รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำ

Research and Development on Low-Calories Diets

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร

Miss Wimonwan Wattanawichit

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2563

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำ

Research and Development on Low-Calories Diets

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร

Miss Wimonwan Wattanawichit

ปี พ.ศ. 2563

คำปรารภ

ในปจจุบันผูบริโภคมีแนวโน้มจะคำนึงถึงอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น รวมถึงผลิตภัณฑอาหารแคลอรีต่ำได้แก่ อาหารที่ลดการบริโภคน้ำตาล และ ไขมัน เนื่องจากทำให้มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคร้ายที่เกิดจากการบริโภคอาหาร เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน และโรคหลอดเลือดอุดตัน อีกทั้งประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกพืชอาหารหลายชนิด ซึ่งบางฤดูกาลมีผลผลิตล้นตลาด อายุการเก็บรักษาต่ำ ทำให้มีราคาผลผลิตตกต่ำ การนำเอาวัตถุดิบพืชผลทางการเกษตรในประเทศมาเพิ่มมูลค่าโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่ให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะช่วยชะลอการเผาผลาญน้ำตาลในเซลล์สำหรับผู้ที่มีปัญหาสุขภาพ อีกทั้งอาจช่วยลดต้นทุนในการผลิตเนื่องจากราคาน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมันก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคในการหลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันสูง แต่ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เมื่อไขมันในอาหารลดลงทำให้คุณสมบัติดังกล่าวของอาหารด้อยลง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมันที่มีคุณสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์อาหารสูตรไขมันเต็ม การพัฒนาสูตรการผลิตอาหารลดไขมันโดยนำสารทดแทนไขมันเพคตินที่ผลิตได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของไขมันในอาหารและปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของอาหารให้ดีขึ้น ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบสูง ทำให้ผู้บริโภคได้รับพลังงานจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวลดลงได้ นอกจากนี้การใช้บรรจุภัณฑ์แบบรีทอร์ทเพาช์ มีน้ำหนักเบา สะดวกในการบริโภค รักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการไว้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋องจะเป็นเพิ่มกลุ่มผู้บริโภค เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้แก่ตัวผลิตภัณฑ์ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าอาหารและเกษตรของไทยและยังสามารถส่งออกเพื่อจำหน่ายนำรายได้กลับสู่ประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

ตรวจการเกษตร

คณะผู้วิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ 6
ผู้วิจัย.....7
บทคัดย่อ.....8
Abstract..... 12
บทนำ.....8
กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพแคลอรี่ต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน..... 16
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพแคลอรี่ต่ำโดยใช้สารทดแทนไขมัน..... 61
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 14
บรรณานุกรม..... 71

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความร่วมมือ และการสนับสนุนช่วยเหลือ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาจากข้าราชการ พนักงาน เจ้าหน้าเจ้าหน้าที่ และหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร ตลอดจนหน่วยงานภายนอก ที่อนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน ดังรายนามต่อไปนี้

ผอ. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (กวป.)

ผอ. สุปรียา ศุขเกษม ผอ. กลุ่มบริหารโครงการวิจัย กวป.

ผู้เชี่ยวชาญจารุวรรณ บางแวก ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

คณะผู้เชี่ยวชาญกรมวิชาการเกษตร

กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร

กองแผนงานและวิชาการ

นางอภิรดี กอร์ปไพบูลย์ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ข้าราชการ พนักงานราชการ และเจ้าหน้าที่ กวป. ทุกท่าน

ซึ่งประโยชน์และการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นจากงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่าน และขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร	Ms. Wimonwan Wattanawichit
นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์	Ms. Parichart Yoopaet
นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์	Ms. Akanit Pisalwadcharin
นางสาวสุรีย์รัตน์ รักเหลือ	Ms. Sureerat Rukluarh
นางสาวจารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	Ms. Charuwan Rattanasakultham
นายประยูร เอ็นมาก	Mr. Prayoon Enmak
นายโกเมศ สัตยาวุธ	Mr. Komate Satayawut

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ปัจจุบันคนไทยหันมาใส่ใจการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นเนื่องจากมีโรคร้ายที่เกิดจากการบริโภคอาหาร คือ โรค NCDs (Non-communicable diseases) หมายถึง กลุ่มโรคไม่ติดต่อ ไม่สามารถแพร่กระจายจากคนสู่คน สำหรับประเทศไทยโรคในกลุ่มโรค NCDs ถือเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิต โดยโรคในกลุ่มโรค NCDs ที่มีอัตราผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตสูงสุด 6 โรค ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ โรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง โดยเฉพาะโรคเบาหวานซึ่งถ้าเป็นแล้วไม่ควบคุมดูแล จะกลายเป็นต้นเหตุที่สำคัญทำให้ผู้ป่วยต้องเสียชีวิตจากโรคหัวใจ โรคไต พิการเป็นอัมพาต อัมพฤกษ์ และตาบอดได้ (สำนักงานกองงทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, ม.ป.ป.) ทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ได้แก่ อาหารที่มีไขมันต่ำ การรับประทานอาหารโปรตีนที่ไม่ได้มาจากเนื้อสัตว์ การรับประทานอาหารที่ปราศจากน้ำตาล หรือมีน้ำตาลน้อยที่สุด เป็นต้น

การลดการบริโภคน้ำตาลลงเพื่อลดปริมาณน้ำตาลที่เกินความจำเป็นต่อร่างกาย เพื่อหลีกเลี่ยงผลจากการบริโภคน้ำตาล ได้แก่ ฟันผุ โรคหัวใจ ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน ทำให้ผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาลหรือให้แคลอรีต่ำเป็นที่ต้องการในท้องตลาดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามรสหวานยังคงมีความจำเป็นอยู่เพื่อปรุงแต่งรสของอาหาร ดังนั้นทางเลือกหนึ่งของการบริโภครสหวานให้ปลอดภัย คือ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานหรือให้แคลอรีต่ำ จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ ปัจจุบันมีสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่ปลอดภัยอยู่หลายชนิด เช่น สตีวิโอไซด์ เป็นสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานที่ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหาร และยาของสหรัฐอเมริกา (FDA) ให้ใช้เป็นสารให้ความหวานทั่วไปได้ เป็นต้น สารเหล่านี้เหมาะที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลนอกจากจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพ นอกจากนี้การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในภาวะที่ราคาน้ำตาลปรับตัวสูงขึ้นอีกด้วย

กรมวิชาการเกษตร

การบริโภคอาหารไขมันต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพ แต่การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้ในอุตสาหกรรมอาหารจึงมีการนำสารทดแทนไขมัน (fat replacer) ชนิดต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมันมาช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลดไขมันให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเต็มมากที่สุด โดยสารทดแทนไขมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ สารประเภทกัมหรือพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากพืช เช่น เพคติน เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด (thickening agent) เป็นสารก่อเจล (gelling effect) และทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายครีม (creamy texture) สารประเภทนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายประเภท เช่น ไอศกรีม เบเกอรี่ น้ำสลัดไขมันต่ำหรือน้ำสลัดปราศจากไขมัน และผลิตภัณฑ์ขนมหวานต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเพคตินที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นสารผสมอาหารที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง การสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่เปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้การใช้เพคตินที่สกัดได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรยังสามารถลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้

นอกจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพตามความต้องการของผู้บริโภคแล้ว การปรับปรุงกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคและเป็นหนทางในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต ปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการของเทคโนโลยีและบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง โดยบรรจุภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการถนอมอาหารด้วยการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในภาชนะปิดผนึกด้วยความร้อน คือ รีทอร์ทเพาช์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้กำลังได้รับความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างมากโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง เนื่องจากข้อดีของรีทอร์ทเพาช์ที่เด่นชัดเหนือกระป๋องโลหะ คือ ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่ากระป๋องเนื่องจากจุดศูนย์กลางของอาหารในภาชนะซึ่งเป็นจุดที่การฆ่าเชื้อเกิดช้าที่สุด หรือ cold spot อยู่ห่างจากผนังภาชนะน้อยกว่ากระป๋องหรือขวดแก้ว จึงสามารถลดเวลาในการฆ่าเชื้อได้ จึงทำให้สามารถคงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้ดี มีน้ำหนักเบา ประหยัดเนื้อที่ในการขนส่งเก็บรักษาประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋อง ส่งผลให้สามารถกระจายสินค้าไปสู่พื้นที่ที่ห่างไกลได้มากขึ้น ไม่เกิดสนิม ไม่มีปัญหาการกัดกร่อนและปนเปื้อนโลหะหนักในอาหาร สามารถอุ่นอาหารในภาชนะได้ง่าย อาหารมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าซึ่งเป็นผลจากเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสั้นกว่าการผลิตอาหารกระป๋อง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นประโยชน์ของการนำสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลและสารทดแทนไขมันรวมถึงเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์มาใช้ในการผลิตอาหาร จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มโดยใช้หญ้าหวานให้ความหวานบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ ผลิตภัณฑ์ผลไม้น้ำเชื่อมสูตรแคลอรีต่ำบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ และพัฒนาวิธีการออสโมซิสโดยใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์และสารสกัดจากพืชแทนน้ำตาลซูโครสเพื่อให้ได้เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งแคลอรีต่ำ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคเป็นอาหารว่างมาพัฒนาให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพให้พลังต่ำเหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย มีอายุการเก็บรักษานานและมีคุณภาพดี รวมถึงการพัฒนาปรับปรุงสูตรการผลิต

กรมวิทยาศาสตร์

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและมายองเนสลดไขมัน โดยนำเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลิตผลเกษตร มาใช้เป็นสารทดแทนไขมันเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของไขมัน และปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและมายองเนสลดไขมันให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและมายองเนสสูตรไขมันเต็มมากที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำเทคโนโลยีที่ได้เผยแพร่ให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจและสามารถขยายไปสู่ระดับอุตสาหกรรมได้

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำ ดำเนินการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2561 – 2563 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวานและสารทดแทนไขมัน ประกอบด้วย 2 กิจกรรม 5 การทดลองดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวานมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรลดแคลอรี่ และผลไม้อบแห้งสูตรลดแคลอรี่ โดยใช้สารทดแทนความหวาน โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมหญ้าหวานพร้อมดื่ม ให้พลังงาน 30 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ส่วนผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ และ ผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ให้พลังงาน 30 และ 35 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ตามลำดับ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรด

ผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม บรรจุถุงรีทอร์ทเพาช์ พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยองค์ประกอบทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 ให้พลังงานทั้งหมด 48.28 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 48.83 มีผู้บริโภคร้อยละ 87.10 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ เงาะในน้ำเชื่อมสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 25 ให้พลังงานทั้งหมด 79.41 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 17.01 ผู้บริโภคร้อยละ 78.13 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาในรีทอร์ทเพาช์เป็นเวลา 10 เดือน และการใช้สารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดีกว่าสูตรควบคุม และผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานที่ใช้สารละลายออสโมติกความเข้มข้นร้อยละ 60 จากอัตราส่วนน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน: กรดซิตริก : สารสกัดจากหญ้าหวาน : น้ำ ที่ 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 สามารถลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นมะม่วงได้มากที่สุด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นร้อยละ 11.26 และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดเพียง 0.31 มีปริมาณของแข็งในเนื้อมะม่วง 67.67 Brix ผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีพลังงานลดลงร้อยละ 5.76 ผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานโดยใช้สารละลายออสโมติกจากน้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ที่ 31.5 : 8 : 0.5 : 60 และ 27.5 : 12 : 0.5 : น้ำ 60 มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสารละลายออสโมติกจากสารละลายซูโครส และผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งที่ได้มีค่าพลังงานลดลงร้อยละ 6.44 นอกจากนี้ การศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ต่ำในระดับขยายสเกลและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จังหวัดจันทบุรี เป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ผลการศึกษาคุณภาพของเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตจะมีพลังงาน 99.84 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วย บริโภค (30 กรัม) และมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และปริมาณสารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 เดือน โดยมีคุณสมบัติต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนไขมัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพโดยใช้เพคตินจากพืชเป็ฯสารทดแทนไขมัน พบว่า การใช้เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรส มีค่า degree of esterification (DE) เท่ากับ ร้อยละ 57.88 และ 63.47 ตามลำดับ จัดเป็นเพคตินชนิดที่มีปริมาณเมทอกซิลสูง เป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมลดไขมันที่ระดับร้อยละ 2.0 และมายองเนสลดไขมันที่ระดับร้อยละ 4.5 จะได้ไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 149.41 และ 151.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ มายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 466.82 และ 469.54 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Abstract

Research and Development on Low-Calories Diets was performed during 2018 – 2020 at Postharvest and Processing Research and Development Division. The objective of this study was to develop low-calorie diets using sweetener and fat replacer. This research was divided into 2 activities with 5 experiments as follow.

In Activity 1, development on low-calories diets by sweetener, the suitable formula of ready to drink fruit jelly drink with stevia, fruit in low calories syrup, and low calories dehydrated fruits compote by low calories sweetener were studies. The ready to drink pineapple jelly drink with stevia syrup give low energy 30 kilocalories per serving (120 grams) but the ready to drink lychee jelly drink with stevia was not proper product because of consumer does not accept in color, odor and taste. In addition, the ready to drink pineapple jelly drink and lychee jelly drink with stevia extract give low energy 30 and 35 kilocalories per serving (120 grams) respectively. The study of shelf life of product, ready to drink pineapple jelly drink with stevia syrup, in retort pouch found that the product can be stored at room temperature at least 6 months by chemical composition, pH, total soluble solid were unchanged and the microbes were within the standard criteria. The use of 75 percent sucralose substitution was found to be the best in reduction of sucrose in pineapple in syrup production which provided 48.28 Kcal per 100 g (48.83percent lower calories than the control) and 87.10 percent of consumers accepted this product. Rambutan in reduced calorie syrup with desired characteristics was feasible with only 25 percent sucralose substitution. It contained 79.41 Kcal per 100g which was 17.01 percent lower than the control and consumers accepted this product at 78.13 percent. In addition, during storage at 10 months, sweeteners presented the positive effect of a low degradation rate of color changes in the products, while consumers accepted fruit in the reduced calorie syrup more than the control. The osmotic solution of 60 percent total concentration consisted of Erythritol : Glycerin: Citric acid : Rebaudioside A 97 percent : Water were 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 produced dried mango had a moisture content of 11.26 percent and the lowest water activity was 0.31 and soluble solid content was 67.67 Brix. The sensory evaluation in color, flavor, texture and overall liking were close to the product of sucrose

as an osmotic solution but appearance score was higher than sucrose. For rambutans, the results found that the water activity of dehydrated rambutan compote by the osmotic solution from Erythritol: Glycerin: Citric acid: Water at 23.5 : 16 : 0.5 : 60 and 19.5 : 20: 0.5: 60 was more reduced from the rambutan than sucrose osmotic solution. The optimal osmotic solution for rambutan was erythritol sugar: glycerin: citric acid: water was 19.5: 20: 0.5 : 40 The water content of dried rambutan was reduced and lowest moisture content and water activity were 16.43 percent and 0.57. The highest soluble solid content of rambutan was 66 Brix. In addition to the highest sensory test scores for appearance, color and overall preference. Moreover, the osmotic solution contained total concentration of 40 percent at ratio of maltitol sugar : glycerin : citric acid : water at 31.5: 8: 0.5: 60 were lower in moisture content and water activity than the osmotic solution from sucrose. In addition, all processes there were more appetizing colors than the sucrose osmotic solution. For the sensory test, it was found that at the ratio of Maltitol Sugar: Glycerin: Citric Acid: Water at 23.5: 16: 0.2: 60 had the highest appearance, color, texture and overall liking score. The energy value of dried mango, it was found that the calorie decreased of 5.7 6 percent but the cost of product increased 196.58 percent from sugar osmotic solution. The energy of dried rambutan from maltitol with glycerin osmotic solution decreased of 6.44percent but the cost of product increased 47.16percent. Both products of dried mango and dried rambutan conform to the standard referenced by the Thai community product standard of 11/2558. Moreover, scale up of low calories diets processing to production plant was performed. The entrepreneur who has a potential to produce low calories diets was Khong Nam Khem Tanjai Community enterprise in Chanthaburi province. The qualities of low calories diets obtained from the study were determined. The resulting of quality of low calorie dried rambutan produce by scale up process show that total energy was 332.76 kcal per 100 g or equivalent to 99.84 kcal per serving (30 g) and the chemical composition was like the product from lab scale. The microbial and contamination were in Thai community product stand 136/2558 dried fruits and vegetables. Moreover, the qualities, total energy, moisture content, total fat, total carbohydrate, microbial and contamination of the product after stored at 4 degree Celsius for 6 months were like its beginning. The consumer acceptance evaluation results shown that low calorie dried rambutan was accepted from general consumer with overall acceptance in slightly like level.

In activity 2, development on low-calories diets by fat replacer, utilization of pectin from mango peel and passion fruit peel as fat replacer in reduced fat ice cream and reduced fat Mayonnaise was studied. The results showed that, pectin from mango peel and passion fruit peel could be used as fat replacer at levels 2.0 percent of pectin in ice cream and 4.5 percent of pectin in mayonnaise. The amount of total energy in the reduced fat ice cream with pectin from mango peel and passion fruit peel was 149.41 and 151.15 Kcal/100 g respectively and the amount of total energy in the reduced fat mayonnaise with pectin from mango peel and passion fruit peel was 466.82 and 469.54 Kcal/100 g respectively.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้พลังงานต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวานและสารทดแทนไขมัน ได้ผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ต่ำและลดแคลอรี่ จำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้แคลอรี่ต่ำพร้อมดื่ม โดยสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มประกอบด้วย น้ำสับปะรด 500 กรัม น้ำหญ้าหวาน 150 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 450 กรัม ให้พลังงาน 30 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำสับปะรด 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.25 กรัม และซูคราโลส 0.04 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 600 กรัม ส่วนสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำลิ้นจี่ 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.2 กรัม และซูคราโลส 0.1 กรัม ผงวุ้น 3 กรัม กรดซิตริก 2.2 กรัม เพคติน 1 กรัม และน้ำเปล่า 620 กรัม ให้พลังงาน 30 - 35 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) สามารถเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม บรรจุถุงรีทอร์ทเพาช์ ที่อุณหภูมิห้อง ได้อย่างน้อย 6 เดือน

2. ผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อม โดยสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน ประกอบด้วย สับปะรดร้อยละ 60 น้ำสับปะรดร้อยละ 8 น้ำตาลทรายร้อยละ 2.4 ซูคราโลสร้อยละ 0.012 กรดซิตริกร้อยละ 0.1 น้ำเปล่าร้อยละ 29.48 ให้พลังงานทั้งหมด 48.28 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 48.24 มีต้นทุนการผลิตรวมบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 5.45 บาท ต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา และสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน ประกอบด้วย เนื้อเงาะร้อยละ 60 น้ำตาลทรายร้อยละ 11.61 ซูคราโลสร้อยละ 0.006 กรดซิตริกร้อยละ 0.14 น้ำเปล่าร้อยละ 28.244 ให้พลังงานทั้งหมด 79.41 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ให้พลังงานทั้งหมด 95.69 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม โดยน้อยกว่าคิดเป็นร้อยละ 17.01 ต้นทุนการผลิตรวมบรรจุ

กรมวิชาการเกษตร

ภัณฑ์เท่ากับ 6.30 บาท ต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา

3. ผลไม้อบแห้งแคลอรี่ต่ำทั้งมะม่วงและเงาะ สามารถลดค่าพลังงานได้เล็กน้อยและยังคงมีรสชาติที่ดี น่ารับประทานเป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบโดยกรรมวิธีที่ดีที่สุดของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ มาจากการแช่ในสารละลายออสโมติกเข้มข้นรวมร้อยละ 60 ในอัตราส่วนน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน: กรดซิตริก : สารสกัดจากหญ้าหวาน : น้ำ ที่ 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าพลังงานลดลงเพียงร้อยละ 5.76 จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงาน จำนวน 30 กรัมให้พลังงาน 91 กิโลแคลอรี่ จึงไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ (<40 กิโลแคอรี่) โดยต้นทุนการผลิตของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสปกติถึงร้อยละ 196.58 เนื่องมาจากสารละลายออสโมติกที่ใช้มีราคาสูง สำหรับเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงาน มาจากการแช่ในสารละลายออสโมติกเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ในอัตาส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าพลังงานลดลงเพียงร้อยละ 6.44 จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก ซึ่งการใช้น้ำตาลมอลทิทอลให้ลักษณะของเงาะดีกว่าการใช้น้ำตาลอิริทริทอลเนื่องจากน้ำตาลอิริทริทอลทำให้เนื้อสัมผัสของเงาะแข็งเกินไป ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานจากน้ำตาลมอลทิทอล จำนวน 30 กรัมให้พลังงาน 99 กิโลแคลอรี่ จึงไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ โดยมีต้นทุนมากกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรใช้ซูโครสปกติร้อยละ 47.61 ถึงแม้การวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งวิเคราะห์พลังงานทั้งหมดจะสามารถลดพลังงานได้น้อยจนไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ แต่เมื่อรับประทานจริงอาจลดค่าพลังงานได้มากกว่าเนื่องจากคุณสมบัติของตัวน้ำตาลแคลอรี่ต่ำที่มีค่า GI ต่ำมาก ร่างกายไม่สามารถย่อยได้หมด

4. ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน โดยใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารทดแทนไขมันใน ที่ระดับร้อยละ 2.0 เพคติน ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน ให้พลังงานทั้งหมด 149.41 - 151.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม

5. ผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมัน โดยใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารทดแทนไขมันใน ที่ระดับร้อยละ 4.5 เพคติน ผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมัน 466.82 - 469.54 กิโลแคลอรี/100 กรัม

นอกจากนี้ การปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ต่ำ ได้การดำเนินการทดสอบการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จังหวัดจันทบุรี จะได้ผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และ ปริมาณสารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งให้ลดแคลอรี่โดยมีความชอบโดยรวมในระดับ ชอบเล็กน้อย สามารถเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน ได้เป็นเวลาอย่าง

กรมวิชาการเกษตร

น้อย 6 เดือน จึงควรส่งเสริมและแนะนำให้ผู้ประกอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมเพื่อยืดอายุและคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน

Research and Development on Low-Calories Diets by Using Non-Sugar Sweetener

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร ปาริชาติ อยู่แพทย์ สุรีย์รัตน์ รักเหลือ อกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์
จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม และ ประยูร เอ็นมาก
Wimonwan Wattanawichit Parichart Yoopaet Sureerat Rukluarh
Akanit Pisalwadcharin Charuwan Rattanasakultham and Prayoon Enmak

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณพลังงานจากการบริโภคน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ผลไม้ในน้ำเชื่อม และผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้ต้องการผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำ ดำเนินการวิจัยที่กองวิจัยและ

พัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2561 – 2563 กิจกรรมนี้ประกอบด้วย 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ตเพาช์โดยใช้หญ้าหวานให้ความหวาน โดยศึกษาการใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ พบว่าการต้มหญ้าหวานที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะได้สารให้ความหวานที่สำคัญ ได้แก่ stevioside และ rebaudioside A สูงที่สุดโดยมีปริมาณสารให้ความหวานโดยรวมประมาณ 1,700 µg/ml โดยสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมหญ้าหวานพร้อมดื่มคือ น้ำสับปะรด 500 กรัม น้ำหญ้าหวาน 150 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 450 กรัม ให้พลังงาน 30 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ส่วนผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ นอกจากนี้ สูตรที่เหมาสมในการผลิตผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำสับปะรด 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.25 กรัม และซูคราโลส 0.04 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 600 กรัม และสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำลิ้นจี่ 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.2 กรัม และซูคราโลส 0.1 กรัม ผงวุ้น 3 กรัม กรดซิตริก 2.2 กรัม เพคติน 1 กรัม และน้ำเปล่า 620 กรัม ให้พลังงาน 30 และ 35 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ตามลำดับ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มบรรจุถุงรีทอร์ทเพาช์ พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยองค์ประกอบทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การทดลองที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ทเพาช์ จะศึกษาสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตสับปะรดและเงาะในน้ำเชื่อม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน โดยศึกษาสารให้ความหวาน 2 ชนิด คือ สตีวิโอไซด์และซูคราโลส พบว่าการเพิ่มระดับสารให้ความหวานส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง ขณะที่ค่าสีและค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยสับปะรดในน้ำเชื่อมสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 ให้พลังงานทั้งหมด 48.28 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 48.83 มีผู้บริโภคร้อยละ 87.10 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ ขณะที่เงาะในน้ำเชื่อมสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 25 ให้พลังงานทั้งหมด 79.41 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 17.01 ผู้บริโภคร้อยละ 78.13 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาในรีทอร์ทเพาช์เป็นเวลา 10 เดือน พบว่า การใช้สารให้ความหวานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดีกว่าสูตรควบคุม และผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์สูตรลดพลังงานไม่แตกต่างจากก่อนทำการเก็บรักษา ขณะที่สูตรควบคุมผู้บริโภคให้ความชอบลดลง

การทดลองที่ 3 การผลิตผลไม้อบแห้งให้แคลอรีต่ำ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการออสโมซิสผลไม้แช่อิ่มอบแห้งด้วยน้ำตาลชนิดอื่นซึ่งเป็นน้ำตาลแคลอรี่ต่ำแทนการใช้น้ำตาลซูโครส พบว่าผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้

กรมวิชาการเกษตร

สารละลายน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริกและสารสกัดจากหญ้าหวาน มีความชื้นต่ำกว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงชนิดเดียว และสามารถลดระยะเวลาในการอบจาก 15 ชั่วโมงเหลือ 10 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีสีที่น่ารับประทานมากกว่า โดยสารละลายออสโมติกความเข้มข้นร้อยละ 60 จากอัตราส่วนน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน: กรดซิตริก : สารสกัดจากหญ้าหวาน : น้ำ ที่ 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 สามารถลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นมะม่วงได้มากที่สุด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความชื้นร้อยละ 11.26 และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดเพียง 0.31 มีปริมาณของแข็งในเนื้อมะม่วง 67.67 องศาบริกซ์ นอกจากนี้ยังมีความชอบด้านต่างๆ คือ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใกล้เคียงกับการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก โดยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่สูงกว่าการแช่ในสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลซูโครส สำหรับเงาะ พบว่าสารละลายออสโมติกจาก น้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ที่ 19.5 : 20 : 0.5 : 60 สามารถลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นเงาะได้มากที่สุด และลดปริมาณน้ำอิสระออกจากเนื้อเงาะได้มากกว่าสารละลายซูโครส ได้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 16.43 และ 0.57 มีปริมาณของแข็งในเนื้อเงาะมากที่สุด คือ 66 Brix และยังได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมสูงสุด นอกจากนี้การใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ที่ 31.5 : 8 : 0.5 : 60 และ 27.5 : 12 : 0.5 : น้ำ 60 มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสารละลายออสโมติกจากสารละลายซูโครส โดยอยู่ในช่วง ร้อยละ 16.27 ถึง 17 นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธียังมีสีที่น่ารับประทานมากกว่าด้วย เมื่อทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า สารละลายออสโมติกในอัตราส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 มีความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 5.0 4.96 4.84 และ 4.88 คะแนนจาก 7 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ค่าพลังงานของผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง พบว่า มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งมีพลังงานลดลงร้อยละ 5.76 มีต้นทุนสูงกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 196.58 และเงาะแช่อิ่มอบแห้งพลังจากสารละลายออสโมติกน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนมีค่าพลังงานลดลงร้อยละ 6.44 มีต้นทุนมากกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรใช้ซูโครสปกติร้อยละ 47.61 ซึ่งผลไม้แช่อิ่มอบแห้งทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง

การทดลองที่ 4 การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำสู่โรงงานผลิต ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ต่ำในระดับขยายสเกลและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มผู้ประกอบการ โดยคัดเลือกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จังหวัดจันทบุรี เป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ผลการศึกษาคุณภาพของเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตจะมีพลังงานทั้ง 332.76 กิโลแคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 กรัม คิดเป็น 33.28 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วย บริโภค (10 กรัม) และมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในระดับห้องปฏิบัติการ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และปริมาณสารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตที่อุณหภูมิ 4 องศา

กรมวิชาการเกษตร

เซลเซียสเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ค่าพลังงานทั้งหมด ความชื้น ไขมัน คาร์โบไฮเดรททั้งหมด ยังมีปริมาณใกล้เคียงกับที่ 0 เดือน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และปริมาณสารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่โดยมีความชอบโดยรวมในระดับ ชอบเล็กน้อย

คำสำคัญ : สารให้ความหวาน หญ้าหวาน เครื่องดื่มวุ้นพร้อมดื่ม ไซรัป แช่อิ่มอบแห้ง สับปะรด เงาะ มะม่วง

Abstract

Development on Low-Calories Diets by Using Non-Sugar Sweetener aims to reduce the calories from sucrose consumption in jelly fruit juice drink, fruit in syrup and compote dried fruits for an alternative product for human health. The research performed during 2018 - 2020 at Postharvest and Processing Research and Development Division. In this activity consisted of 4 experiments as follows:

Experiment 1, Research and development of low calories jelly fruit juice drink with stevia as sweetener in retort punches, stevia syrup instead of sugar in ready to drink pineapple jelly drink and lychee in were investigated. The results found that boiling stevia at 100 degree Celsius was performed highest content sweetener, stevioside and rebaudioside A, 1,700 µg/ml. The suitable formula of ready to drink pineapple jelly drink with stevia syrup were 500 grams of pineapple juice, 150 grams of stevia syrup, 2.8 grams of agar powder, 1 grams of citric acid and 450 grams of water give low energy 30 kilocalories per serving (120 grams) but the ready to drink lychee jelly drink with stevia was not proper product because of consumer does not accept in color, odor and taste. Moreover, the optimal formula of ready to drink pineapple jelly drink and lychee jelly drink with stevia extract were studies. The results showed that suitable formula of ready to drink pineapple jelly drink with stevia extract were 500 grams of pineapple juice, 0.25 grams of stevia extract, 0.04 grams of sucralose, 2.8 grams of agar powder, 1 grams of citric acid and 600 grams of water and suitable formula of ready to drink lychee jelly drink with stevia extract were 500 grams of lychee juice, 0.20 grams of stevia extract, 0.1 grams of sucralose, 3 grams of agar powder, 2.2 grams of citric acid, 1 grams of pectin and 620 grams of water give low energy 30 and 35 kilocalories per serving (120 grams) respectively. The study of shelf life of product, ready to drink pineapple jelly drink with stevia syrup, in retort pouch found that the product can be stored at room temperature at least 6

กรมวิชาการเกษตร

months by chemical composition, pH, total soluble solid were unchanged and the microbes were within the standard criteria.

Experiment 2, development of fruit in low calorie syrups in retort pouches, the study to produce fruit, pineapple and rambutan, in low calorie syrup by partial replacement of sucrose with an equivalent sweetness from the alternative sweeteners, stevioside and sucralose, and kept these in retort pouches results showed that total soluble solids were increased by increasing the replaced sweeteners but did not affect color or pH in all treatments compared to the control. The use of 75 percent sucralose substitution was found to be the best in reduction of sucrose in pineapple in syrup production which provided 48.28 Kcal per 100 g (48.83 percent lower calories than the control) and 87.10 percent of consumers accepted this product. Rambutan in reduced calorie syrup with desired characteristics was feasible with only 25 percent sucralose substitution. It contained 79.41 Kcal per 100g which was 17.01 percent lower than the control and consumers accepted this product at 78.13 percent. In addition, during storage at 10 months, sweeteners presented the positive effect of a low degradation rate of color changes in the products, while consumers accepted fruit in the reduced calorie syrup more than the control.

