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล

ส่วนผสม	ไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล				
	สูตรพื้นฐาน	ทดแทนวิปครีมด้วยเวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ทริน			
		25 %	50 %	75 %	100 %
วิปครีม	200	150	100	50	-
เวย์โปรตีน	-	25	50	75	100
มอลโทเดกซ์ทริน	-	25	50	75	100
มอลทิทอล	115	115	115	115	115
สารให้ความคงตัว	4	4	4	4	4
นมผง	65	65	65	65	65
หางนมผง	10	10	10	10	10
มอลโทเดกซ์ทริน	40	40	40	40	40
นมสด	475	475	475	475	475
น้ำร้อน	90	90	90	90	90

หมายเหตุ: ใช้เวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ทริน ในอัตราส่วน 1:1

จากการทดสอบจะเห็นว่าการทดแทนไขมันที่ระดับ 25%, 50%, 75% และ 100% ให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏและสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในด้านกลิ่น รสชาติ และความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การที่ลักษณะกลิ่นและรสชาติได้รับคะแนนลดลงเมื่อมีการทดแทนไขมันนั้นอาจเป็นไปได้ว่าสารที่ให้กลิ่นรสของไอศกรีมส่วนใหญ่เป็นสารที่ละลายได้ในไขมัน เมื่อไขมันลดลง จึงทำให้กลิ่นรสลดลงด้วย ทำนองเดียวกันที่พบในการทดลองของปิยธิดา (2551) ที่พบว่าการใช้มอลโทเดกซ์ทรินทดแทนไขมันในไอศกรีมกะทิ มีผลทำให้คะแนนการทดสอบด้านกลิ่นรสลดลง แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมกลับพบว่าการทดแทนไขมันที่ระดับ 25% และ 50% ได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรพื้นฐาน และสูงกว่าการทดแทนที่ระดับ 75% และ 100% ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงเลือกการทดแทนไขมันระหว่าง 25% และ 50% คือ 35% เพื่อให้ไอศกรีมลดไขมันเป็นที่ยอมรับ

ตารางที่ 42 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน

ลักษณะ ไอศกรีม	ไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล				
	สูตรพื้นฐาน	ทดแทนไขมันด้วย เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน (1:1)			
		25 %	50 %	75 %	100 %
ลักษณะปรากฏ	7.15 ± 0.67	7.20 ± 0.67	7.20 ± 0.76	7.25 ± 0.71	7.30 ± 0.65
สี	7.20 ± 0.69	7.20 ± 0.69	7.30 ± 0.65	7.25 ± 0.63	7.35 ± 0.67
กลิ่น	6.80 ± 0.69 ^a	6.75 ± 0.71 ^{ab}	6.60 ± 0.82 ^b	6.05 ± 0.75	5.90 ± 1.11
รสชาติ	7.45 ± 0.51 ^a	7.45 ± 0.51 ^a	7.15 ± 0.74 ^{ab}	6.85 ± 1.03 ^b	6.40 ± 1.18 ^c
ความเนียน	7.10 ± 0.64 ^a	7.15 ± 0.67 ^a	7.75 ± 0.44 ^b	7.40 ± 0.75 ^{ab}	7.25 ± 1.20 ^{ab}
ความแน่น	7.75 ± 0.75 ^a	7.70 ± 0.65 ^a	7.50 ± 0.88 ^a	6.50 ± 1.05 ^b	5.75 ± 1.44 ^b
ความชอบรวม	7.20 ± 0.41 ^a	7.50 ± 0.51 ^b	7.45 ± 0.68 ^{ab}	6.80 ± 0.76 ^c	6.40 ± 0.75 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

2.3 การทดลองความเป็นไปได้ของการผสมสมุนไพรกับไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน

ในการทดลองเบื้องต้นพบว่าการใช้ฟักข้าวได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมา คือใบบัวบก ส่วนขมิ้นชัน ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด ดังนั้นจึงได้เลือกนำฟักข้าว และบัวบกมาใช้ในการทดลองต่อไป และปรับปรุงกลิ่นและสีของสูตรบัวบกด้วยการผสมกับชาเขียว ซึ่งเป็นกลิ่นรสที่เป็นที่นิยมของตลาดไอศกรีม



ไอศกรีมนมไม่ผสมสมุนไพร



ไอศกรีมนมผสมน้ำฟักข้าว



ไอศกรีมนมผสมน้ำใบบัวบกและชาเขียว

ภาพที่ 26 ลักษณะภายนอกของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน 35% ผสมด้วยสมุนไพร

2.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคของไอศกรีมนมสมุนไพรปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน ณ โรงอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 65% เพศชาย 35% มีอายุตั้งแต่ ต่ำกว่า 20 ปี จนถึง อายุ มากกว่า 40 ปี โดยเก็บกึ่งหนึ่ง (40%) มีอายุอยู่ในช่วง 21-25 ปี รองลงมาอยู่ในช่วงอายุ 36-40 ปี และ 26-30 ปี ตามลำดับ คณะกรรมการทดสอบพบว่าส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน และความแน่นเนื้อของไอศกรีม ยกเว้นในด้านความชอบโดยรวม พบว่าไอศกรีมนมฟักข้าว ได้คะแนนสูงกว่าไอศกรีมนมบัวบกและชาเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (คะแนนเฉลี่ย 7.25 ± 1.01 และ 6.35 ± 1.34 ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ย 6.95 ± 1.23) จะเห็นว่าฟักข้าวมีส่วนช่วยส่งเสริมลักษณะของไอศกรีมที่ดีขึ้น ทำให้ได้รับการยอมรับมากกว่าสูตรพื้นฐานและสอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา

ตารางที่ 43 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน
ผสมน้ำสมุนไพร

คุณลักษณะ	ผลทดสอบการยอมรับของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน		
	สูตรพื้นฐาน	สูตรผสมบัวบก+ชาเขียว	สูตรผสมผักขาว
ลักษณะปรากฏ	7.30 ± 1.21	7.00 ± 1.16	7.30 ± 1.08
สี	7.00 ± 1.45	7.05 ± 1.09	7.30 ± 1.21
กลิ่น	6.15 ± 1.59	5.50 ± 1.57	6.05 ± 1.46
รสชาติ	6.75 ± 1.29 ^a	5.15 ± 1.59 ^b	7.20 ± 1.15 ^a
ความเนียน	7.40 ± 0.94 ^a	6.80 ± 1.19 ^b	7.45 ± 0.94 ^a
ความแน่นเนื้อ	7.05 ± 1.09	6.75 ± 1.40	7.15 ± 1.22
ความชอบรวม	6.95 ± 1.23 ^{ab}	6.35 ± 1.34 ^a	7.25 ± 1.01 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอนบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<.05)

2.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยวิธี proximate analysis พบว่าไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและทดแทนไขมัน 35% สูตรผสมด้วยสมุนไพรชนิดต่างๆ และสูตรพื้นฐานไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณเถ้า โยอาหาร และพลังงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความชื้นและไขมันมีปริมาณต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) ทั้งนี้การที่สูตรลดไขมันมีโปรตีนเพิ่มมากขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากการใช้สารทดแทนไขมันที่มีส่วนผสมของเวย์โปรตีน ซึ่งมีส่วนประกอบของโปรตีนในนม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำนองเดียวกับการทดลองในไอศกรีมวานิลลา การใช้เวย์โปรตีนทดแทนไขมันทำให้โปรตีนในไอศกรีมเพิ่มขึ้น (Patel *et al.*, 2006) นอกจากนี้การทดแทนไขมันยังมีส่วนผสมของมอลโทเดกซ์ตรินและการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานมาจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งน่าจะส่งผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่คำนวณได้มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี proximate analysis ยังไม่สามารถจำแนกส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายย่อยได้และไม่ได้ออกจากกัน แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณพลังงาน เนื่องจากปริมาณไขมันลดลง และจากค่ามาตรฐานของ The International Ice Cream Association ที่กำหนดไว้ว่าไอศกรีมนมที่มีไขมันเต็ม (full fat) มีไขมัน 8% ไอศกรีมลดไขมัน (reduced fat) มีไขมัน 2-7% ไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ (low fat) มีไขมัน 0.2-2% และไอศกรีมปราศจากไขมันจะต้องมีไขมัน <0.5% จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ไอศกรีมนมลดไขมันผสมสมุนไพรข้างต้นมีไขมันระหว่าง 0.85-0.95% ดังนั้นจึงจัดได้ว่าเป็นไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ (low fat ice cream)

ตารางที่ 44 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมนมผสมสมุนไพรรสและไม่ผสมสมุนไพรรส

คุณค่าทาง โภชนาการ ต่อ 100 กรัม	สูตรพื้นฐาน	สูตรปราศจากน้ำตาลและทดแทนไขมัน35%		
		ไม่ผสมสมุนไพรรส	รสบัวบก ชาเขียว	รสฟักข้าว
พลังงาน	158.4 + 3.81	156.71 ± 2.65	153.35 ± 2.90	156.17 ± 2.10
ความชื้น	65.73 + 0.45a	60.33 ± 0.56 ^b	61.15 ± 0.77 ^b	60.22 ± 0.41 ^b
เถ้า	0.78 + 0.11	0.89 ± 0.05	0.97 ± 0.04	0.90 ± 0.05
โปรตีน	4.42 ± 0.47 ^a	5.40 ± 0.22 ^b	5.28 ± 0.20 ^{bc}	5.70 ± 0.41 ^d
คาร์โบไฮเดรต	22.76 ± 0.54 ^a	31.73 ± 0.71 ^b	30.92 ± 0.68 ^b	31.43 ± 0.56 ^b
ไขมัน	5.55 ± 0.41 ^a	0.91 ± 0.1 ^b	0.95 ± 0.04 ^b	0.85 ± 0.18 ^c
ใยอาหาร	0.75 ± 0.13	0.72 ± 0.06	0.72 ± 0.05	0.87 ± 0.04

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p<0.05)

2.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมนมผสมสมุนไพร

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมของสมุนไพรรสให้ปริมาณที่สูงกว่าสูตรพื้นฐานที่ไม่มีสมุนไพรรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.05) โดยสูตรบัวบกกับชาเขียวให้ค่ามากที่สุด รองลงมาคือฟักข้าว

ตารางที่ 45 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและไขมันต่ำผสมน้ำสมุนไพรรส

ไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล	Total Phenolic (mg GAE/100 g fresh weight)
ทดแทนไขมัน 35%	3.5723 ± 0.0856 ^a
ทดแทนไขมัน 35% + บัวบกชาเขียว	12.1190 ± 0.0701 ^b
ทดแทนไขมัน 35% + ฟักข้าว	4.2470 ± 0.0182 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวนอน บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 46ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและไขมันต่ำผสมน้ำสมุนไพรร

ไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาล	FRAP ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g fresh weight}$)	DPPH ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g fresh weight}$)
ทดแทนไขมัน 35%	169.558 $\pm$ 1.5957 ^a	41.3504 $\pm$ 0.7548 ^a
ทดแทนไขมัน 35% + บัวบกขี้เขียว	350.4613 $\pm$ 1.7802 ^b	67.5536 $\pm$ 0.7919 ^b
ทดแทนไขมัน 35% + ฟักข้าว	240.1073 $\pm$ 1.0736 ^c	49.7758 $\pm$ 0.7575 ^c

หมายเหตุ: ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่ง บอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.7 การวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล

การวิเคราะห์หัตถการการย่อยแบ่งในตัวอย่างไอศกรีมนมเพื่อศึกษาอัตราการปลดปล่อยน้ำตาลกลูโคสออกมาเพื่อศึกษาผลที่คาดว่าจะส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดมากน้อยเพียงไร พบว่าสูตรพื้นฐานและสูตรลดน้ำตาล 100% สูตรลดไขมัน 100% และสูตรลดน้ำตาล 100% และไขมัน 100% พบว่าไอศกรีมนมลดน้ำตาล 100% และลดไขมัน 100% มีค่า Glycemic response ต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน แสดงว่าน่าจะมีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่าสูตรพื้นฐานโดยสูตรลดน้ำตาล 100% มีค่าต่ำสุด (0.08) สูตรลดน้ำตาล 100% และไขมัน 100% รองลงมา (0.32) ส่วนสูตรลดไขมัน 100% มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ยังต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบสำคัญที่มีผลต่อการย่อยแบ่ง คือ น้ำตาลในอาหาร ส่วนในกรณีลดไขมันมีค่าสูงขึ้นนั้นอาจเนื่องจากส่วนหนึ่งของสารทดแทนไขมัน คือ มอลโทเดกซ์ตรินซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำตาลด้วย จึงส่งผลทำให้ระดับน้ำตาลที่ปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อนำผสมกับสมุนไพรร (ฟักข้าว ใบบัวบก) พบว่าไม่ส่งผลทำให้ระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 47 ค่าดัชนีน้ำตาลของไอศกรีมนม