Experiment 3, development of lowcalories compote dried fruits, the optimum conditions for osmosis of compote dried fruits with other types of sugar instead of sucrose were studied. It was found that the dehydrated mango compote, which used Erytritol sugar with glycerin, citric acid and rebaudioside A 97 percent as an osmotic solution had lower moisture content than using sucrose and citric acid as an osmotic solution and can reduced the baking time from 15 hours to 10 hours. In addition, they have more appetizing colors than sucrose and citric acid as an osmotic solution. The osmotic solution of 60 percent total concentration consisted of Erythritol : Glycerin: Citric acid : Rebaudioside A 97 percent : Water were 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 produced dried mango had a moisture content of 11.26 percent and the lowest water activity was 0.31 and soluble solid content was 67.67 Brix. The sensory evaluation in color, flavor, texture and overall liking were close to the product of sucrose as an osmotic solution but appearance score was higher than sucrose. For rambutans, the results found that the water activity of dehydrated rambutan compote by the osmotic solution from Erythritol: Glycerin: Citric acid: Water at 23.5 : 16 : 0.5 : 60 and 19.5 : 20: 0.5: 60 was more reduced from the rambutan than sucrose osmotic solution. The optimal osmotic solution for rambutan was erythritol sugar: glycerin: citric acid: water was 19.5: 20: 0.5 : 40 The

water content of dried rambutan was reduced and lowest moisture content and water activity were 16.43 percent and 0.57. The highest soluble solid content of rambutan was 66 Brix. In addition to the highest sensory test scores for appearance, color and overall preference. Moreover, the osmotic solution contained total concentration of 40 percent at ratio of maltitol sugar : glycerin : citric acid : water at 31.5: 8: 0.5: 60 were lower in moisture content and water activity than the osmotic solution from sucrose. In addition, all processes there were more appetizing colors than the sucrose osmotic solution. For the sensory test, it was found that at the ratio of Maltitol Sugar: Glycerin: Citric Acid: Water at 23.5: 16: 0.2: 60 had the highest appearance, color, texture and overall liking score. The energy value of dried mango, it was found that the calorie decreased of 5.76 percent but the cost of product increased 196.58 percent from sugar osmotic solution. The energy of dried rambutan from maltitol with glycerin osmotic solution decreased of 6.44 percent but the cost of product increased 47.16percent. Both products of dried mango and dried rambutan conform to the standard referenced by the Thai community product standard of 11/2558

Experiment 4, Scale up of low calories diets processing to production plant, scale up of low calories diets processing to production plant was performed. The entrepreneur who has a potential to produce low calories diets was Khong Nam Khem Tanjai Community enterprise in Chanthaburi province. The qualities of low calories diets obtained from the study were determined. The resulting of quality of low calorie dried rambutan produce by scale up process show that total energy was 332.76 kcal per 100 g or equivalent to 33.28 kcal per serving (10 g) and the chemical composition was like the product from lab scale. The microbial and contamination were in Thai community product stand 136/2558 dried fruits and vegetables. Moreover, the qualities, total energy, moisture content, total fat, total carbohydrate, microbial and contamination of the product after stored at 4 degree Celsius for 6 months were like its beginning. The consumer acceptance evaluation results shown that low calorie dried rambutan was accepted from general consumer with overall acceptance in slightly like level.

The results of this study show that using sweetener replace sugar in ready to drink fruit juice jelly drink, fruit in syrup and dehydrated fruit compote can reduce total energy from consumption that can develop to heathy diet and market competitive.

Keyword : sweetener, stevia, ready to drink fruit juice jelly drink, fruit in syrup, dehydrated fruit compote, pineapple, rambutan, mango

สวนดุสิตธานี

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มคำนึงถึงอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีการแนะนำให้ลดการใช้น้ำตาลซูโครสในอาหารให้น้อยลง เนื่องจากการบริโภคน้ำตาลซูโครสเป็นสาเหตุสำคัญของความอ้วนและภาวะไขมันในเลือดสูง นำมาซึ่งโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอีกมากมาย เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ หลอดเลือดสมองตีบ ความดันโลหิตสูง นิ่วในถุงน้ำดี ข้ออักเสบ นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุของโรคซึมเศร้าและความแก่ชราอีกด้วย (กองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพ, 2556) ผลการสำรวจสุขภาพของคนไทยที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไปทั่วประเทศครั้งล่าสุดเมื่อปี พ.ศ. 2552 พบคนไทยป่วยเป็นโรคเบาหวาน 3.5 ล้านคน และเสียชีวิตจากโรคเบาหวานเฉลี่ยปีละเกือบ 8,000 คน และในปี พ.ศ. 2554 มีผู้เสียชีวิตด้วยโรคเบาหวาน 21 คนต่อวัน แนวโน้มพบในเด็กมากขึ้น เนื่องมาจากการบริโภคน้ำตาลและไขมันมากเกินไปหากไม่มีการควบคุมโรคที่ดีพอ คาดว่าในอีก 8 ปีข้างหน้าจะพบคนไทยเป็นผู้ป่วยเบาหวานถึง 4.7 ล้านคน (ไทยรัฐออนไลน์, 2556) ดังนั้นการลดน้ำตาลในอาหารโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่ให้พลังงานหรือให้แคลอรีต่ำ เช่น แอสปาแทม ซูคราโลส น้ำตาลแอลกอฮอล์ แพร่มากขึ้น

อาหารแคลอรี่ต่ำมีเงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการโดยใช้เกณฑ์ต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคสำหรับการกล่าวอ้างอาหารแคลอรี่ต่ำ (low, few, low source of, low in) มีเงื่อนไขคืออาหารที่มีพลังงานไม่เกิน 40 กิโลแคลอรี (ต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง และต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคที่แสดงบนฉลาก) และห้ามใช้ข้อกล่าวอ้างนี้ หากอาหารนั้นโดยธรรมชาติเป็นไปตามเงื่อนไขอยู่แล้ว (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 (พ.ศ.2541) ซึ่งการลดแคลอรี่ในอาหารอาจทำได้โดยใช้สารทดแทนความหวานแทนน้ำตาล (นงนุช, 2554) เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ผลไม้ประเภทที่ผลิตขึ้นเพื่อผู้บริโภคที่เป็นโรคเฉพาะอย่าง เช่นผู้ป่วยโรคเบาหวาน เนื่องจากผู้ป่วยเหล่านี้จะมีปัญหาถ้าหากมีการบริโภคน้ำตาลมากเกินไป จึงมีการใช้สารให้ความหวาน (ศิวาพร, 2535) เช่น น้ำตาลแอลกอฮอล์ เพื่อทดแทนการใช้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร

สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา (2545) ได้จำแนกสารให้ความหวานแทนน้ำตาลออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. สารให้ความหวานแทนน้ำตาลให้พลังงาน

สารกลุ่มนี้จะมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลกลูโคส นิยมใช้ในวงการอาหารมาก เพราะทำให้คุณภาพของอาหารดีขึ้น เช่น เพิ่มความหนืดให้กับอาหาร ช่วยให้อาหารมีการละลายดีขึ้น ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร ได้แก่ น้ำตาลแอลกอฮอล์ หรือโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ หรือโพลีออล เช่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

- มอลทิทอล เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์โมเลกุลคู่ประกอบด้วยกลูโคสและซอร์บิทอล เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4 (1,4 glucosyl-glucitol) มอลทิทอลมีค่าพลังงาน 2.1 กิโลแคลอรี/กรัม และมีความหวานประมาณ 85-95 เปอร์เซนต์ของน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีความหวานมากกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ ยกเว้นไซลิทอล แต่ให้รสชาติคล้ายน้ำตาลซูโครส มอลทิทอลมีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาว ใช้ในการเพิ่มมวลอาหาร ความหนืด ไม่ดูดความชื้น มีความคงตัวที่อุณหภูมิสูง ไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเนื่องจากไม่มีหมู่รีดิวซ์ สามารถใช้ในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ การบริโภคมอลทิทอลในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดอาการท้องเสียได้ แต่มอลทิทอลไม่เป็นสาเหตุของฟันผุ เนื่องจากแบคทีเรียในปากจะไม่เมแทบอไลต์มอลทิทอล จึงไม่เกิดการผลิตกรดซึ่งเป็นสาเหตุของฟันผุ ปัจจุบันมีการใช้มอลทิทอลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น อาหารเช้าแบบแท่ง แยมที่ไม่เติมน้ำตาล ไอศกรีมเทียม ไส้ขนมพาย น้ำสลัด คุกกี้ และเค้ก (สุขใจ, 2555)

- อิริทริทอล คือน้ำตาลแอลกอฮอล์สายตรง ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม มีโมเลกุลขนาดเล็ก มีค่าแคลอรีต่ำ (0.2 กิโลแคลอรี/กรัม) มีความหวาน 70-80 เปอร์เซนต์ ของน้ำตาลซูโครส มีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงและช่วงพีเอชกว้าง ไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล อิริทริทอลเป็นสารให้ความหวานที่ให้แคลอรีต่ำจึงสามารถนำไปใช้แทนน้ำตาลในอาหารเพื่อลดพลังงาน เหมาะกับอาหารสำหรับผู้เป็นเบาหวานเพราะไม่มีผลต่อปริมาณกลูโคสในเลือด อิริทริทอลยังไม่ก่อให้เกิดฟันผุ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ หมากฝรั่ง ลูกกวาด ช็อกโกแลต ลูกอมแก้เจ็บคอ เบเกอรี เครื่องดื่ม (สุขใจ, 2555)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทั้งในยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น น้ำตาลแอลกอฮอล์เป็นน้ำตาลที่ให้แคลอรี่ต่ำกว่าน้ำตาลปกติ และไม่ทำให้เกิดการเพิ่มน้ำตาลในเลือดอย่างฉับพลัน และไม่ต้องการอินซูลินในการย่อยจึงมีการนำมาใช้ในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวาน ทั้งนี้เพราะน้ำตาลแอลกอฮอล์จะถูกย่อย และร่างกายสามารถดูดซึมได้ช้ากว่าซูโครส จึงได้รับแคลอรี่ต่ำ โดยน้ำตาลแอลกอฮอล์มีแคลอรี่ต่ำเพียง 1.5-3 แคลอรี่/กรัม ในขณะที่น้ำตาลซูโครสมีแคลอรี่สูงถึง 4 แคลอรี่/กรัม (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ม.ป.ป.) นอกจากนี้การใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแท่งเพื่อสุขภาพ จะช่วยรักษาความชื้นในอาหาร ทำให้มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น ช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารดีขึ้น ช่วยทำให้ผิวอาหารมีความเงาน่ารับประทาน (สำนักงานจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม, ม.ป.ป.)

2. สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ หรือไม่ให้พลังงาน

สารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส หรือเรียกว่าเป็นวัตถุที่ให้ความหวานจัด เช่น

กรมวิทยาศาสตร์

- ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซึ่งมีความหวานสูงเป็น 600 เท่าของน้ำตาลทราย จึงใช้ในปริมาณน้อยมาก รสชาติดีคล้ายน้ำตาล ไม่มีรสขม ใช้ได้หลากหลาย ทนความร้อนในการหุงต้ม และอบใช้ทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดเช่น อาหารกระป๋อง ไอศกรีม ขนมขบเคี้ยว หมากฝรั่ง ลูกกวาด เครื่องดื่มต่างๆ และน้ำตาลสำหรับโรยหน้าขนมเป็นต้น

- สเตวิโอไซด์ เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ จากใบของต้นหญ้าหวาน มีสารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ 7-22.6 เปอร์เซนต์ สารสกัดจากหญ้าหวานมีลักษณะเป็นผลึกสีขาวขนาดเล็ก มีคุณสมบัติดูดความชื้น ละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และสารละลายกรด มีเสถียรภาพสูงต่อพีเอชและอุณหภูมิ (สาโรจน์, 2547) ซึ่งสารหวานนี้มีความหวานมากกวาน้ำตาลทราย 200 - 300 เทา ลักษณะรสหวานของสเตวิโอไซด์จะคล้ายเมนทอล (menthol) มีรสขมติดลิ้น การแก้ไขปัญหาลักษณะหวานของสเตวิโอไซด์ให้ดีขึ้นโดยนำมาใช้ร่วมกับกรดอะมิโน หรือน้ำตาล หรือกลูโคส หรือฟรุกโตส และทนความรอนไดถึง 200 องศาเซลเซียสจึงไมสลายตัวหรือเปลี่ยนสภาพจากความรอนในการปรุงอาหาร สารให้ความหวานจากหญาหวานเปนความหวานที่ปราศจากแคลอรี่ และไมมีผลกระทบตอปริมาณน้ำตาลในร่างกาย (พิสมัย, 2555) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) พิจารณาว่าหญ้าหวานมีความปลอดภัย (GRAS) ด้านการแพทย์ในประเทศไทยได้มีการนำสเตวิโอไซด์มาใช้ในผู้ป่วยที่ต้องจำกัดการบริโภคน้ำตาล เช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหัวใจ ไขมันในเลือดสูง โรคไขข้อกระดูกเสื่อม และฟันผุ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสตีวิโอไซด์ร่วมสารอื่น ๆ ในหญ้าหวานอย่างรีเบาดิโอไซด์ เอ, สตีวิออล และ ไอโซสตีวิออล (isosteviol) ช่วยป้องกันความดันโลหิตสูง ต้านการอักเสบป้องกันมะเร็ง การป้องกันโรคอุจจาระร่วง ขับปัสสาวะ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Oliveira et al., 2012)

สารทดแทนความหวาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดการบริโภคน้ำตาลและไขมัน รวมไปถึงการลดพลังงานที่จะได้รับจากอาหาร ผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดหลายชนิดที่การใช้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง สารทดแทนความหวานและสารทดแทนไขมันจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น

- เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จัดเป็นเครื่องดื่มประเภทกึ่งเจลลี่ (jelly drink) ด้วยลักษณะเป็นเนื้อกึ่งเหลวทำให้สามารถกลืนได้ง่าย ช่วยขจัดความหิวและกระหาย สามารถบริโภคได้โดยการดื่มหรือใช้หลอดดูด เครื่องดื่มประเภทกึ่งเจลลี่นี้สามารถผลิตได้จากการนำน้ำผลไม้มาผสมกับสารก่อเจล เช่น คาราจีแนน เพคติน ผงวุ้น เจลาติน หรือกัม (Fleischmann et al., 2016) ในประเทศไทยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกึ่งเจลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในกลุ่มผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยมีภาพรวมตลาดเยลลีมูลค่า 1,600 ล้านบาทในปี 2556 และแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (ผู้จัดการออนไลน์, 2556)

สถาบันวิทยบริการ

ชุติมาและคณะ (2553) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่ม โดยใช้ผงวุ้นเป็นสารก่อเจล ผงวุ้นเป็นสารสกัดจากสาหร่ายสีแดงเป็นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้กว่า 80 เปอร์เซนต์ นิยมใช้เป็นอาหารทั่วไปโดยมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความหนืดในอาหารที่ต้องการเพิ่มใยอาหารซึ่งมีผลการการดูดซึมสารอาหาร (Clegg และ Shafat, 2014) การใช้ผงวุ้นในการผลิตเครื่องประเภทกึงเจลลี่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าสารชนิดอื่น ๆ คือมีทนทานต่อความร้อนได้ จึงสามารถคงคุณสมบัติสารก่อเจลได้หลังผ่านกระบวนฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลต์ได้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำผลไม้ที่ผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติและปราศจากสารกันเสีย ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่มประกอบด้วย น้ำสับปะรดร้อยละ 45.30 น้ำตาล 9.06 เปอร์เซนต์ กรดซิตริก 0.09 เปอร์เซนต์ ผงวุ้นร้อยละ 0.25 และน้ำ 45.30 เปอร์เซนต์ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานกว่า 2 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น แต่คุณภาพด้านจุลชีววิทยาเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด

- ผลไม้ในน้ำเชื่อมจัดเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเชื่อมโยงภาคการผลิตด้านการเกษตรกับภาคอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบด้านการเกษตรสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยในปี 2560 เฉพาะสับปะรดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องซึ่งเป็นสินค้าหลักมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 19,457 ล้านบาท โดยประเทศไทยมีศักยภาพในการส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก มีส่วนแบ่งทางการตลาดร้อยละ 43.46 (กิตติ, 2561) ขณะที่เงาะในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าที่ผู้บริโภคในประเทศนิยมเป็นอันดับหนึ่ง ในกระบวนการผลิตผลไม้ในน้ำเชื่อมนอกจากจะมีการใช้ผลไม้เป็นวัตถุดิบหลักแล้วยังมีการใช้น้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งด้วย ซึ่งการใช้น้ำตาลทรายนี้ได้ส่งผลกระทบด้านต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะเมื่อต้องประสบปัญหาภัยแล้ง ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง ส่งผลต่อราคาน้ำตาลให้มีการปรับตัวสูงขึ้น ทำให้ราคาจำหน่ายสินค้าประเภทผลไม้ในน้ำเชื่อมต้องปรับตัวสูงขึ้นร้อยละ 10-20 (ประชาชาติ, 2553) นอกจากนี้ การบริโภคน้ำตาลในปริมาณมากยังส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคก่อให้เกิดโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน โรคหัวใจ ไขมันพอกตับ ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพมากขึ้น เน้นการดูแลตนเองและเน้นการป้องกันมากกว่าการรักษา ด้วยความนิยมนี้เองทำให้ผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นและมีส่วนแบ่งในตลาดสูงขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์สูตรลดพลังงานและสูตรไม่มีน้ำตาลกลายเป็นกลุ่มธุรกิจที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วจะเห็นได้จากในปี 2562 ตลาดผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลน้อยหรือไม่มีน้ำตาลมีอัตราการเติบโตสูงถึงร้อยละ 54 หรือคิดเป็นมูลค่าตลาดกว่า 1,800 ล้านบาท (โพสต์ทูเดย์, 2563) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผู้บริโภคจะหันมาสนใจผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลน้อย แต่รสหวานยังคงมีความจำเป็นอยู่เพื่อปรุงแต่งรสของอาหาร ดังนั้นทางเลือกหนึ่งของการบริโภครสหวานให้ปลอดภัย คือสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

- ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง ในปัจจุบันตลาดผักผลไม้แปรรูปของไทยกำลังขยายตัวทั้งในประเทศและต่างประเทศเนื่องจากผู้ประกอบการมีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ โดยใช้เทคโนโลยี Freeze dry และ Vacuum dry ซึ่งเป็นนวัตกรรมถนอมอาหารที่สามารถรักษาทั้งสี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางอาหาร เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดในด้านการเป็นสินค้าเพื่อสุขภาพ ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกมากขึ้น รวมทั้งยังมีการขยายช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า