ตัวอย่างไอศกรีมนม	ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (%)			Glycemic response
	RAG	SAG	TG	
สูตรพื้นฐาน	20.23	5.14	30.60	8.12
สูตรลดน้ำตาล 100%	0.19	4.51	15.94	0.08
สูตรลดไขมัน 100%	18.28	6.86	29.33	7.38
สูตรลดน้ำตาล 100% และลดไขมัน 100%	0.80	4.36	14.49	0.32
สูตรลดน้ำตาล 100% + ลดไขมัน 100% + สมุนไพรร				
สูตรผสมฟักข้าว	0.97	7.80	14.76	0.38
สูตรผสมใบบัวบก	1.06	5.28	15.10	0.42

หมายเหตุ RAG = rapidly available glucose, SAG = Slowly available glucose, TG = total glucose

2.8 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ของไอศกรีมนม

การตรวจจุลินทรีย์ในไอศกรีมนมไม่พบจุลินทรีย์ *E. coli* และ *S. aureus* ในส่วนผสมสูตรต่างๆของไอศกรีมนม และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย อย่างไรก็ตามไอศกรีมเป็นอาหารที่ใช้ความร้อนต่ำ ดังนั้นในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ส่วนผสมนั้นมีความสำคัญที่จะต้องฆ่าเชื้อให้ได้ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 25 วินาที และทำให้เย็นลงทันทีในน้ำเย็นทำนองเดียวกับที่ระบุในไอศกรีมเชอร์เบท รวมทั้งมีการปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักสุขอนามัยในระหว่างการผลิตไอศกรีม และจะต้องมีล้างสมุนไพรมานำมาใช้ให้สะอาด

ตารางที่ 48 การตรวจวัดจำนวนจุลินทรีย์ของไอศกรีมนม

ไอศกรีมนม	TPC CFU/g	<i>E.coli</i> MPN/g	<i>S.aureus</i> CFU/g
สูตรพื้นฐาน	1.1×10^2	ND	ND
สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล 100%	2.1×10^2	ND	ND
สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล 100%	5.2×10^2	ND	ND
ทดแทนไขมัน 35%			
สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล 100%	1.4×10^2	ND	ND
ทดแทนไขมัน 35% + บัวบกชาเขียว			
สูตรทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอล 100%	2.0×10^2	ND	ND
ทดแทนไขมัน 35% + ฟักข้าว			

หมายเหตุ: ND = non detected ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ระบุ

3.การศึกษาต้นทุนของไอศกรีม

การศึกษาต้นทุนของไอศกรีมอยู่บนพื้นฐานของการวิจัยเบื้องต้นซึ่งอยู่ในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ว่าจะสามารถนำสมุนไพรมานำมาใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมได้หรือไม่ จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้มากน้อยเพียงไร และสามารถให้คุณค่าของสมุนไพรมีเพียงไร โดยต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากสูตรพื้นฐาน คือ ต้นทุนของสารทดแทนความหวาน สารทดแทนไขมัน สมุนไพรที่ใช้ สมุนไพรบางชนิดมีราคาต่ำ และสามารถปลูกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย เช่น อัญชัน รางจืด ย่านาง ใบบัวบก บางชนิดยังมีราคาสูง เช่น ฟักข้าว เสาวรส เพราะการปลูกยังมีน้อย แม้ต้นทุนจะสูงขึ้นจากวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว แต่เมื่อเปรียบเทียบ

กับราคาจำหน่ายของไอสกรีมทั่วไปในท้องตลาด พบว่า ราคาจำหน่ายยังสูงกว่าต้นทุนที่คำนวณได้ ชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจ

ตารางที่ 49 ต้นทุนของการทดลองไอสกรีมเชอร์เบทสมุนไพรปราศจากน้ำตาล

ไอสกรีมเชอร์เบท	ต้นทุนส่วนผสมไอสกรีม	
	บาท/ สูตร	บาท/ สกูป (80 กรัม)
สูตรพื้นฐาน	13.278	0.974
ทดแทนด้วยซูคราโลส 100 %	125.468	9.208
ซูคราโลส 100% + น้ำดอกอัญชัน+กลีบดอกอัญชัน		
ซูคราโลส 100 % + พักข้าว+เสาวรส	192.343	14.117
ซูคราโลส 100 % + รากเจ็ด+เสาวรส	212.675	15.610
ซูคราโลส 100 % + บัวบก+สับปะรด	140.409	10.305

หมายเหตุ: คัดต้นทุนตามต้นทุนของวัตถุดิบที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตารางที่ 50 ต้นทุนของการทดลองไอสกรีมนมสมุนไพรปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน

ไอสกรีมนม	ต้นทุนส่วนผสมไอสกรีม	
	บาท/ สูตร	บาท/ สกูป (80 กรัม)
สูตรพื้นฐาน	75.795	6.069
ทดแทนด้วยมอลทิทอล 100 %	86.575	6.932
มอลทิทอล 100 % + ทดแทนไขมัน 35 %	78.525	6.288
มอลทิทอล 100 % + ทดแทนไขมัน 35 % + พักข้าว	89.775	7.189
มอลทิทอล 100 % + ทดแทนไขมัน 35 % + บัวบก+ชาเขียว	122.763	9.830

หมายเหตุ: คัดต้นทุนตามต้นทุนของวัตถุดิบที่จำหน่ายในท้องตลาด

ตารางที่ 51 ราคาจำหน่ายไอศกรีมในท้องตลาด

ไอศกรีม	ราคาจำหน่าย (บาท)
Haagan-Das รสวานิลลา กาแฟหรือช็อกโกแลต ราคา/กล่อง 100 ml (โลตัส)	109
New Zealand Natural ไอศกรีมนำเข้า ราคา/กล่อง 125 ml (วิลล่า)	125
Bud รสวานิลลา ช็อกโกแลต สตรอเบอร์รี่ หรือชาเขียว ราคา/กล่อง 105 กรัม (บิ๊กซี)	49
Ete สตรอเบอร์รี่ กาแฟ วานิลลา ราคา/กล่อง 85 กรัม (Family mart)	50
i-fresh รสกาแฟ ชาเขียว วานิลลา ราคา/กล่อง 60 กรัม (Family mart)	35
i-fresh กะทิรวมมิตร ราคา/กล่อง 55 กรัม (Family mart)	15
ไอศกรีมศรีมาลา home made อัมพวา สมุทรสงคราม ราคา/กล่อง 1 สกู๊ป	40-55

หมายเหตุ: ยังไม่พบไอศกรีมปราศจากน้ำตาลและไอศกรีมที่ปราศจากน้ำตาลและมีไขมันต่ำรวมทั้งไอศกรีมที่มีส่วนผสมของสมุนไพร จำหน่ายในท้องตลาด

4. การถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1 การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยการเผยแพร่บทความวิจัย 1 เรื่อง อยู่ระหว่างรอตีพิมพ์ในวารสารคหเศรษฐศาสตร์ เรื่อง “ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลซูคราโลสและมอลทิทอลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ภายนอก และเคมีของไอศกรีมเชอร์เบท”

4.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้วยการเผยแพร่ผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ของไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันมะนาวปราศจากน้ำตาล และจัดแสดงผลภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมอัญชันมะนาวในการสัมมนาวิชาการคหกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 5 ณ วันที่ 31 สิงหาคม 2556 ณ ห้องทองเอก อาคารวิทยบริการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม จำนวน 127 คน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยอื่น ร้อยละ 75 นอกนั้นเป็นอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัยด้านคหกรรมศาสตร์ และผู้สนใจ โดยมีผู้ทดสอบชิมไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันมะนาว จำนวน 98 คน ให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ย 4.15 ± 0.67 จากคะแนน 5 มีความหมายระดับดีมาก และความคิดเห็นสนับสนุนการนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ในไอศกรีม

4.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตไอศกรีมสมุนไพร ด้วยการจัดอบรมเทคโนโลยีการผลิตไอศกรีมสมุนไพรแก่นักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 40 คน ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและกีฬา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ในวันที่ 9 ธันวาคม 2556 โดยผู้เข้ารับการอบรมเป็นเพศหญิงร้อยละ 75 เพศชายร้อยละ 25 การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมกิจกรรมต่อกระบวนการจัดโครงการ มีค่าเฉลี่ย 4.10-4.28 จากคะแนน 5.0 (5 = พึงพอใจมากที่สุด 4=พึงพอใจระดับดี 3

= ฟังพอใจระดับปานกลาง 2= ควรปรับปรุง และ 1= ต้องปรับปรุง) ด้านวิทยากร มีค่าเฉลี่ย 4.45-4.52 ด้านคุณภาพของโครงการและการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 4.25-4.40

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สมุนไพรเป็นส่วนผสมของไอศกรีม การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ พร้อมทั้งการลดน้ำตาลและไขมันในไอศกรีม และการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยการเลือกศึกษากับไอศกรีมเชอร์เบทซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูง (25-35%) และไขมันต่ำ (1-3%) เมื่อมีความเป็นไปได้แล้วจึงเลือกทดลองกับไอศกรีมนมซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีน้ำตาลสูง (12-22%) และไขมันสูง (อย่างต่ำ 5%) เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์สุขภาพของโรคติดต่อไม่เรื้อรังของประชากรไทย โดยมีขอบเขตที่จำกัดการใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในการผลิตไอศกรีมทั่วไป และมีผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

1.การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับไอศกรีมเชอร์เบทสมุนไพรที่ปราศจากน้ำตาล

1.1 สูตรพื้นฐานของไอศกรีมเชอร์เบท

จากการวิจัยพบว่าสูตรพื้นฐานของไอศกรีมเชอร์เบทที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในห้องปฏิบัติการมากที่สุด ประกอบด้วย น้ำ 200 กรัม (73.39%) น้ำตาลทราย 260 กรัม (23.85%) เกลือ 1 กรัม (0.09%) เจลาตินผง 3 กรัม (0.28%) กัวร์กัม 1 กรัม (0.09%) และมะนาวผง 25 กรัม (2.29%)

1.2 การทดแทนปริมาณน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท

การทดลองเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลอย่างเดียว ซูคราโลสอย่างเดียว และส่วนผสมของมอลทิทอลและซูคราโลส (1:1) ที่ระดับ 50%, 75% และ 100% ของปริมาณน้ำตาล ยกเว้นกรณีใช้ ซูคราโลสใช้เทียบตามความหวานของน้ำตาลและทดแทนน้ำหนักรน้ำตาลที่หายไปด้วยอินูลิน เพื่อปรับความสมดุลของเนื้อไอศกรีม การทดลองทั้ง 3 พบว่าการใช้มอลทิทอลอย่างเดียว ซูคราโลสอย่างเดียว และมอลทิทอลผสมกับซูคราโลส (1: 1) ทดแทนน้ำตาลที่ระดับ 100% ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงกว่าการทดแทนที่ระดับ 50% และ 75% และสูตรพื้นฐานที่ใช้ น้ำตาลทราย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) สำหรับซูคราโลส แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับมอลทิทอลและส่วนผสมของมอลทิทอลกับซูคราโลส และเมื่อนำผลทั้งสามมาทดลองใหม่เพื่อเปรียบเทียบ พบว่าการใช้ซูคราโลสอย่างเดียว ทดแทนน้ำตาลที่ระดับ 100% ได้คะแนนสูงกว่าสูตรอื่นรวมทั้งสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่าไอศกรีมเชอร์เบท สามารถลดน้ำตาลได้มากจนถึงระดับที่เรียกว่า “ปราศจากน้ำตาล” (sugar-free)

การใช้สารทดแทนน้ำตาลตามการทดลองข้างต้นพบว่าไม่มีผลต่อความเป็นกรดต่าง และปริมาณของแข็งของส่วนผสมของไอศกรีม แต่มีผลบางส่วนต่อความหนืด ความแน่นแข็ง (hardness) การขึ้นฟู (over run) และการละลายของไอศกรีม โดยผลต่อความหนืดไม่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การขึ้นฟูลดลงเล็กน้อย ความแน่นแข็งเพิ่มขึ้น และการละลายมีแนวโน้มลดลง ดังนี้

ตารางที่ 52 ผลสรุปการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อลักษณะของไอศกรีม

สารทดแทนน้ำตาล	ลักษณะของไอศกรีม					
	pH	ปริมาณของแข็ง (°Brix)	ความหนืด	การขึ้นฟู	ความแน่นแข็ง	การละลาย
มอลทิทอล	ไม่แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	ไม่ชัดเจน	ลด	เพิ่มขึ้น	ไม่ชัดเจน
ซูคราโลส	ไม่แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	แนวโน้มเพิ่ม	ลด	เพิ่มขึ้น	ลด
มอลทิทอล+ ซูคราโลส (1: 1)	ไม่แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	ไม่ชัดเจน	ลด	เพิ่มขึ้น	ลด

1.3 ความเป็นไปได้ในการผสมสมุนไพรในไอศกรีม

ไอศกรีมเชอร์เบทเป็นไอศกรีมที่มักนิยมผสมด้วยผลไม้ และมักนิยมให้มีรสเปรี้ยวตามลักษณะของกรดอินทรีย์ในผลไม้ ดังนั้นในการคัดเลือกสมุนไพรมาใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบทจึงคัดเลือกส่วนผสมที่ให้สี ให้คุณค่าของสมุนไพร และรสเปรี้ยวผสมผสานกัน ดังนี้คือสูตรอัญชันมะนาว พักข้าวผสมเสาวรส รากจัดผสมเสาวรส และบัวบกผสมสับปะรด โดยทดลองสูตรอัญชันมะนาวเป็นสูตรนำร่องก่อน กับไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลที่ได้จากการทดลองข้างต้น ได้ผลดังนี้

1.3.1 การพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันมะนาวปราศจากน้ำตาล

1) สูตรและกรรมวิธีในการผลิต การทดลองเบื้องต้น พบว่าการใช้น้ำดอกอัญชันแห้งที่ระดับ 0.3% ช่วยให้สีม่วงแดงและไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวของดอกอัญชันดีกว่าการใช้ดอกอัญชันสด แต่ลักษณะของไอศกรีมยังไม่โดดเด่นเท่าที่ควร จึงได้ทดลองการผสมด้วยกลีบดอกอัญชันสดเพิ่มเติม พบว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสูตรทดลองใช้กลีบดอกอัญชันที่ระดับ 1%, 3% และ 5% และสูตรพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของดอกอัญชันด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อ และความชอบรวม แต่คะแนนความชอบรวมของสูตรผสมกลีบดอกอัญชันที่ 3% สูงกว่าสูตรอื่นๆรวมทั้งสูตรพื้นฐาน โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.60 ± 0.99 ขณะที่สูตรพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ย 7.40 ± 1.18 จากการทดสอบด้วย 9-point hedonic scale

2) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค การทดสอบกับผู้บริโภค 100 คนในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยเพศหญิง 60% เพศชาย 40% เกือบกึ่งหนึ่ง (41%) มีอายุ 21-25 ปี รองลงมาคืออายุ 26-30 ปี และ 36-40 ปี ในจำนวนเท่ากัน ผู้บริโภคให้การยอมรับไอศกรีมเชอร์เบทสูตรผสมน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันที่ 3% สูงกว่าที่ 5% โดยอยู่ระดับความชอบปานกลาง (คะแนนความชอบรวม 7.39 ± 1.19 และ 7.18 ± 1.47 ตามลำดับจาก 9-point hedonic scale) 94% ของผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และทั้งหมด (100%) เห็นด้วยกับการนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์ในไอศกรีม ระดับมากที่สุด 47% ระดับมาก 42% และระดับปานกลาง 11% และผู้ทดสอบจำนวน 92% ระบุจะซื้อผลิตภัณฑ์หากมีจำหน่าย

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคอีกครั้งในงานสัมมนาวิชาการคหกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 5 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2556 ผู้ทดสอบจำนวน 98 คน ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับชอบมาก (คะแนนเฉลี่ย 4.15 ± 0.67 จากระดับ 5 คะแนน)

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั้ง 2 ครั้งให้ผลสอดคล้องกัน และโดยเฉพาะความเห็นของผู้ทดสอบให้การยอมรับการใช้ประโยชน์ของสมุนไพรในการผลิตไอศกรีม แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์สมุนไพรเพิ่มคุณค่าของไอศกรีม

3) การวิเคราะห์คุณค่าของไอศกรีมอัญชันผสมมะนาวปราศจากน้ำตาล

3.1) ปริมาณสารแอนโธไซยานิน

ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันมีปริมาณแอนโธไซยานินเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีบดอกอัญชันที่ผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยที่ระดับ 5% มีปริมาณแอนโธไซยานินมากที่สุด คือ 0.770 ± 0.092 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือ ที่ระดับ 3% และ 0% คือ 0.585 ± 0.139 และ 0.185 ± 0.047 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนสูตรพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันไม่พบแอนโธไซยานิน

3.2) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในไอศกรีมเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีบดอกอัญชันที่ผสมและสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ผสมน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันที่ 5% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ 1.091 ± 0.043 มิลลิกรัม GAE/1 กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ ปริมาณในไอศกรีมผสมกลีบดอกอัญชันที่ 3% และ 0% ตามลำดับ คือ 0.884 ± 0.017 และ 0.393 ± 0.015 มิลลิกรัม GAE/1 กรัม น้ำหนักแห้ง ส่วนสูตรพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำ

ดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 0.031 ± 0.002 มิลลิกรัม GAE/1 กรัม น้ำหนักแห้ง

3.3) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP (Ferric reducing antioxidant power) และ TEAC ด้วย DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) ให้ผลที่สอดคล้องกันในแนวเดียวกัน คือ ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีบดอกอัญชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและสูงกว่าสูตรไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชัน โดยไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันที่ระดับ 5% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 12.459 ± 0.738 $\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$ ด้วยวิธี FRAP และ 8.078 ± 0.112 $\mu\text{mol Trolox/1 g dry weight}$ ด้วยวิธี DPPH

3.4) ค่าดัชนีน้ำตาล

การวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล (*in vitro* method) ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลผสมด้วยน้ำดอกอัญชันและกลีบดอกอัญชันที่ระดับ 0%, 3% และ 5% มีค่า Glycemic response ต่ำกว่าสูตรพื้นฐานที่มีน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) โดยสูตรพื้นฐานมีค่า 4.52 ± 0.30 ส่วนสูตรที่มีส่วนผสมของดอกอัญชันต่างกันมีค่า Glycemic response ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.16-0.17 แสดงว่าการลดน้ำตาลในไอศกรีมมีผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดจากการทดสอบด้วยวิธี *in vitro*

3.5) คุณค่าทางโภชนาการ

ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลมีพลังงานและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน แต่มีความชื้น ไขมัน และใยอาหารสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) สำหรับไอศกรีมเชอร์เบทที่มีกลีบดอกอัญชันต่างกัน (0%, 3%, 5%) มีปริมาณพลังงาน ความชื้น ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกัน แต่มีไขมัน และใยอาหารเพิ่มตามปริมาณกลีบดอกอัญชันที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าส่วนที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากกลีบดอกอัญชัน โดยมีรายงานว่าดอกอัญชันมีโปรตีน 20.89% คาร์โบไฮเดรต 40.36% ไขมัน 2.64% ใยอาหาร 28.83% และเถ้า 7.27% โดยมีพลังงานลดลง 15.42% และคาร์โบไฮเดรตลดลง 21.81% อนึ่งการวิเคราะห์พลังงานและคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี proximate analysis ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากการที่พลังงานและคาร์โบไฮเดรตยังลดลงไม่มากแม้ไม่มีส่วนผสมของน้ำตาล ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี proximate analysis ยังไม่สามารถจำแนกส่วนของซูโครสและอินูลินซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำตาลแต่เป็นส่วนประกอบที่ร่างกายนำไปใช้ไม่ได้ เนื่องจากไม่ถูกย่อย และใยอาหารที่วิเคราะห์ออกมายังเป็นลักษณะของ crude fiber ซึ่งยังให้ค่าต่ำกว่าปริมาณที่แท้จริงของใยอาหารที่มีในอาหาร

3.6) ความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์

การตรวจสอบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์พบว่าไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาลซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลดอกอัญชันแห้ง 0.3% ของน้ำหนักส่วนผสมและกลีบดอกอัญชันสดที่ระดับ 3% พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของกระทรวงสาธารณสุขสำหรับไอศกรีมและตรวจไม่พบ *E. coli* และ *S. aureus*

1.3.2 การศึกษาความเป็นไปได้กับส่วนผสมสมุนไพรชนิดอื่น

การทดลองสูตรสมุนไพรชนิดอื่น 3 สูตร คือ สูตรน้ำคั้นจากผักขาวกับเสาวรส รังจืดกับเสาวรส และบัวบกกับสับปะรด พบว่าไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลสูตรผักขาวกับเสาวรสให้สีส้มสดใสและได้รับคะแนนยอมรับในทุกด้านสูงกว่าสูตรผสมรังจืดกับเสาวรส และบัวบกกับสับปะรดแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นด้านลักษณะปรากฏและความชอบรวม ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) เนื่องจากสูตรรังจืดกับเสาวรส และสูตรบัวบกกับสับปะรด มีสีอ่อนกว่า เนื้อเนียนน้อยกว่า และรสชาติยังไม่เข้มข้นเท่ากับสูตรผสมผักขาวกับเสาวรส แต่สูตรรังจืดกับเสาวรสให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (15.4859 ± 0.0156 mg GAE/ 100 g fresh weight) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (239.3128 ± 0.0350 μ mol Trolox/100g fresh weight ด้วยวิธี FRAP และ 262.5118 ± 0.0615 μ mol Trolox/100g fresh weight ด้วยวิธี DPPH) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

2. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและไขมันต่ำ

2.1 การทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมนม

การทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมนมด้วยมอลทิทอลที่ระดับ 50%, 75% และ 100% ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรพื้นฐาน โดยสูตรพื้นฐานได้รับคะแนนความชอบรวมที่ระดับ 7.30 ± 0.57 การทดแทนที่ระดับ 50% ได้รับคะแนน 7.25 ± 0.55 และที่ 100% ได้รับคะแนน 7.15 ± 0.74

2.2 การทดแทนไขมันในไอศกรีมนม

การทดแทนไขมันใน whipping cream ด้วยส่วนผสมของเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน (1: 1) ที่ระดับ 25%, 50%, 75% และ 100% ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในด้านกลิ่นและรสชาติ สูตรทดแทนที่ระดับ 25% และ 50% ให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรพื้นฐาน แต่คะแนนสูงกว่าสูตรทดแทนที่ 75% และ 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยสูตรทดแทนที่ 75% และ 100% มีกลิ่นนมและความมันลดน้อยลง รวมทั้งความชอบรวม โดยสูตรที่ทดแทนที่ระดับ 25% และ 50% ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงกว่าที่ระดับอื่นและสูงกว่าสูตรพื้นฐาน จึงเลือกการทดแทนประมาณกึ่งกลางของ 25% และ 50% คือ 35% ในการทดลองต่อไป

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของการผสมด้วยสมุนไพรของไอศกรีมนมและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

คัดเลือกสมุนไพร 2 ชนิด คือ พริกขี้หนู และส่วนผสมของบัวบกและชาเขียวมาเป็นส่วนผสมของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลและทดแทนไขมันในวิปปิ้งครีม 35% ด้วยส่วนผสมของเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน (1: 1) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คนพบว่าสูตรผสมพริกขี้หนูได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรบัวบกผสมชาเขียวและสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรพื้นฐาน โดยได้รับคะแนนเฉลี่ย 7.25 ± 1.01 ระดับความชอบปานกลาง

2.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยวิธี proximate analysis ปริมาณไขมันในไอศกรีมนมซึ่งใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินทดแทนไขมันในวิปปิ้งครีม 35% และใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาล 100% เท่ากับ 0.85-0.95% ซึ่งจัดเป็นไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ (low fat icecream) แต่มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงาน โยอาหาร และเถ้าไม่แตกต่างกัน