กรมวิชาการเกษตร

ให้เข้าถึงผู้บริโภคได้มากขึ้น โดยการวางจำหน่ายในห้างค้าปลีก ในขณะเดียวกันตลาดส่งออกผลไม้อบแห้งก็มีแนวโน้มเติบโตเช่นเดียวกัน เนื่องจากผู้บริโภคในต่างประเทศหันมาให้ความนิยมบริโภคผลไม้อบแห้งในฐานะขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพ โดยปัจจุบันไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกผักผลไม้อบแห้งมากเป็นอันดับสองของโลก รองจากจีน ซึ่งตลาดส่งออกสำคัญ คือ สหรัฐฯ ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ผักผลไม้อบแห้งที่ส่งออกในปัจจุบัน คือ ทุเรียน กล้วย ขนุน มะม่วง มะละกอ สับปะรด เป็นต้น (นิรนาม, 2557) นอกจากการใช้เทคโนโลยี Freeze dry และ Vacuum dry แล้ว กระบวนการแช่อิ่มอบแห้งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ เนื่องจากผลไม้แช่อิ่มอบแห้งให้กลิ่นรสเฉพาะตัวซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค แต่ปัจจุบันนิยมใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกในการผลิต ซึ่งให้ค่าพลังงานสูง และมี Glycemic index (GI) หรือ ดัชนีน้ำตาลระดับปลานกลางค่อนไปทางสูง จึงไม่เหมาะกับผู้ป่วยที่มีน้ำตาลในเลือดสูง เนื่องจากร่างกายดูดซึมอาหารได้เร็วทำให้น้ำตาลในเสือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ค่าดัชนีน้ำตาล (GI) คือ การจัดอันดับของอาหารโดยกำหนดให้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 คะแนน โดยคะแนนที่มากขึ้นก็จะหมายความว่าอาหารนั้นมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เพราะว่าอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูงจะถูกดูดซึมได้เร็ว โดย ค่า GI 0-55 เป็นค่าระดับต่ำมักปลอดภัยสำหรับคนทุกกลุ่ม ค่า GI 56-69 เป็นค่าระดับกลาง ผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงของโรคเบาหวานและโรคหัวใจ ควรรับประทานแต่พอดี ซึ่งน้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายมีค่า GI คือ 65 ซึ่งอยู่ในช่วงปลานกลางค่อนไปทางสูง และค่า GI 70-100 เป็นค่าระดับสูง อาหารในกลุ่มนี้ ควรรับประทานอย่างจำกัด เพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะน้ำตาลในเลือดสูง เนื่องจากร่างกายจะดูดซึมน้ำตาลจากอาหารประเภทนี้ได้อย่างรวดเร็ว (กองบรรณาธิการ พบแพทย์) การลดน้ำตาลซูโครสในอาหารลงจึงเป็นอาหารทางเลือกในการหลีกเลี่ยงโรคภัยไข้เจ็บ อาทิ โรคเบาหวานได้ อย่างไรก็ตามรสหวานยังคงมีความจำเป็นอยู่เพื่อปรุงแต่งรสของอาหาร ดังนั้นทางเลือกหนึ่งของการบริโภครสหวานให้ปลอดภัย คือ สารให้ความหวานโดยใช้สารทดแทนน้ำตาล ซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานหรือให้แคลอรีต่ำและมาจากธรรมชาติ ประกอบกับมีค่า GI ต่ำ จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพ ซึ่งคาดว่าเทคโนโลยีการผลิตผลไม้อบแห้งแคลอรีต่ำนี้จะทำให้เพิ่มปริมาณการส่งออกผลไม้อบแห้ง โดยปริมาณการส่งออกผลไม้อบแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มะม่วง มะละกอ สับปะรด เนื่องจากตลาดมีความต้องการสูง ซึ่งในปี 2558 มูลค่าการส่งออกมะม่วงอบแห้งคิดเป็น 191.02 ล้านบาท สับปะรดอบแห้งคิดเป็น 40.32 ล้านบาท และในปี 2559 (มกราคม – พฤษภาคม) มูลค่าการส่งออกมะม่วงอบแห้งคิดเป็น 77.42 ล้านบาท และสับปะรดอบแห้งคิดเป็น 16.73 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2559)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพตามความต้องการของผู้บริโภคแล้ว การปรับปรุงกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคและเป็นหนทางในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต ปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการของเทคโนโลยีและบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง โดยบรรจุภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการถนอมอาหารด้วยการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในภาชนะปิดผนึกด้วยความร้อน คือ รีทอร์ทเพาซ์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้กำลังได้รับความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก เนื่องจากข้อดีของรีทอร์ทเพาซ์ที่เด่นชัดเหนือกระป๋องโลหะ คือ มีน้ำหนักเบา ประหยัดเนื้อที่ในการขนส่งเก็บรักษา ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋อง

กรมวิชาการเกษตร

ไม่เกิดสนิม อาหารมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าซึ่งเป็นผลจากเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสั้นกว่าการผลิตอาหารกระป๋อง พิมพ์ฉลากได้สวยงาม ทันสมัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋องเพราะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากสารโลหะหนัก (ดารณี, 2554) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อทดแทนบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋อง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเห็นประโยชน์ของการนำสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สูตรลดพลังงาน เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค ตลอดจนแก้ปัญหาราคาวัตถุดิบในภาวะที่มีการปรับตัวสูงขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ระยะเวลาดำเนินงาน : ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ผลิตผลทางการเกษตรได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ เงาะโรงเรียนหรือเงานาสาร มะม่วงแก้วขมิ้น ซื้อจากตลาดไท หญ้าหวานแห้ง ซื้อจากเกษตรกร อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่
2. สารเคมีอาหาร ได้แก่ ผงวุ้น กรดซิตริก ซูคราโลส แคลเซียมครอไรด์ (เกรดอาหาร,บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด) น้ำตาลซูโครส น้ำตาลอิริทริทอล น้ำตาลมอลทิทอล กลีเซอรีน (เกรดอาหาร, บริษัทกรุงเทพฯเคมี จำกัด) น้ำตาลทรายยี่ห้อมิตรผล สตีวิโอไซด์ รีบาวดิโอไซด์ เอ ยี่ห้อ เพียวเซอเคิล ประเทศมาเลเซีย
3. คลอรีนผง
4. สารมาตรฐาน stevioside และ rebaudioside A (Chromadex,USA)
5. กระดาษวัดค่าไนเตรท/ไนไตรท์ (NO_2 strip) ยี่ห้อ MQuant ประเทศเยอรมนี
6. อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น หม้อ กะละมัง กระชอน มีด ทัพพี เตาแก๊ส เป็นต้น
7. เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำร้อน (ประเทศไทย)
8. เครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ
9. เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
10. เครื่องมือวิเคราะห์ได้แก่ เครื่องวัด pH เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR 400) Refractometer (Atago) และเครื่องโครมาโทรกราฟีเหลว (HPLC ; Perkin Elmer, Flexar)
11. บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการดำเนินการ

กิจกรรมนี้ประกอบด้วย 4 การทดลองซึ่งมีวิธีการดำเนินการแต่ละการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ตเพาช์ โดยใช้หญ้าหวานให้ความหวาน

1. ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ

1.1 ศึกษาคุณสมบัติทางภายภาพและทางเคมีของน้ำผลไม้

เตรียมน้ำผลไม้ได้แก่ น้ำสับปะรด โดยนำสับปะรดพันธุ์ศรีราชา ล้างน้ำให้สะอาด ปอกเปลือก ฝาดเอาตาออก หั่นเป็นชิ้น แล้วคั้นน้ำโดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้แยกกาก และ น้ำลิ้นจี่ โดยนำลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ ล้างน้ำ ผ่าครึ่งนำเมล็ดออก แล้วคั้นน้ำโดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้แยกกาก วิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของน้ำผลไม้ ดังนี้ ค่าสี pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ ตามวิธีการของ AOAC โดยส่งทดสอบที่ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

1.2 ศึกษาคุณสมบัติของหญ้าหวาน

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบหญ้าหวานแห้ง ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ ตามวิธีการของ AOAC โดยส่งทดสอบที่ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

1.2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการต้มหญ้าหวานต่อปริมาณสารให้ความหวาน

การศึกษาผลของอุณหภูมิในการต้มหญ้าหวานต่อปริมาตรสารให้ความหวาน โดยใช้อัตราส่วนหญ้าหวาน 2 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร ศึกษาที่อุณหภูมิในการต้มหญ้าหวาน 4 ระดับ ได้แก่ 70 80 90 และ100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธี ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

วิเคราะห์ปริมาณ stevioside และ rebaudioside A โดยใช้ HPLC คอลัมน์ Asahipak NH2P-50 4D (150 mm x 4.6 mm) และใช้น้ำต่อ acetronitrile 20 : 80 เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่ ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างครั้งละ 10 ไมโครลิตร วัดการดูดกลืนแสง UV ที่ 210 นาโนเมตร

1.2.3 ศึกษาผลของเวลาในการต้มหญ้าหวานต่อปริมาณสารให้ความหวาน

การศึกษาผลของเวลาในการต้มหญ้าหวานต่อปริมาณสารให้ความความหวานศึกษาโดยการต้มหญ้าหวานที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนหญ้าหวานแห้ง 2 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณ stevioside และ rebaudioside A

กรมวิชาการเกษตร

2. การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มบรรจุรีทอร์ตเพาช์โดยหญ้าหวานให้ความหวาน

2.1 การศึกษาปริมาณน้ำหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

การศึกษาปริมาณน้ำหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ประยุกต์ใช้สูตรการผลิตเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่มและวุ้นลิ้นจี่พร้อมดื่มโดย ชุติมา และคณะ (2553) โดยใช้น้ำหญ้าหวาน จากหญ้าหวาน 2 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งจะได้ปริมาณสารให้ความหวาน stevioside และ rebaudioside A โดยรวมเฉลี่ย 1693.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ศึกษาอัตราส่วนน้ำหญ้าหวานต่อน้ำ 3 ระดับคือ 25:75 50:50 และ 75:25 บรรจุรีทอร์ทเพาช์ขนาด 15 x 10 x 3 เซนติเมตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำร้อน (ทดสอบเวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม โดย สถาบันอาหาร)

ในแต่ละตัวอย่างวุ้นน้ำสับปะรดและวุ้นน้ำลิ้นจี่ประเมินความชอบผลิตภัณฑ์กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic scale โดยคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.2 การศึกษาปริมาณสารสกัดหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

การศึกษาปริมาณสารสกัดหญ้าหวาน (stevioside) ที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ประยุกต์ใช้สูตรการผลิตเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่มและวุ้นลิ้นจี่พร้อมดื่มโดย ชุติมา และคณะ (2553) โดยใช้สารสกัดหญ้าหวานและ ซูคราโลส (sucralose) ทดแทนน้ำตาลทราย โดยดัชนีความสัมพัทธ์ของสารสกัดหญ้าหวานและซูคราโลส คือ 300 และ 600 ตามลำดับ โดยอัตราส่วนสารสกัดหญ้าหวานและซูคราโลส 3 อัตราส่วน บรรจุรีทอร์ทเพาช์ขนาด 15 x 10 x 3 เซนติเมตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำร้อนในแต่ละตัวอย่างวุ้นน้ำสับปะรดและวุ้นน้ำลิ้นจี่ประเมินความชอบผลิตภัณฑ์กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9 Point Hedonic scale โดยคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มโดยใช้หญ้าหวานให้ความหวานระหว่างการเก็บรักษา

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มโดยใช้หญ้าหวานให้ความหวานจากขั้นตอนที่ 2 ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสการยอมรับผลิตภัณฑ์สูง ได้แก่ เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่มผสมน้ำหญ้าหวาน (น้ำ

กรมวิชาการเกษตร

หญ้าหวานต่อน้ำ ในอัตราส่วน 25 : 75) เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม (สารสกัดหญ้าหวาน 0.25 กรัม และซูคราโลส 0.04 กรัม) และเครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม (สารสกัดหญ้าหวาน 0.2 กรัม และซูคราโลส 0.1 กรัม) บรรจุในรีทอร์ทเพาช์ขนาด 15 x 10 x 3 เซนติเมตร ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อแบบสเปรย์น้ำร้อน ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการโดยส่งทดสอบที่ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม ที่อุณหภูมิห้องปกติ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างมาสุ่มตรวจคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ทุก 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน ดังนี้

- องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ส่งวิเคราะห์ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารสุข ฉบับที่ 356 พ.ศ.2556 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ส่งวิเคราะห์ บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

- คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ลักษณะปรากฏ

การทดลองที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ทเพาช์

1. การเตรียมเนื้อผลไม้

1.1 การเตรียมเนื้อสับปะรด

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย คัดขนาดโดยกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลไม่เกิน 13.0 เซนติเมตร รูปทรงกระบอก สัดส่วนผล (ความยาวผล/เส้นผ่านศูนย์กลางผล) มากกว่า 1.0 สุ่มตรวจปริมาณไนไตรต์ต้องไม่เกิน 10 ppm โดยใช้กระดาษวัดค่าไนเตรท/ไนไตรท์ (NO_2 strip) เทียบสี โดยเจาะสับปะรดใช้แผ่น NO_2 strip แตะที่เนื้อสับปะรด วางทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที ทำการเทียบสีที่แผ่นเทียบสี แผ่นเทียบสีต้องไม่ปรากฏสีใด ๆ ตรวจสอบคุณลักษณะภายใน โดยสุ่มผ่าดูเนื้อสับปะรด ต้องมีเนื้อสีเหลือง เหนียว เนื้อแน่น ไม่มีเมล็ด ไส้แกนผลเล็ก และอยู่ที่จุดกึ่งกลางของผล ช่องว่างในเนื้อน้อยที่สุด เนื้อผลไม่เน่า ไม่ช้ำ ไม่สุกเกินไป ไม่มีจุดน้ำตาล แกนผลไม่ดำ ไม่ขาว จากนั้นหักก้าน และยอดทิ้ง นำผลสับปะรดไปล้างด้วยน้ำสะอาดผสมคลอรีนให้มีความเข้มข้น 35.0 ppm ปอกเปลือก และคว้านแกนออก ตกแต่ง ฝานเป็นชิ้นหนา 1.5±0.05 เซนติเมตร วัดค่าคุณภาพของเนื้อสับปะรด ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

1.2 การเตรียมเนื้อเงาะ

เงาะโรงเรียนหรือพันธุ์นาสาร ปอกเปลือก คว้านเม็ดออก ล้างด้วยน้ำสะอาด แช่ในสารละลายกรดซิตริกผสมแคลเซียมคลอไรด์ (กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5) เป็นเวลา 10

ศูนย์วิทยทรัพยากร

นาที จากนั้นนำมาลวกในน้ำเดือดประมาณ 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันทีเพื่อรักษาสีของเนื้อเงาะ วัดค่าคุณภาพของเนื้อเงาะ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

2. การเตรียมน้ำเชื่อม

2.1 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม

เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เริ่มจากต้มน้ำสะอาดให้เดือด เติมน้ำตาลทราย ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ปิดฝาตั้งพักไว้ เตรียมน้ำสับปะรดคั้นสด โดยคั้นน้ำสับปะรด และกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำมาศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำสับปะรดคั้นสด และน้ำเชื่อม 4 ระดับ ได้แก่ 1:9, 2:8, 3:7 และ4:6 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยกรดซิตริกให้มีค่าไม่เกิน 4.6 บรรจุชิ้นสับปะรดในปริมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักสุทธิลงในรีทอร์ทเพาช์ เติมน้ำเชื่อมผสมน้ำสับปะรดคั้นสดขณะร้อนลงในรีทอร์ทเพาช์ ร้อยละ 40 ของน้ำหนักสุทธิ ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Water spray retort) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็นทันทีในน้ำเย็นจัด และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 14 วัน นำไปวัดค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test วัดค่าจำนวน 10 ซ้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ ทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test คัดเลือกสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด

2.2 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับการผลิตเงาะในน้ำเชื่อม

เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เริ่มจากต้มน้ำสะอาดให้เดือด เติมน้ำตาลทรายร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1 และ0.2 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า บรรจุเนื้อเงาะร้อยละ 60 ของน้ำหนักสุทธิลงในรีทอร์ทเพาช์ เติมน้ำเชื่อมขณะร้อนลงในรีทอร์ทเพาช์ ร้อยละ 40 ของน้ำหนักสุทธิ ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Water spray retort) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 นาที และนำไปทำให้เย็นทันทีในน้ำเย็นจัด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 14 วัน นำไปวัดค่าคุณภาพ คือ ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เปรียบเทียบค่าคุณภาพด้วยวิธี Independent two sample t-test วัดค่าจำนวน 10 ซ้ำ ค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple's range test คัดเลือกสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด

3. การศึกษาชนิด และปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานเพื่อทดแทนน้ำตาลในน้ำเชื่อม

กรมวิทยาศาสตร์

ทดแทนน้ำตาลทรายในน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ด้วยสารให้ความหวาน 2 ชนิด ได้แก่ สตีวิโอไซด์ และซูคราโลส ชนิดละ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ100 ปริมาณการทดแทนคำนวณจากค่าความหวานสัมพัทธ์ ซึ่งสตีวิโอไซด์ และซูคราโลสมีค่าความหวานสัมพัทธ์เท่ากับ 500 และ600 ตามลำดับ สัดส่วนแสดงดัง Table 1 บรรจุเนื้อผลไม้ลงในรีทอร์ทเพาช์ร้อยละ 60 ของน้ำหนักสุทธิ เติมน้ำเชื่อมที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Water spray retort) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 นาที และทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็นจัด และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 14 วัน

กรมวิชาการเกษตร

Table 1 Experimental plan of syrup preparation with alternative sweeteners.

Treatment	percent Sucrose replacement	Amount of sucrose (g)	Stevioside (mg)	Sucralose (mg)
(Control)	0	30.00	0	0
1	25	22.50	15.00	0
2	50	15.00	30.00	0
3	75	7.50	45.00	0
4	100	0	60.00	0
5	25	22.50	0	12.50

6	50	15.00	0	25.00
7	75	7.50	0	37.50
8	100	0	0	50.00

นำสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตรของผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรทดแทนน้ำตาลและสูตรควบคุมนำมาศึกษาคุณภาพสูตรละ 5 ซ้ำ ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b*

2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด

3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ Total Aerobic Plate Count, Total Yeast and Mold, *Staphylococcus aureus*, *Eshcerichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella spp.*

4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ (Incompletely Block Design: BIB) นำข้อมูลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตร และสูตรควบคุมมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้เทคนิคการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cluster analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อจัดกลุ่มสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน คัดเลือกสิ่งทดลองที่มีค่าคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด และใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลมากที่สุด

5) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสิ่งทดลองที่คัดเลือกได้ และคำนวณต้นทุนการผลิต

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรด และเงาะในน้ำเชื่อมสูตรทดแทนน้ำตาลที่คัดเลือกได้ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน และศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และส่วนประกอบสารอาหารสูตรลดพลังงานที่อายุการเก็บรักษา 8 เดือน

การทดลองที่ 3 การผลิตผลไม้อบแห้งให้แคลอรีต่ำ

1. การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของวัตถุดิบ

ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบโดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของวัตถุดิบได้แก่ มะม่วงแก้วขมิ้น และ เงาะ โดยวิเคราะห์ปริมาณคาร์ไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย ความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าสี

กรมวิชาการเกษตร

การวัดค่าสี และความชื้น ให้ตัดเนื้อผลไม้เป็นชิ้นเล็ก สำหรับค่าสีนำไปใส่คิวเว็ทวัดด้วยเครื่องวัดสี สำหรับความชื้นนำไปใส่แคนอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ คำนวณปริมาณน้ำที่หายไป

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าความเป็นกรด-ด่าง เตรียมการวิเคราะห์โดย นำเนื้อตัวอย่าง 1 ส่วนผสมน้ำ 9 ส่วน นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารจากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรอง นำเฉพาะน้ำไปวัดค่า แล้วคำนวณกลับ

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการออสโมซิสมะม่วงด้วยน้ำตาลซูโครส

ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกจากสารละลายน้ำตาลซูโครส และ ระยะเวลาในการแช่ในสารละลาย เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการแช่อิ่มมะม่วง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 9 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 50 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 7 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 8 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 9 แช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

<u>บันทึกข้อมูล</u>

- องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์ไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย
- ปริมาณความชื้น
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด
- ค่าสี

2.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1) แช่มะม่วงทั้งเปลือกในคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm นาน 30 นาที

2) ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นขนาด 3x2 cm

3) แช่มะม่วงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 ร่วมกับ กรดซิตริก ร้อยละ 1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อสารละลายเท่ากับ 1:2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

4) ล้างมะม่วงให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ

5) แช่มะม่วงในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นและเวลาตามกรรววิธี ในอัตราส่วน เนื้อมะม่วงต่อสารละลาย เท่ากับ 1:2 โดยใช้ถุงพลาสติกใส่น้ำทับเนื้อมะม่วงไว้ให้จมอยู่ในสารละลาย

6) ล้างมะม่วงเบาๆ ในน้ำอุ่นอย่างรวดเร็ว พักให้สะเด็ดน้ำ

7) นำไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง ด้วยตู้อบแห้งชนิดปั๊มความร้อน/ตู้อบลมร้อน

8) พักให้เย็น บรรจุถุง

3. การศึกษาการใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นแทนการใช้น้ำตาลซูโครส

3.1. การแช่อิ่มมะม่วงในสารละลายอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริก และสารสกัดจากหญ้าหวาน

ศึกษาอัตราส่วนของส่วนประกอบในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 60 ได้แก่ สารละลายอิริทริทอล กลีเซอรีน กรดซิตริก และสารสกัดจากหญ้าหวาน

วางแผนการทดลองแบบ RCB โดยแต่ละชนิดของสารละลายมี 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ซูโครส

กรรมวิธีที่ 2 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 47.74 : 12

กรรมวิธีที่ 3 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 41.74 : 18

กรรมวิธีที่ 4 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 35.74 : 24

กรรมวิธีที่ 5 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 29.74 : 30

แต่ละกรรมวิธี มีส่วนผสมดังแสดงใน Table 2

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Formulas of osmotic solutions at total concentration of 60 percent for soaking mango in each methods

Methods	Sucrose	Erythritol	Glycerin	Citric acid	Rebaudioside A 97 percent	Water
1	59.8	-	-	0.2	-	40

2	-	47.74	12	0.2	0.06	40
3	-	41.74	18	0.2	0.06	40
4	-	35.74	24	0.2	0.06	40
5	-	29.74	30	0.2	0.06	40

3.2. การแช่เงาะในสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลอิริทริทอลร่วม กลีเซอรีน และกรดซิตริก

ศึกษาอัตราส่วนของส่วนประกอบในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ได้แก่ สารละลายอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิตริกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40

วางแผนการทดลองแบบ RCB โดยแต่ละชนิดของสารละลายมี 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ซูโครส