2.5 การวิเคราะห์ความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไอศกรีมนมปราศจากน้ำตาลลดไขมันผสมผักข้าวและใบบัวบกผสมชาเขียวผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus*

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การผสมสมุนไพรมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) โดยสูตรใบบัวบกผสมชาเขียวให้ค่าสูงสุด คือ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 12.1190 ± 0.0701 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม น้ำหนักเปียก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เท่ากับ 350.4613 ± 1.7802 ไมโครโมล Trolox/ 100 กรัม น้ำหนักเปียก และด้วยวิธี DPPH เท่ากับ 67.5536 ± 0.7919 ไมโครโมล Trolox/ 100 กรัม น้ำหนักเปียก

2.6 การวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล

การวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาลด้วยการศึกษาอัตราการปล่อยน้ำตาลกลูโคสในหลอดทดลองพบว่า ไอศกรีมนมสูตรปราศจากน้ำตาลและไอศกรีมนมสมุนไพรปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน 35% ทั้ง 2 สูตร (ผักข้าว และใบบัวบกผสมชาเขียว) มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าสูตรพื้นฐานที่มีน้ำตาลเต็มและไขมันเต็ม และสูตรที่ลดเฉพาะไขมัน ให้ผลต่ำกว่าสูตรพื้นฐานเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

1. การนำไปใช้ในการผลิตไอศกรีมเพื่อสุขภาพเชิงการค้า จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จะเห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับและสนับสนุนแนวคิดการนำสมุนไพรมาใช้เป็นส่วนผสมของไอศกรีม แสดงให้เห็นโอกาสการยอมรับของผู้บริโภคในเชิงธุรกิจ

2. งานวิจัยพัฒนาไอศกรีมสมุนไพรที่ปราศจากน้ำตาลและลดไขมัน ชี้ให้เห็นประโยชน์ของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ทั้งในด้านการใช้สีและกลิ่นธรรมชาติแทนการใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในการผลิตไอศกรีม และคุณค่าของสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพร รวมทั้งการลดน้ำตาล ส่งผลให้มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เช่น ในกลุ่มผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน ผู้ที่มีภาวะดื้ออินซูลิน (insulin resistance) กลุ่มผู้ที่มีน้ำหนักเกินและโรคอ้วน เป็นต้น

3. สูตรทดลองที่ได้รับการยอมรับมาก คือ ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรอัญชันผสมมะนาว ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรฟักข้าวผสมเสาวรส และไอศกรีมนมฟักข้าว ส่วนที่ได้รับการยอมรับในระดับรองลงมา คือ ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรรางจืดผสมเสาวรส ไอศกรีมเชอร์เบทสูตรบัวบกผสมสับปะรด ไอศกรีมนมบัวบกผสมชาเขียว โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับรองลงมา ผู้ทดสอบให้ข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงให้มีสีและรสชาติเข้มข้นมากขึ้น ทั้งนี้อาจมีผลส่วนหนึ่งจากการที่ไอศกรีมที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปมักมีสีสดใส กลิ่นรสเข้มข้นจากการใช้สารสีและกลิ่นรสสังเคราะห์ ดังนั้นหากพิจารณาในด้านความปลอดภัย เพื่อลดความเสี่ยงของการสะสมสารเคมีที่เป็นสีและกลิ่นรสสังเคราะห์ ควรจะต้องให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคเวลาเดียวกันถึงประโยชน์ของการรับประทานไอศกรีมที่มีสีและกลิ่นรสธรรมชาติด้วย

4. ต้นทุนของไอศกรีมทดลองส่วนใหญ่อยู่ที่ราคาของสารทดแทนน้ำตาล สารทดแทนไขมัน และสมุนไพร โดยต้นทุนของสมุนไพรแตกต่างกันตามชนิดของสมุนไพร บางชนิดมีราคาต่ำและสามารถปลูกเป็นสมุนไพรในบ้าน เช่น อัญชัน รางจืด ย่านาง บัวบก บางชนิดอาจมีราคาสูงเนื่องจากการยังมีการผลิตไม่มากนัก เช่น ฟักข้าว เสาวรส แต่หากมีการส่งเสริมการปลูก น่าจะช่วยลดปัญหาเรื่องวัตถุดิบได้ อย่างไรก็ตามก็ตีราคาจำหน่ายไอศกรีมสุขภาพของการวิจัยมีต้นทุนของวัตถุดิบต่ำกว่าราคาขายของไอศกรีมทั่วไป ดังนั้นน่าจะมีความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจสำหรับไอศกรีมสมุนไพร

5. งานวิจัยไอบสกรีมสมุนไพรนอกจากจะได้รับประโยชน์ในด้านสุขภาพจากสมุนไพร ยังช่วยส่งเสริมความปลอดภัยของการใช้สีและกลิ่นธรรมชาติแทนการใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ของการใช้ประโยชน์ของสมุนไพรมาเป็นส่วนผสมของไอบสกรีม ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณค่าของไอบสกรีมที่มีต่อสุขภาพและการลดการใช้สีและกลิ่นสังเคราะห์ แต่ยังขาดข้อมูลพื้นฐานของสมุนไพรแต่ละชนิดสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ในไอบสกรีม เช่น สี กลิ่น รสชาติ ความเป็นกรดต่าง การเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ฯลฯ ซึ่งควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาไอบสกรีมสมุนไพรให้มีความหลากหลายในด้านลักษณะปรากฏ สี และรสชาติมากยิ่งขึ้น

2. การวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นประโยชน์ของการลดน้ำตาลในไอบสกรีมและการใช้สารทดแทนน้ำตาลว่ามีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดน้อยกว่าสูตรที่มีน้ำตาลเต็ม โดยให้ค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่า จากการทดลองในหลอดทดลอง (in vitro study) ซึ่งน่าจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในมนุษย์ ทั้งผู้ที่มีภาวะสุขภาพแข็งแรง และผู้ที่มีปัญหาเรื่องระดับน้ำตาลในเลือด เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน หรือผู้ที่มีภาวะดื้ออินซูลิน ว่าจะสามารถรับประทานไอบสกรีมปราศจากน้ำตาลได้มากน้อยเพียงไร สำหรับผู้ที่ต้องการอยากรับประทาน เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุกปี และรวมทั้งกลุ่มผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด 2542 สารให้ความหวาน จาร์พาเทคเซนเตอร์ กรุงเทพฯ
- จุฑารัตน์ โกวิทยา 2549 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- จิรัฐ จันลาโสม 2551 ผลของไบบับกและเปลือกมังคุดต่อกระบวนการหายของแผลในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้
เกิดเบาหวาน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- เจนจิรา ตันติพิริยะ 2549 การใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์แยมส้มโอ
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
- ชัยรัตน์ พึ่งเพียร 2552 สมบัติและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากขิงที่สกัดด้วย
คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตและการประยุกต์ใช้สารสกัดในไอศกรีม วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ทิพวรรณ พิลา 2550 ผลของสารสกัดจากใบชะพลู ใบอินทนิลน้ำ และไบบับก ต่อการลดระดับน้ำตาลใน
เลือด ปริมาตร และคุณสมบัติทางเคมีของน้ำปัสสาวะ ลักษณะเนื้อเยื่อลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่
วิทยาในหนูเบาหวาน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ธนิกันต์ นันวันดี จิราภรณ์ ทองตัน และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2556 การเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายที่
ใช้สกัดสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชให้สีในอาหารไทย วิจัยนำเสนอแบบปากเปล่า
ในการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013 วันที่ 14 มีนาคม 2556
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต กรุงเทพฯ
- นิธิยา รัตนพนธ์ 2545 เคมีอาหาร โอเดียนส์โตร กรุงเทพฯ
- ประสงค์ เพียนบุญ 2551 โยอาหาร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิยะธิดา เกิดช่วย 2551 การใช้เวย์โปรตีนเข้มข้นและมอลโทเดกซ์ทรินในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรหล้า ขาวเอียร 2555 หลักสูตรไอศกรีม Hard-pack ฉบับปรับปรุง 4/2555 เอกสารประกอบการอบรม
ไอศกรีมโฮมเมด ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม 2555
- พิมลพรรณ อนันต์กิจไพศาล 2552 คุณค่าทางโภชนาการและคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้สด 100 ชนิด ซีซีที อินเตอร์
เนชั่นแนล กรุงเทพฯ
- เพลินใจ ตังคณะกุล เกศศิณี ตระกูลทิวกกร พยอม อรรถวิบูลย์กุล บุญมา นิยมวิทย์ และกรรณา วงษ์กระจ่าง
2544 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในอาหารเนื้อและอาหารอีสาน. รายงานวิจัยฉบับ
สมบูรณ์ ทุนอุดหนุนวิจัย มก.ประจำปี 2544 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.
- ภาคินี เรือนสุภา 2550 อิทธิพลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ภัทรา กุลกิจโรภาส 2540 การพัฒนาไอศกรีมลดพลังงานกลั่นรสผลไม้ไทย วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัชรินทร์ รักถาวร 2542 การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ 2556 ดัชนีไกลซีมิก แหล่งที่มา: http://www.tistr-foodprocess.net/food_health/food_health4.htm วันที่เข้าถึง 9 สิงหาคม 2556

ราชบัณฑิตยสถาน 2546 พจนานุกรม พ.ศ. 2542 พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทนานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ

รัชนิ มนุพิพัฒน์พงศ์ ทศนีย์ ลิ้มสุวรรณ และสุภาพ ฉัตรภรณ์ 2550 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะโภชนาการเกินของนักเรียนประถมศึกษาในจังหวัดลพบุรี วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 50(2): 6-13

รัตดา กองมะณี 2551 ผลกระทบร่วมของการกำจัดน้ำแบบออสโมติก การลวก และสารละลายเคมีต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของผลหม่อนอบแห้ง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วิภา สุโรจนะเมธากุล 2549 ค่าดัชนีน้ำตาล วารสารอาหาร 36(3): 183-187

วิลาวลัย บุญย์ 2551 การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากดอกอัญชัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

วิรัชยา อินทะกันท์ ลีลี อิงศรีสว่าง และทศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2556 การเปรียบเทียบความรู้ ภาวะโภชนาการ และแบบแผนการบริโภคอาหารของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลได้กับที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ที่เข้ารับบริการคลินิกเบาหวาน โรงพยาบาลลำพูน จังหวัดลำพูน วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 56 (1) มกราคม-เมษายน 2556 หน้า 30-37

วีรสุม ม.ป.ป. คู่มือการใช้งานเครื่องมือทำไอศกรีม ม.ป.ท.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย มปป. ตลาดไอศกรีมปี 54 แหล่งที่มา: <http://www.kasikornresearch.com/TH/K-EconAnalysis/Pages/ViewSummary.aspx?docid=26866> วันที่เข้าถึง 15 สิงหาคม 2555

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย 2545 สมุนไพร แหล่งที่มา : <http://www.kasikornresearch.com> วันที่เข้าถึง 15 สิงหาคม 2555

สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ 2556 สถานการณ์โรคเบาหวาน/ ความดันโลหิตสูง และภาวะแทรกซ้อนในประเทศไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

สมจิต สุรพัฒน์ 2550 ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

สลักจิต ณะวงษ์ 2550 การพัฒนาน้ำลื่นจีเสริมสารสกัดจากดอกอัญชัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุชาดา นกเถื่อน 2548 การพัฒนาคุกกี้แป้งข้าวเจ้าที่ลดค่าดัชนีน้ำตาลด้วยสารทดแทนความหวานและเส้นใยอาหารจากเปลือกชั้นในของผลส้มโอ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ มปป. จำนวนผู้ป่วยโรคเรื้อรัง แหล่งที่มา : http://Thailand.com/information_statistic วันที่เข้าถึง 15 พฤศจิกายน 2556

- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analysis Chemist, Artinto, Virginia.
- Aoki, H.M., Kieu, T.N. and Kuze, N. 2002. Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica eochinchinensis* Spreng.). *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 66(11): 2479-2482.
- Arbuckle, W.S. 1986. Ice Cream. 4th ed. AVI Publishing Co. Inc., New York.
- Baer, R.J., Wolkow, M.D. and Kasperson, K.M. 1997. Effect of emulsifier on the body and texture of low fat ice cream. *J. Dairy Sci.* 80(12): 3123-3132.
- Bordi, P., Cranage, D., Stokols, J., Palchak, T. and Powell, L. 2004. Effect of polyols versus sugar on the acceptability of ice cream among a student and adult population. *Food Research International* 15: 41-50.
- Chang, Y. and Hartel, R.W. 2002. Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering* 55(1): 59-70.
- Clarke, C. 2008. The science of ice cream. The royal society of chemistry (RSC Publishing): UK.
- Coninck, V. D.E. and Vanhelrijck, J. 1991. Carbohydrate as fat replacers in calorie reduced foods. *J. Am. Coll. Nutr.* 2: 5-7.
- Cousin, M., Adelberg, J.F. and Rieck, J. 2007. Antioxidant capacity of fresh and dried rhizomes from four clones of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown *in vitro*. *Industrial Crops and Products* 25: 129-135.
- Coussement, P. 1999. Inulin and oligofructose as dietary fiber : Analytical nutrition and legal aspects. Pp. 203-212. In S.S. Cho, L. Prosky and M. Greher., eds. *Complex Carbohydrate in Foods*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Davies, K.M. 2004. Plant pigments and their manipulation. Blackwell Publishing, Ltd., Oxford.
- Eisner, M.D., Wildmoser, H. and Windhab, E.J. 2005. Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 263(1-3): 390-399.
- Finocchiaro, F., Ferrani, B., Gianinetti, A., Dall'Asha, C., Galaverna, G., Scazzina, F. and Pellegrini, N. 2007. Characterization of antioxidant compounds of red and white rice at changes in total antioxidant capacity during processing. *Mol. Nutr. Food Res.* 51: 1006-1019.
- Garcia, R.S., Marshall, R.T. and Heymann, H. 1995. Low fat ice cream from freeze concentrated versus heat-concentrate nonfat milk solids. *Journal of Dairy Science* 78(11): 2345-2351.

- Goff, R.D. and Hartel, R.W. 2004. Ice cream and frozen desserts. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Guinard, J.X., Morse, C.Z., Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D. and Kilara, A. 1997. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *J. Food Sci.* 62: 1087-1094.
- Huang, V. and Platt, S. 1995. The latest developments in ice cream technology. *Chemistry and Industry.* 2(16): 51-54.
- Jane, M.S.C. 2009. Circumin prevents diabetes-associated abnormalities in the kidneys by inhibiting p300 and nuclear factor-kb. *Nutrition* 25: 964-972.
- Kavas, G., Oysun, G., Kinik, O. and Uysal, H. 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry* 88(3): 381-388.
- Kubola, J. and Siriamornpun, S. 2011. Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Monordia cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry* 127: 1138-1145.
- Lee, J. and S.J. Schwartz. 2006. Pigments in plant foods. *Handbook Food Science Technology and Engineering.* Vol 1. Y.H. Hui, ed. CRC-Taylor&Francis, New York.
- Li, H., Yang, P., Chu, D. and Li, H. 2007. Selective maltose hydrogenation to maltitol on a ternary Co-P-B amorphous catalyst and the synergistic effects of alloying B and P. *Applied Catalysis A.* 325: 34-40.
- Ma, J., Bellon, M., Wishart, J.M., Young, R.L., Blackshaw, L.A., Jones, K.L., Horowitz, M. and Rayner, C.K. 2009. Effect of the artificial sweetener, sucralose, on gastric emptying and incretin hormone release in healthy subjects. *American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology* 296: G735-G739.
- Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W. 2003. Ice cream. 6th ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S. 1996. Ice cream. 5th ed. Chapman & Hall, New York.
- Morris, R.T. and Brownsey, G.J. 1995. Physical chemistry of heterogeneous and mixed gel. Pp.377-389. In: E. Dickinson and D. Lorient, eds. *Food macromolecules and colloids.* The Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K.
- Ratanakopon, N. 2007. *In vitro* "rapidly available glucose (RAG) use as indicator for glucose response digestion of Thai rice and rice products. Master of Science thesis (nutrition), Mahidol university.
- Orafti. 1998. Technical properties of raftilline®. Orafti, Belgium.
- Patel, M.R., Baer, R.J. and Acharya, M.R. 2006. Increasing the protein content in ice cream. *J. Dairy Sci.* 89: 1400-1406.

- Phillips, G.O. and Williams, P.A. 2000. Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited, New York.
- Roferfriod, M. 1993. Dietary fiber, inulin and oligofructose: A review comparing their physiological effects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 33(2): 103-148.
- Santana, R.A., Ribeiro, E.P. and Iguti, A.M. 2011. Evaluation of green coconut (*Cocos nucifera* L.) pulp for use as milk, fat and emulsifier replacer in ice cream. *Procedia Food Science* 1: 1447-1453.
- Soukoulis, C., Lyroni, E. and Tzia, C. 2010. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yoghurt and milk fat content. *LWT-Food Science and Technology* 43(9): 1351-1358.
- Stintzing, F. and Carle, R. 2004. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* 15: 19-38.
- Weber, W.M., Hunsaker, L.A. and Roybal, C.N. 2006. Activation of NFkB is inhibited by curcumin and related enones. *Bioorganic and Amp; Medicinal Chemistry* 14(7): 2450-2461.
- Yazici, F. and Akgun, A. 2004. Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering* 62(3): 245-254.
- Zainol, M.K., Abd-Hamid, A., Yusof, S. and Muse, R. 2003. Antioxidant activity and total phenolic compoiunds of leaf petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food Chemistry* 81: 575-581.
- Zigoneaner, I.G., Williams, L., Xu, Z. and Sabliou, C.M. 2008. Determination of antioxidant components in rice bran oil extracted by microwave-assted method. *Biresource Technology* 99: 4910-4918.
-บวบก แหล่งที่มา: http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_03_4htm. วันที่เข้าถึง 14 พฤศจิกายน 2556.
-บวบก สมุนไพร แก้วน้ำ. แหล่งที่มา: <http://www.monmai.com> วันเข้าถึง 15 พฤศจิกายน 2556
-คุณประโยชน์ของขมิ้นชัน แหล่งที่มา: <http://guru.sanook.com/pedia/topic> วันที่เข้าถึง 15 พฤศจิกายน 2556
-ฟักข้าว แหล่งที่มา: http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_01_2.htm วันที่เข้าถึง 15 พฤศจิกายน 2556
-รางจืด แหล่งที่มา: http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_30_2.htm วันที่เข้าถึง 15 พฤศจิกายน 2556

.....สมุนไพร แหล่งที่มา: <http://www.thaihealth.or.th/healthcontent/healthtips/12293>
วันที่เข้าถึง 25 กรกฎาคม 2554

.....มอลโทเดกซ์ตริน แหล่งที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/Maltodextrin>. วันที่เข้าถึง 15
พฤศจิกายน 2556

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic scale

ชื่อผู้ทดสอบ:วันที่:

ชื่อผลิตภัณฑ์: ไอศกรีมเชอร์เบท

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างแต่ละรหัสแล้วให้คะแนนตามลักษณะต่างๆ ที่ตรงกับความรู้สึกโดยให้คะแนนตามระดับความชอบดังนี้

- | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 2 = ไม่ชอบมาก | 3 = ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 = เฉย ๆ | 6 = ชอบเล็กน้อย |
| 7 = ชอบปานกลาง | 8 = ชอบมาก | 9 = ชอบมากที่สุด |

คุณภาพของไอศกรีม	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์			
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ความเนียน				
ความแน่นเนื้อ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Unstructured line 10 point scale

ชื่อผู้ทดสอบ:..... วันที่:.....

จุดประสงค์: เพื่อทราบระดับความเข้มของคุณภาพของไอศกรีม

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างไอศกรีมแล้วทำเครื่องหมายขีด (|) พร้อมทั้งเขียนรหัสของตัวอย่างกำกับ

1. การรับรู้กลิ่นรสในปาก (Flavor intensity)

น้อยมาก

2. ความเรียบเนียน (Smoothness)

น้อย

มาก

3. ความแน่นเนื้อ (Firmness)

น้อยมาก

4. การละลายในปาก (Meltdown)

น้อยมาก

5. ความเหนียวหนืดในปาก (Gummy)

น้อยมาก

6. รสเปรี้ยว

น้อยมาก

7. การรับรสหวาน (Sweetness)

น้อยมาก

ข้อเสนอแนะ:.....

.....

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ “ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชัน
ปราศจากน้ำตาล”

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลการใช้ดอกอัญชันและสารทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบท ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ สาขา
อาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความกรุณาจากท่านในการ
ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัย และจะไม่มี
ผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ซึ่ง
แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล

คำอธิบาย ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทเป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งที่มีลักษณะคล้ายกับไอศกรีมหวาน

เย็น ส่วนผสมหลักประกอบด้วย น้ำ น้ำตาลหรือสารให้ความหวานส่วน น้ำผลไม้หรือกลิ่นรสผลไม้
สารให้สี สารให้ความคงตัว ซึ่งไอศกรีมเชอร์เบทจะมีน้ำตาลสูงถึงร้อยละ 25-35 ซึ่งมากกว่าไอศกรีม
นมทั่วไปซึ่งมีเพียงร้อยละ 12-22 จึงมีการพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทเพื่อลดน้ำตาล และพลังงานโดย
ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล คือซูคราโลส อีกทั้งมีการเติมสมุนไพรไทยเพื่อเพิ่มมูลค่าใน
ไอศกรีม คือดอกอัญชัน ซึ่งมีคุณสมบัติมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็น
ลดปัจจัยเสี่ยงของโรคต้อหิน และโรคต้อกระจก ลดปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ

ขอขอบพระคุณ

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย✓ ลงใน () หน้าคำตอบที่เห็นว่าตรงกับข้อมูลของท่าน และเติมข้อความในช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ไม่เกิน 20 ปี

() 21-25 ปี

() 26-30 ปี

() 31-35 ปี

() 36-40 ปี

() มากกว่า 41 ปี

3. การศึกษาสูงสุด

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

() มัธยมศึกษา

() อนุปริญญา (ปวช./ปวส.)

() ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

() น้อยกว่า 10,000 บาท

() 10,001 - 15,000 บาท

() 15,001 - 20,000 บาท

() 20,001 - 25,000 บาท

() 25,001 - 30,000 บาท

() 30,001 - 35,000 บาท

() 35,001 - 40,000 บาท

() สูงกว่า 40,001

5. อาชีพ

() นักเรียน/นักศึกษา

() ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

() พนักงานขาย/ตัวแทนจำหน่าย

() อื่นๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

6. กรุณาทดสอบตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบโดยทำเครื่องหมาย  ลงในช่องตามระดับคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

ปัจจัย	ตัวอย่าง	ไม่ชอบ				เฉยๆ	ชอบ			
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย	เฉยๆ	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
สี	1									
	2									
กลิ่น	1									
	2									
รสชาติ	1									
	2									
ความเนียน	1									
	2									
ความแน่น	1									
	2									
ความชอบรวม	1									
	2									

7. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล นี้หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ.....

() ไม่ยอมรับ เพราะ.....

8. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล เพราะเหตุใด

() รสชาติดี มีความอร่อย

() มีประโยชน์ต่อร่างกาย

() อื่นๆ ระบุ.....

9. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล นี่จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

() ซื้อ เพราะ

() ไม่ซื้อ เพราะ

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทอัญชันปราศจากน้ำตาล

10. ท่านเคยรับประทานไอศกรีมเชอร์เบท หรือไม่

() เคย

() ไม่เคย (ข้ามไปตอบข้อ 14)

11. ท่านเคยรับประทานไอศกรีมเชอร์เบทรสใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() มะนาว

() แอปเปิ้ล

() สตรอเบอร์รี่

() ส้ม

() เสาวรส

() มังคุด

() กีวี

() แตงโม

() ลิ้นจี่

() เมล่อน

() มะม่วง

() อื่นๆ ระบุ.....

12. ท่านเคยซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเชอร์เบทลดน้ำตาลหรือปราศจากน้ำตาลจากที่ไหน

() ไม่เคยซื้อ

() เคยซื้อ โปรดระบุห้าง/ร้าน.....

13. ปัญหาที่ท่านพบในการรับประทานไอศกรีมเชอร์เบตลดน้ำตาลหรือปราศจากน้ำตาลในทางการค้า

() ไม่พบปัญหา

() พบปัญหา ได้แก่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ รสชาติไม่อร่อย

☐ หาชื้อยาก

☐ ราคาแพง

☐ ผลิตภัณฑ์ไม่หลากหลาย

☐ อื่นๆ.....

14. ท่านคิดว่าไอศกรีมเชอร์เบตลดน้ำตาลหรือปราศจากน้ำตาลจะต้องมีลักษณะอย่างไร

(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() มีกลิ่นหอม

() เนื้อสัมผัสเรียบเนียน

() รสชาติเข้มข้น

() เนื้อสัมผัสเป็นเกล็ดน้ำแข็ง

() ไม่หวานจัด

() อื่นๆโปรดระบุ.....

15. ท่านเห็นสมควรระดับใดในการนำสมุนไพรไทยมาใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมเชอร์เบต

() มากที่สุด

() มาก

() ปานกลาง

() น้อย

() น้อย

ที่สุด

16. ท่านอยากเห็นไอศกรีมเชอร์เบตอัญชันปราศจากน้ำตาล มีส่วนผสมอย่างอื่นด้วยหรือไม่

() รสชาติอัญชันอย่างเดิมดีแล้ว

() อยากเห็นส่วนผสมของอัญชันกับส่วนผสมอื่น

☐ แอปเปิ้ล

☐ ลำไย

☐ สตรอเบอรี่

☐ ส้ม

☐ เสาวรส

☐ มังคุด

☐ กีวี

☐ เมล่อน

☐ ลิ้นจี่

☐ อื่นๆโปรดระบุ.....

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน

การหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin) โดยวิธี pH-differential method (ดัดแปลงจาก Finocchiano *et al.*, 2007)

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 Potassium chloride (KCl) buffer, 0.025 M, pH 1.0

ชั่ง Potassium chloride 1.86 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 980 ml ในปิกเกอร์ วัดค่า pH และปรับค่า pH ให้ได้ 1.0 โดยใช้ Hydrochloric acid เข้มข้น เมื่อได้ pH 1.0 ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่น สารละลาย buffer pH 1.0 มีความคงตัวที่อุณหภูมิ 1-2 เดือน แต่ก่อนที่จะนำมาใช้งานควรตรวจสอบค่า pH และปรับค่าก่อนการใช้งานทุกครั้ง

1.2 Sodium acetate ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) buffer, 0.4 M, pH 4.5

ชั่ง Sodium acetate 54.43 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 960 ml ในปิกเกอร์ วัดค่า pH และปรับค่า pH ให้ได้ 4.5 โดยใช้ Hydrochloric acid เข้มข้น เมื่อได้ pH 4.5 ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่น สารละลาย buffer pH 4.5 มีความคงตัวที่อุณหภูมิ 1-2 เดือน แต่ก่อนที่จะนำมาใช้งานควรตรวจสอบค่า pH และปรับค่าก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2. การสกัดตัวอย่างไอศกรีม

นำตัวอย่างไอศกรีมปริมาณ 10 กรัม แช่ใน absolute ethanol 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่แรงเหวี่ยง 8,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแยกเอาส่วนใสเก็บในขวดสีชาเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ต่อไป

หมายเหตุ: กำหนดอัตราส่วนในการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับ buffer pH 1.0 โดยค่า absorbance ต้องไม่เกิน 1.2 และตัวอย่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต้องไม่เกิน 20 % ของปริมาตรทั้งหมด ซึ่งอัตราส่วนในการเจือจางใช้เป็นตัวกำหนดค่า DF (Dilution factor) ที่ใช้ในการคำนวณ

การทำปฏิกิริยากับ buffer

สารสกัดจากตัวอย่าง 0.5 ml (3 ซ้ำ) 2 ชุดสำหรับ 2 buffer



เติม buffer pH 1.0 และ buffer pH 4.5 ในแต่ละชุด 4.5 ml



ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที (ไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง)



วัดค่า Absorbance ที่ 510 และ 700 nm. โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank



คำนวณค่า Absorbance (A)

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$



คำนวณค่า Total anthocyanin (mg/L)

$$TA = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

ภาคผนวก ค
วิธีวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การสกัดตัวอย่างทดสอบ (ดัดแปลงจาก Zigoncanu et al., 2007)

การสกัดตัวอย่างไอศกรีม

นำตัวอย่างไอศกรีมปริมาณ 10 กรัมแช่ใน absolute ethanol 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่แรงเหวี่ยง 8,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแยกเอาส่วนใสเก็บในขวดสีชาเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ต่อไป

1. Trolox Equivalent Antioxidant capacity Assay: TEAC

โดยใช้ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ และนำมาพลอตกราฟเพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับ Trolox

1.1 การเตรียมสารเคมี

1.1.1 สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (μM) (DPPH, MW 394.33 g/mol)

$$1 \text{ mM} = 0.394.33 \text{ g}/1000 \text{ ml}$$

$$1 \text{ mM} = 0.039433 \text{ g}/100 \text{ ml} = 1000 \text{ micromole } (\mu\text{M})$$

ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (μM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก DPPH ที่ใช้คือ $= 0.03944/5 = 0.0079 \text{ g}$

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (μM) ใน 50% ethanol ปริมาตร 100 ml ดังนี้

ชั่ง DPPH 0.0079 g



เติม Ethanol 50 ml กวนผสมโดยใช้ Magnetic bar 15 นาที



เติมน้ำกลั่น 50 ml กวนโดยใช้ Magnetic bar ต่ออีก 10 นาที



สารละลาย DPPH สำหรับการวิเคราะห์

(ควรเตรียมทุกวันก่อนการวิเคราะห์ และเก็บในที่มืด)

1.1.2 สารละลายมาตรฐาน Trolox (Trolox, MW = 250.29 g/mol)

$$1 \text{ mM} = 0.25029 \text{ g}/1000 \text{ ml}$$

$$1 \text{ mM} = 0.025029 \text{ g}/100 \text{ ml} = 1000 \text{ micromole } (\mu\text{M})$$

ต้องการเตรียมความเข้มข้น 200 micromole (μM) ปริมาตร 100 ml น้ำหนัก

$$\text{DPPH ที่ใช้คือ} = 0.025029 / 5 = 0.0050 \text{ g}$$

การเตรียมสารละลาย Trolox ความเข้มข้น 200 micromole (μM) ปริมาตร 100 ml ดังนี้

ชั่ง Trolox 0.0050 g



เติม 80% methanol และปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml



เจือจางด้วย 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, และ 50 micromole (μM) ปริมาตร 5 ml

(ใช้ 80% methanol ที่ความเข้มข้น 0 และ Trolox (200 micromole (μM)) 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, และ

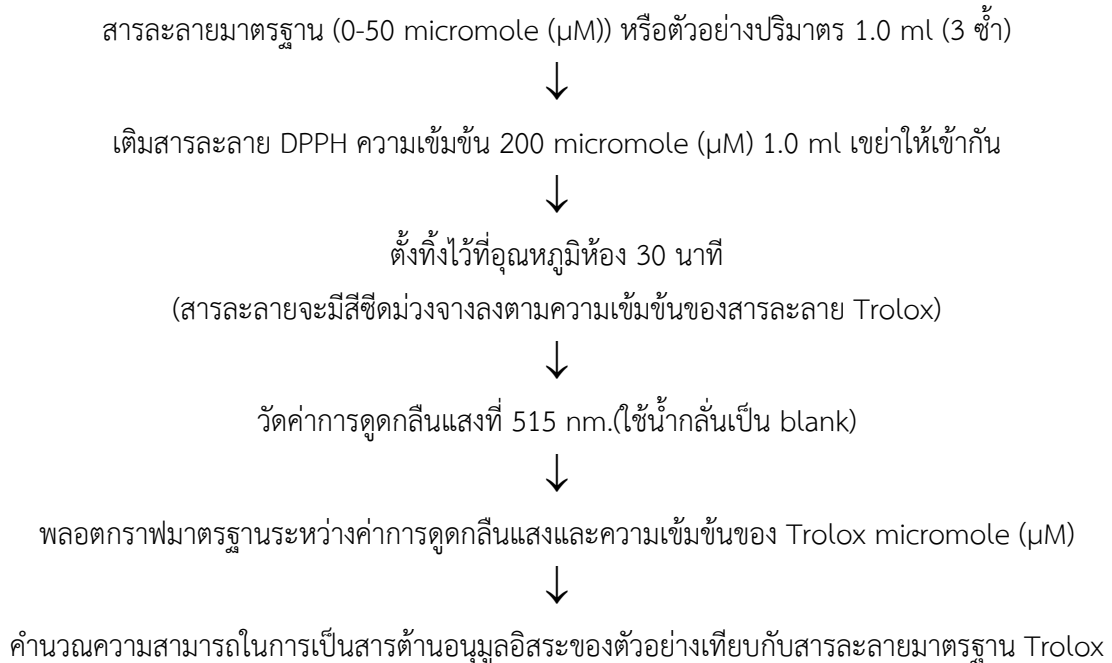
1.25 ตามลำดับ)



ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วย 80% methanol ให้ได้ปริมาตร 5 ml

(4.75, 4.5, 4.25, 4.0 และ 3.75 ตามลำดับ)

1.2 วิธีการวิเคราะห์



2. FRAP, Ferric reducing antioxidant power

ปิเปตตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร และเติมสารละลาย FRAP reagent 380 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นวัดระดับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตรนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox

2.1 สารเคมี

- 2.1.1 โซเดียมอะซิเตรต
- 2.1.2 กรดอะซิটริก
- 2.1.3 TPTZ (2,4,6 – tripyridyl – s - triazine)
- 2.1.4 กรดไฮโดรคลอริก
- 2.1.5 เฟอริกคลอไรด์ เฮกซะไฮเดรต
- 2.1.6 โทรลอกซ์

2.2 การเตรียมสารเคมี

2.2.1 เตรียมสารละลาย 300 มิลลิโมลาร์ อะซิเตรตบัฟเฟอร์ พีเอช 3.6 โดยชั่งโซเดียมอะซิเตรต ปริมาตร 3.1 กรัม จากนั้นเติมกรดอะซิติกเข้มข้น 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.2.2 เตรียมสารละลาย TPTZ เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ โดยชั่ง TPTZ ปริมาตร 0.031 กรัม ละลายใน 10 มิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์

2.2.3 เตรียมสารละลายเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต 0.1340 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร

2.2.4 เตรียม FRAB reagent โดยผสม อะซิเตรตบัฟเฟอร์ (ข้อ 3.2.1) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร กับสารละลาย TPTZ (ข้อ 2) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และสารละลายเฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (ข้อ 3) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์

เตรียมสารละลายโทรลอกซ์ให้มีความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งโทรลอกซ์ให้น้ำหนักที่แน่นอนปริมาณ 0.005 กรัม ให้ละลายและปรับปริมาตรด้วยเอทานอล ให้เป็น 10 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางให้มีความเข้มข้น 0.5, 0.25, 0.1 และ 0.08 มิลลิโมลาร์

2.4 วิธีวิเคราะห์

2.4.1 ผสมสารละลาย FRAB reagent 380 ไมโครลิตร และตัวอย่าง 200 ไมโครลิตรลงในหลอดทดลอง

2.4.2 ตั้งตัวอย่างทิ้งไว้เพื่อทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 10 นาทีในที่มืด แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

2.4.3 คำนวณความสามารถในการให้อิเล็กตรอน โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ โดยแสดงค่าเป็นไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมตัวอย่าง ($\mu\text{mol Trolox equivalents (TE)/g sample}$)

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Compound)

โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method ตามวิธีของ Shen *et al.*, 2009)

3.1 เตรียมสารละลาย

3.1.1 สารละลาย Folin-Ciocalteu 10 % ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)

3.1.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 5% ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้)

3.1.3 สารละลายมาตรฐาน gallic acid

เตรียมสารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 100 microgram/ml ปริมาตร 50 ml

(ชั่ง gallic acid 0.0050 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml)



เจือจางที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, และ 80 microgram /ml ปริมาตร 5 ml

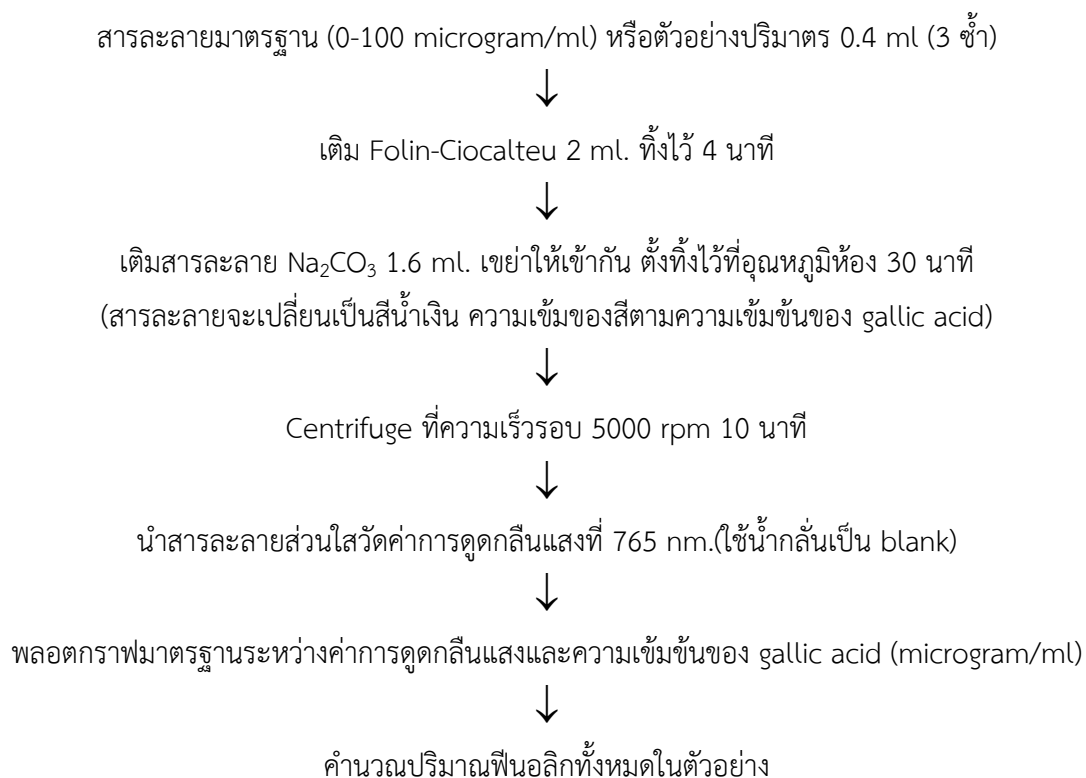
(ใช้น้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 0 และ gallic acid (100 microgram /ml) 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0, ml.

ตามลำดับ)



ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 ml

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด



หมายเหตุ: ตัวอย่างที่ใช้วัดค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ค่าการดูดกลืนแสงควรอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน และไม่ควรเกิน 1 จึงจำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

ภาคผนวก ง
วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล

การวิเคราะห์ค่าไกลซีมิกอินเดกซ์(glycemic index) ดัดแปลงตามวิธีของ (สุชาติ,2554)

1. ชั่งตัวอย่าง บดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูนขนาด 125 มิลลิลิตร เติม artificial saliva 1 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ pepsin ใน HCl 0.02 M (pH 2) จำนวน 5 มิลลิลิตร ภายใน เวลา 15-20 วินาที
2. จากนั้นนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มี การเขย่า 85 รอบต่อนาที เป็น เวลารวม 30 นาที
3. ทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย NaOH 0.02 M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติม acetate buffer 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์ pancreatin / amyloglucosidase ใน acetate buffer จำนวน 5 มิลลิลิตร
4. นำไปบ่มใน อ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที วัดปริมาณ น้ำตาลกลูโคสด้วย glucometer ที่เวลา 0, 10, 20, 30, 45, 90, 120, 150, 180, 210, 240 นาที
5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการย่อยแป้งและประเมินค่า ดัชนีน้ำตาลตามวิธีการของ Goni *et al.*(1997) นำค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาอัตราการย่อยแป้ง ดังนี้

$$\text{ปริมาณอัตราการย่อยแป้ง, DS} = \frac{0.9 \times G_G \times 180 \times V}{W \times S (100-M)}$$

เมื่อ G_G = ปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้ (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

0.9 = stoichiometric constant for starch from glucose contents

V = ปริมาตรของน้ำย่อย (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดของตัวอย่าง (ร้อยละ น้ำหนักแห้ง)

M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (ร้อยละ)

180 = น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส

6. นำข้อมูลอัตราการย่อยแป้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการย่อยแป้งตามสมการ the modified first-order kinetic ดังนี้

$$D_t = D_0 + D_{\infty} (1 - \exp(-kt))$$

เมื่อ D_0 = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = 0$

D_{∞} = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา $t = \infty$

K = อัตราการย่อยต่อนาที

t = เวลา (นาที)

7. คำนวณค่าดัชนีน้ำตาลจากสมการ $GI = 39.21 + (0.803 \times H_{90})$

ภาคผนวก จ
วิธีการตรวจสอบจุลินทรีย์

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

1 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM online 2001)

1.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1: 100 และ 1: 1000

1.2 ดูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วความเข้มข้นละ 2 จาน

1.3 ทำการ Pour plate แล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็ง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.4 นับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 25-250 โคโลนี จดบันทึกโคโลนีที่นับได้ทั้งหมด และระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณ และรายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g)

2 การตรวจวิเคราะห์ Coliforms, Fecal coliforms and *E.coli* โดยวิธีการหาค่า MPN (BAM online 2002)

2.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1: 10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1: 100 และ 1: 1000

2.2 ปิเปิดตัวอย่างอาหารครึ่งละ 1 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ ใส่ในหลอด Lauryl sulfate tryptose broth: LSTB (พร้อมหลอดดักก๊าซ ที่ความเข้มข้น 1 เท่า) โดยใช้ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

2.3 บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 ตรวจดูการเจริญโดยสังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.5 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ

2.6 ใช้ loop ถ่ายตัวอย่างในหลอดที่ให้ผลบวก ลงในอาหาร Brilliant green lactose bile broth : BGLB พร้อมหลอดดักก๊าซ จำนวน 1 loop โดยถ่าย 1 หลอดที่ให้ผลบวกต่อหนึ่งหลอดของ BGLB เพื่อยืนยันว่าเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์มอีกที โดยดูจากการใช้น้ำตาลแล็กโตสซึ่งเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่มีอยู่ในอาหาร BGLB แล้วสร้างก๊าซ

2.7 บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.8 ตรวจดูการเจริญโดยสังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.9 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ

- 2.10 นำมาหาค่า MPN โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละระดับความเจือจางจากจำนวนหลอดที่ทดสอบทั้งหมด ตัวเลขที่ได้จะเป็นเลข 3 ตัว โดยเรียงผลของชุดความเข้มข้นที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด
- 2.11 นำตัวเลขไปเทียบเคียงในตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม
- 2.12 ทำการตรวจวิเคราะห์ และหาค่า MPN ของแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม โดยใช้ loop ถ่ายตัวอย่างในหลอดที่ให้ผลบวกจากข้อ 5 ลงในอาหาร EC broth พร้อมหลอดดักก๊าซ จำนวน 1 loop โดยถ่าย 1 หลอดที่ให้ผลบวก ต่อหนึ่งหลอดของ EC broth
- 2.13 บ่มที่อุณหภูมิ 44.5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 2.14 ตรวจสอบการเจริญโดยสังเกตความขุ่น และการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ
- 2.15 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ
- 2.16 นำมาหาค่า MPN โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละระดับความเจือจางจากจำนวนหลอดที่ทดสอบทั้งหมด ตัวเลขที่ได้จะเป็นเลข 3 ตัว โดยเรียงผลของชุดความเข้มข้นที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด
- 2.17 นำตัวเลขไปเทียบเคียงในตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม
- 2.18 ทำการตรวจวิเคราะห์และหาค่า MPN ของแบคทีเรีย *E.coli*
- 2.19 Streak เชื้อจากหลอด EC broth ทุกหลอดที่ให้ผลบวกลงอาหาร EMB agar (Eosin methylene blue agar)
- 2.20 บ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง
- 2.21 สังเกตลักษณะโคโลนีผิวหน้าเรียบ แห้ง สีน้ำตาลอมดำ อาจมีเงาโลหะ (metallic sheen) ปรากฏ
- 2.22 เชื้อโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าวเลี้ยงบนอาหาร NA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีวเคมี โดยทดสอบ IMViC Test และย้อมแกรมเพื่อดูลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) โดย *E.coli* จะให้ผลการทดสอบ IMViC Test เป็น ++-- หรือ --++ และติดสีแกรมลบ ท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์
- 2.23 หาค่า MPN ของ *E.coli* โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ลักษณะโคโลนีของ *E.coli* ใน EMB agar และให้ผลทดสอบ IMViC Test เป็น ++-- หรือ --++ และติดสีแกรมลบ ท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์
- 2.24 นำตัวเลขที่ได้ไปเปิดตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของ *E.coli*

3. การตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (BAM online 2001)

- 3.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมน้ำละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1: 10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1: 100 และ 1: 1000
- 3.2 ดูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตร ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird-Parker Egg Yolk-Tellurite Medium

3.3 ทำการ spread plate แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.4 สังเกตลักษณะโคโลนีของ *S. aureus* บนอาหาร Baird-Parker Egg Yolk-Tellurite Medium ซึ่งจะมีสีเทา ดำ นูน กลม ขอบเรียบ มี Opaque zone แล้วล้อมรอบด้วย Clear zone 2-3 mm

3.5 ทำการทดสอบ Coagulase test โดยนำโคโลนีที่สงสัยเลี้ยงในอาหาร BHI 0.2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำมาเติม coagulase plasma อีก 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มต่ออีก 6-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาดูผลการแข็งตัวของ coagulase plasma

*** การอ่านผล : Negative ไม่มีการแข็งตัว

1 – Positive มีตะกอนเล็กน้อย

2 – Positive มีการ clot เล็กน้อย

3 – Positive มีการ clot มากขึ้น

4 – Positive มีการ clot ทั่วหลอด คว่ำหลอดแล้วไม่มีการไหลออกมา

3.6 คำนวณและรายงาน *S. aureus* ต่อกรัม ของตัวอย่างอาหาร

ภาคผนวก ฉ
วิธีวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิธีวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)
 - 1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 30-45 นาที หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก
 - 1.2 ทำเหมือนข้อ 1 ซ้ำ จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
 - 1.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
 - 1.4 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง
 - 1.5 นำออกจากตู้อบไฟฟ้าแล้วใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก
 - 1.6 อบซ้ำอีกครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง และทำซ้ำเช่นเดิมจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม โดยแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ
 - 1.7 คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ และหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

2. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใช้วิธี เจลห์ดาล (AOAC, 2000)

- 2.1 ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
- 2.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร
- 2.3 นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควั่นจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยให้เย็น
- 2.4 นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร
- 2.5 รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยร้อยละ 2 ของกรดบอริก 50 มิลลิลิตร
- 2.6 เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
- 2.7 กลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก
- 2.8 กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับแก๊สประมาณ 250 มิลลิลิตร
- 2.9 กลั่นต่ออีกประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ
- 2.10 ไทเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน
- 2.11 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2.2-2.10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) * N * 14 \text{ factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มิลลิลิตร

c = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

w = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25 (น้ำหนักกรัมสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)

3. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

- 3.1 อบปีกเกอร์สำหรับหาไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 3.2 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

- 3.3 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในชอคเลต
- 3.4 เติมนิโตรเจนอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
- 3.5 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาที โดยปรับความร้อนให้หยดสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
- 3.6 ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อย
- 3.7 นำปิเปตเตอร์ไปบดในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทั้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
- 3.8 ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน

1-3 มิลลิลิตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{100 * \text{น้ำหนักของไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (Crude fiber) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

4.1 เตา Fritted glass crucible ด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง รอจนกระทั่งเย็นลงเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วจึงชั่งน้ำหนัก Crucible (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

4.2 ชั่งตัวอย่างซึ่งผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว (ประมาณ 1 กรัม) ลงใน Fritted glass crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว จดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างโดยละเอียด (เทคนิค 4 ตำแหน่ง)

4.3 วาง Fritted glass crucible บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น

4.4 เติมนิโตรเจนซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดสวิตช์ตั้งโปรแกรมให้ความร้อน

4.5 ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

4.6 เมื่อครบเวลาปล่อยกรดออกโดยปรับวาล์วไปที่ “Vacuum”

4.7 ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด

5. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

5.1 เตาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

5.2 เตาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

5.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาบน Hot plate ในตู้ควั่นจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส เผาเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีเทาขาว และปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำถ้วยตัวอย่างออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่องให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก โดยในแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

6. วิธีคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} &= 100 - [\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} \\ &\quad + \text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)}] \end{aligned}$$

ประวัตินักวิจัย

1. ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายแพทย์ ดร. วิศาล เยาวพงศ์ศิริ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Visal Yawapongsiri
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อ คลินิกศูนย์แพทย์พัฒนา
159 ถ.ประดิษฐ์มนูธรรม เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310 โทรศัพท์ 02-3190909, 02-3087600, 02-1050345
5. ประวัติการศึกษา
 - พ.บ. คณะแพทยศาสตรศิริราช มหาวิทยาลัยมหิดล
 - Ph.D. (Biochemistry), University of Virginia, U.S.A.
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ (โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย)
 - ประธาน (พ.ศ. 2544-2546) ราชวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์ครอบครัวแห่งประเทศไทย
 - กรรมการศึกษาต่อเนื่องของแพทย์- แพทย์สภา (พ.ศ. 2546-2547)
 - อาจารย์พิเศษบรรยายให้นักศึกษาแพทย์ เรื่อง Integrative Metabolism (SCID 221) คณะวิทยาศาสตร์ ม. มหิดล และ Nutrition Metabolism (PCS 219) คณะแพทยศาสตร์ ม. วลัยลักษณ์
 - ผู้ตรวจสอบทางวิชาการ สภาวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการวิจัย “ไขเพื่อการบริโภคและโภชนาบำบัด”
 - Reviewer/ Editorial Board: Asia – Pacific Family Medicine Internal Medicine Journal of Thailand

2. หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-สกุล

นางทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ

Mrs. Tasanee Limsuwan

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-40-0088

3. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3-3099-00988-622

ตำแหน่งปัจจุบัน

รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กทม. 10900

โทรศัพท์ที่ทำงาน 02-579-5514 ต่อ 108, 102

โทรสาร 02-940-6687

โทรศัพท์มือถือ 089-107-4492

E-mail : Tasaneelim50@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

M.S. (Nutrition and Food Science) Auburn University, USA.

Ph.D. (Nutrition and Food Science) Auburn University, USA.

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) –

ประสบการณ์งานวิจัย (ในระยะเวลา 5 ปีย้อนหลัง)

1) ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

2) หัวหน้าโครงการวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว

3) ผู้ร่วมโครงการวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว

4) งานวิจัยที่กำลังทำอยู่

ผู้ร่วมโครงการวิจัย เรื่อง การมีส่วนร่วมของชุมชนในการกำหนดนโยบายการบริหารจัดการการท่องเที่ยวด้านการเรียนรู้เกี่ยวกับอาหารไทยของกลุ่มท่องเที่ยว Active Beach เพื่อรองรับการรวมกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ทูลอดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2556

5) ผลงานวิจัยที่เผยแพร่ใน 5 ปีย้อนหลัง

ไชยสิทธิ์ พันธุ์พูนิดา ลีลี อิงศรีสว่าง พัทรี ตั้งตระกูล และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2556. เปรียบเทียบการผลิตไส้กรอกไข่ขาวด้วยไข่ขาวสด ไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ และไข่ขาวผงในไส้หมูและไส้คอลลาเจน.

วารสารคหเศรษฐศาสตร์ ปีที่ 56 ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. 2556 หน้า 25-34.

ธนิกันต์ นันวันดี จิราภรณ์ ทองตัน และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2556 การเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชให้สีในอาหารไทย. วิจัยนำเสนอแบบปากเปล่าในการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต: วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013 วันที่ 14 มีนาคม 2556

- วิรัชยา อินทะกันท์ ลีลี อิงศรีสว่าง และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2556 การเปรียบเทียบความรู้ ภาวะโภชนาการ และแบบแผนการบริโภคอาหารของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลได้กับที่ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ ที่เข้ารับบริการบริการคลินิกเบาหวาน โรงพยาบาลลำพูน จังหวัดลำพูน วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 56 (1) มกราคม-เมษายน 2556 หน้า 30-37
- ปริญญารัฐนิธิตดาจิต ลีลี อิงศรีสว่าง และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2555 แบบแผนการบริโภคอาหาร ภาวะโภชนาการ ความรู้ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเตรียมตัวเข้าสู่วัยสูงอายุของข้าราชการครูในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาญจนบุรีเขต 1 วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 55(3) กันยายน-ธันวาคม 2555 หน้า 18-25
- เบญจรัตน์ ประพฤทธิตระกูล พชร ตั้งตระกูล สุขกมล ปัญญาจันทร์ และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2555 การพัฒนาข้าวกล้องกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเด็กเล็ก วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 55(2) พฤษภาคม-สิงหาคม : 13-19
- Limsuwan, T., Permsiri, N and Ingrisawang, L. 2012. Germinated Hommali brown rice: An innovation for promoting nutrition in Thailand. Paper presented at International Federation for Home Economics World Congress, Melbourne, Australia.
- Chan, J. and Limsuwan, T. 2012. Web-based decision support system for school meal planning. International Journal of Information Systems and Social Change. 3(1): 10-21. Jan-March 2012.
- Prapleuttrakul, B., Tungtrakul, P., Panyachan, S. and Limsuwan, T. 2012. Development of instant rice for young children. Silpakorn University Science and Technology 6(1) Jan-June 2012: 49-58.
- Limsuwan, T. and Puntabur, K. 2010. Color-taking and antioxidant properties of some herbal food colorings. Paper presented at The 5th Asian Congress of Dietetics, November 10-12, 2010 Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok.
- Jamphon, A., Utaipatanacheep, A., Mahakanjanakun, W. and Limsuwan, T. 2010. Bacterial contamination risk of stacked filled food trays in a school cafeteria. Paper presented at The 5th Asian Congress of Dietetics, November 10-12, 2010 Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok,
- วีณา ทองรอด สุภาพ ฉัตรภรณ์ และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2553 ภาวะโภชนาการและพฤติกรรมการกินอาหารของเด็กวัยเรียนในพื้นที่ประสบอุทกภัย: กรณีศึกษาโรงเรียน 1 แห่งในจังหวัดนครสวรรค์. วารสารคหเศรษฐศาสตร์ 53 (1): 5-11
- วรรัตน์ สานนท์ ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ และลีลี อิงศรีสว่าง. 2552. การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและปรับปรุงสัดส่วนของกรดไขมันด้วยซูคราโลสและกะทิธัญพืช. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 17-20 มีนาคม 2552

- Limsuwan, T. 2008. Tsunami impact on child's food and nutrition in Thailand. Presented at 15th International Congress of Dietetics, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, September 8-11, 2008.
- Limsuwan, T. and Jamphol, A. 2008. Nutrition education for child health improvement in Tsunami-affected population. Presented at 15th International Congress of Dietetics, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan, September 8-11, 2008.
- Limsuwan, T. and Chawewan, N. 2008. Natural food products for breastfeeding mother. Presented at International Symposium "Recent Progress on Natural Products for a Better Life" at Kasetsart University, Bangkok, Thailand, May 25-27, 2008
- ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ สุภาวดี อีธรรมมาร นพมาศ พูลเจริญศิลป์ และสุนิสา ดั่งงุ่น 2551 ภูมิปัญญาการผลิตอาหารแช่แข็งในภาคกลางตอนบน ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 46 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 630-637 ระหว่างวันที่ 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551
- อำพร แจ่มผล และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ 2551 ประเภทอาหารที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษในประเทศไทยระหว่างปี 2545-2549 ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 หน้า 469-476 วันที่ 29 มค. 2551
- ศรีศักดิ์ สุนทรไชย ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ ประกายรัตน์ ภัทรจิติ ปาลีรัตน์ การดี และอินทรา นาคันตร. 2551. สถานภาพการจัดโครงการอาหารกลางวันโรงเรียนในจังหวัดนนทบุรี: กรณีศึกษา 2 โรงเรียนในอำเภอบางกรวย วารสารสุขุทัยธรรมมาธิราช 21(1): 5-20.

3.ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-สกุล
(ภาษาไทย) นางสาวจิราภรณ์ ทองตัน
(ภาษาอังกฤษ) Miss Jiraporn Thongtan
2. เลขที่บัตรประชาชน 3110101994269
3. ตำแหน่งปัจจุบัน ประธานกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
4. สถานที่ติดต่อได้พร้อมทั้งโทรศัพท์และโทรสาร
หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
สังกัด กระทรวงศึกษาธิการ
ที่ตั้ง 228 – 228/1-3 ถนนสิรินธร เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700
โทรศัพท์ที่ทำงาน 02-423-9420-1 โทรศัพท์มือถือ 081-841-9445
อีเมลล์ butako65@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปี ที่ จบ การศึกษา	ร ะ ด ับ ปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน	ประเ เทศ
2535	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	ม.รามคำแหง	ไทย
2540	ปริญญาโท	วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต	เคมีประยุกต์	ม. รามคำแหง	ไทย
2546	ปริญญาเอก	วิทยาศาสตรดุษฎี บัณฑิต	เภสัชเคมีและ ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2548	-	นักวิจัยหลังปริญญาเอก	ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ	สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย	ไทย
2549	ปริญญาโท	วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์ เครื่องสำอาง	ม. แม่ฟ้าหลวง	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
เครื่องสำอางจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เคมีวิเคราะห์
7. ประสบการณ์ด้านงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง
(ทุนการกิจโครงการ วช งบประมาณปี 2552)
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

7.2.1 การศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของเชื้อจุลินทรีย์และฤทธิ์ทางชีวภาพ (ทุน สวทช ปี 2546)

7.2.1 การพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนภาคใต้เขต 8 (ทุนภารกิจโครงการฯ งบประมาณ ปี 2550)

7.2.2 การปรับปรุงปริมาณฟอสฟอรัสในกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อผลิตปุ๋ยสูตรเร่งดอก ระยะที่ 2 (งบประมาณแผ่นดิน ปี 2550)

7.2.3 การปรับปรุงปริมาณฟอสฟอรัสในกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อผลิตปุ๋ยสูตรเร่งดอก ระยะที่ 1 (งบประมาณแผ่นดินปี 2551)

7.2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากข้าวสังข์หยด จังหวัดพัทลุง (ทุนภารกิจโครงการฯ งบประมาณปี 2552)

8. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

Thongtan, J., Saenboomrueng, J., Rachtawee, P. and Isaka, M. 2006. An antimalarial tetrapeptide from the Entomopathogenic fungus *Hirsutella* sp. BCC 1528. J. Nat. Prod. 69: 713-714.

ธนิกันต์ นั้ววันดี จิราภรณ์ ทองตัน และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. 2556. การเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารฟุกุซเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชให้สีในอาหารไทย. **วิจัยนำเสนอแบบปากเปล่าในการประชุมวิชาการระดับชาติสวนดุสิต : วันนักวิจัยวิทยาศาสตร์ 2013 วันที่ 14 มีนาคม 2556**

4. ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อ-สกุล
(ภาษาไทย) นายณัฐชรัฐ แพกุล
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Natcharat Paekul
- เลขที่บัตรประชาชน 1229900254607
- ตำแหน่งปัจจุบัน นิสิตปริญญาโท
- สถานที่ติดต่อได้พร้อมทั้งโทรศัพท์และโทรสาร
ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สังกัด กระทรวงศึกษาธิการ
ที่ตั้ง 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม 10900
โทรศัพท์ที่ทำงาน 02-574-2517 โทรศัพท์มือถือ 089-252-1300

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2553	ปริญญาตรี	คศ.บ.	อาหารและโภชนาการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ไทย

- สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
อาหารและโภชนาการ
- ประสบการณ์ด้านงานวิจัย
ผู้ช่วยวิจัย “การพัฒนาขนมโสมนัสที่ปราศจากน้ำตาล”
- ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่
ณัฐชรัฐ แพกุล ลีลี อิงศรีสว่าง และทัศนีย์ ลิ่มสุวรรณ. ผลการใช้สารทดแทนน้ำตาลซูคราโลสและมอลทิทอลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ภายนอก และเคมีของไอศกรีมเชอร์เบท. อยู่ระหว่างรอตีพิมพ์ในวารสารคหเศรษฐศาสตร์