กรรมวิธีที่ 2 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 31.5 : 8

กรรมวิธีที่ 3 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 27.5 : 12

กรรมวิธีที่ 4 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 23.5 : 16

กรรมวิธีที่ 5 อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 19.5 : 20

แต่ละกรรมวิธี มีส่วนผสมดัง Table 3

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Formulas of osmotic solutions at total concentration of 40 percent for soaking rambutan in each methods

Methods	Sucrose	Erythritol	Glycerin	Citric acid	Water
1	39.5	-	-	0.5	60
2	-	31.5	8	0.5	60

3	-	27.5	12	0.5	60
4	-	23.5	16	0.5	60
5	-	19.5	20	0.5	60

3.3. การแช่เงาะในสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีน และกรดซิตริก

ศึกษาอัตราส่วนของส่วนประกอบในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ได้แก่ สารละลายมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิตริกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40

วางแผนการทดลองแบบ RCB โดยแต่ละชนิดของสารละลายมี 5 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ซูโครส

กรรมวิธีที่ 2 อัตราส่วน มอลทิทอล : กลีเซอรีน คือ 31.5 : 8

กรรมวิธีที่ 3 อัตราส่วน มอลทิทอล : กลีเซอรีน คือ 27.5 : 12

กรรมวิธีที่ 4 อัตราส่วน มอลทิทอล : กลีเซอรีน คือ 23.5 : 16

กรรมวิธีที่ 5 อัตราส่วน มอลทิทอล : กลีเซอรีน คือ 19.5 : 20

แต่ละกรรมวิธี มีส่วนผสมดังแสดงใน Table 4

Table 4 Formulas of osmotic solutions at total concentration of 4 0 percent for soaking rambutan in each methods

Methods	Sucrose	Maltitol	Glycerin	Citric acid	Water
1	39.5	-	-	0.5	60
2	-	31.5	8	0.5	60
3	-	27.5	12	0.5	60
4	-	23.5	16	0.5	60
5	-	19.5	20	0.5	60

3.4 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.3.1 มะม่วง

1) แช่มะม่วงทั้งเปลือกในคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm นาน 30 นาที

กรมวิชาการเกษตร

2) ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นขนาด 3x2 cm

3) แช่มะม่วงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ร่วมกับ กรดซิตริก ร้อยละ 1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อสารละลายเท่ากับ 1:2

4) ล้างมะม่วงให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ

5) แช่ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 60 ตามกรรมวิธี เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในอัตราส่วน เนื้อมะม่วงต่อสารละลายเท่ากับ 1:2 โดยใช้ถุงพลาสติกใส่น้ำทับเนื้อมะม่วงไว้ให้จมอยู่ในสารละลาย

6) ล้างมะม่วงเบาๆ ในน้ำอุ่นอย่างรวดเร็ว พักให้สะเด็ดน้ำ

7) นำไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง ด้วยตู้อบแห้งชนิดปั๊มความร้อน/ตู้อบลมร้อน

8) พักให้เย็น บรรจุถุง

3.3.2 เงาะ

1) แช่เงาะทั้งเปลือกในคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm นาน 30 นาที

2) ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก และคว้านเมล็ดออก จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

3) แช่เงาะในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ร่วมกับ กรดซิตริก ร้อยละ 1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วนเนื้อมะม่วงต่อสารละลายเท่ากับ 1:2

4) ล้างเงาะให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ

5) แช่ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ตามกรรมวิธี เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในอัตราส่วน เนื้อเงาะต่อสารละลายเท่ากับ 1:2 โดยใช้ถุงพลาสติกใส่น้ำทับเนื้อเงาะไว้ให้จมอยู่ในสารละลาย

6) ล้างเงาะเบาๆ ในน้ำอุ่นอย่างรวดเร็ว พักให้สะเด็ดน้ำ

7) นำไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง ด้วยตู้อบลมร้อน

8) พักให้เย็น บรรจุถุง

<u>บันทึกข้อมูล</u>

- ปริมาณความชื้น
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)
- ค่าสี
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส (7-point hedonic scale)

4. วิเคราะห์ฉลากโภชนาการผลิตภัณฑ์สุดท้าย และเปรียบเทียบค่าพลังงานกับผลไม้อบแห้งสูตรปกติ

4.1 วิเคราะห์ค่าพลังงานของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งด้วยสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริกและสารสกัดจากหญ้าหวาน

กรมวิทยาศาสตร์

4.2 วิเคราะห์ค่าพลังงานของเงาะแช่อิ่มอบแห้งด้วยสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีน และกรดซิตริก

4.3 วิเคราะห์ฉลากโภชนาการ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สารปนเปื้อน ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งด้วยสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริกและสารสกัดจากหญ้าหวาน

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้ง

ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลไม้อบแห้งโดยบรรจุตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างผลไม้อบแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิต่ำ (4-8 องศาเซลเซียส) ทำการสุ่มตัวอย่างที่อายุการเก็บรักษา 0 2 4 และ 6 เดือน เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพ

<u>บันทึกข้อมูล</u>

- ปริมาณความชื้น (มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง)
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง)
- ปริมาณจุลินทรีย์ (มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง)
- ค่าสี
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส

6. คำนวณต้นทุนการผลิต

6.1 คำนวณต้นทุนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ เทียบกับสูตรปกติ

6.2 คำนวณต้นทุนการผลิตเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ เทียบกับสูตรปกติ

การทดลองที่ 4 การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำสู่โรงงานผลิต

1. คัดเลือกกลุ่มผู้ประกอบการ

คัดเลือกโรงงานเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน จากวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กและกลาง ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ ผลไม้ในน้ำเชื่อม หรือ ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

<u>บันทึกข้อมูล</u>

- ชื่อ-ที่อยู่ และข้อมูลต่าง ๆ ของวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กและกลาง ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ ผลไม้ในน้ำเชื่อม หรือ ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง

2. จัดเตรียมการสาธิตการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะอบแห้งสูตรลดแคลอรี่

กรมวิชาการเกษตร

จัดเตรียมการสาธิตการผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ต่ำ ได้แก่ สื่อวิดีโอเพื่อจัดแสดงกระบวนการผลิตและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องให้กับกลุ่มผู้ประกอบการเช่น หลักการอบแห้ง การออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3. การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำแบบขยายการผลิต

ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำแบบขยายการผลิต โดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ร่วมกับโรงงานหรือกลุ่มผู้ประกอบการ วิสาหกิจชุมชน เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จ. จันทบุรี โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1) แช่เงาะทั้งเปลือกในคลอรีนความเข้มข้น 50 ppm นาน 30 นาที

2) ล้างให้สะอาด ปอกเปลือก และคว้านเมล็ดออก จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

3) แช่เงาะในสารละลายแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2 ร่วมกับ กรดซิตริกร้อยละ 1 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในอัตราส่วนเนื้อเงาะต่อสารละลายเท่ากับ 1:2

4) ล้างเงาะให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ

5) แช่ในสารละลายออสโมติกความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วนของมอลทิทอล : กลีเซอรีน เป็น 60 : 40) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในอัตราส่วน เนื้อเงาะต่อสารละลายเท่ากับ 1:2 โดยใช้ถุงพลาสติกใส่น้ำทับเนื้อเงาะไว้ให้จมอยู่ในสารละลาย

6) ล้างเงาะเบาๆ ในน้ำอุ่นอย่างรวดเร็ว พักให้สะเด็ดน้ำ

7) นำไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 ˚C นาน 15 ชั่วโมง ด้วยตู้อบแห้งชนิดปั๊มความร้อน/ตู้อบลมร้อน

8) พักให้เย็น บรรจุถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซิลปิดผนึก เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำแบบขยายการผลิต

นำผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำที่ได้จากการผลิตแบบขยายขนาดการผลิตวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน หลังจากผลิต และหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตู้เย็น) เป็นเวลา 6 เดือน และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ใช้ผู้ทดสอบ 40 คน ใช้วิธี 9-point hedonic scale ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบ

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ตเพาช์ โดยใช้หญ้าหวานให้ความหวาน

ผลการศึกษาการต้มหญ้าหวานที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ แล้วหาปริมาณ stevioside และ rebaudioside A โดยเทคนิค HPLC พบว่าในน้ำหญ้าหวานต้มมีสารให้ความหวาน stevioside และ rebaudioside A เป็นองค์ประกอบ

กรมวิชาการเกษตร

หลัก โดยการต้มน้ำหญ้าหวานที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารให้ความหวาน stevioside และ rebaudioside A โดยเฉลี่ยสูงสุดคือ 1,115.92 และ 391.04 µg/ml ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณน้ำหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม สูตรทั่วไปเทียบกับการใช้น้ำหญ้าหวานต้มในอัตราส่วนน้ำหญ้าหวานต่อน้ำ 3 ระดับคือ 25:75 50:50 และ 75:25 ผลการทดสอบคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม พบว่าคุณลักษณะในด้านสีและเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดทั้ง 4 สูตร มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณน้ำหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่มมากที่สุดคือ น้ำหญ้าหวานต่อน้ำ ในอัตราส่วน 25 : 75 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะยกเว้นกลิ่นได้รับคะแนนความชอบในระดับเดียวกับเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดสูตรทั่วไป

การศึกษาปริมาณสารสกัดหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม โดยอัตราส่วนสารสกัดหญ้าหวานและซูคราโลส พบว่าเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่มทั้ง 3 สูตร ได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นปริมาณสารสกัดหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่มคือ สูตรที่ 2 ใช้สารสกัดหญ้าหวาน 0.25 กรัม และซูคราโลส 0.04 กรัม ทดแทนน้ำตาลทราย 100 กรัม ซึ่งได้รับคะแนนความชอบในด้านความชอบโดยรวมและรสชาติเฉลี่ยสูงกว่าสูตรอื่น ๆ

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มโดยใช้หญ้าหวานให้ความหวาน จำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม และเครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม พบว่า เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มให้พลังงานทั้งหมด 30 30 และ 35 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) ตามลำดับ ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า 40 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคตามความหมายของอาหารแคลอรี่ต่ำ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 (พ.ศ.2541) ในขณะที่วุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่มสูตรปกติจะให้พลังงาน 85.63 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (120 กรัม) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มทั้ง 3 ชนิดนี้ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากไขมัน แต่มีวิตามินและแร่ธาตุที่สารอาหารรองที่ไม่ให้พลังงานและร่ายกายต้องการในปริมาณที่น้อยแต่ขาดไม่ได้ (micronutrients) และแร่ธาตุที่พบน้อยแต่จำเป็นต่อร่างกาย (essential trace element) เช่น โซเดียม แคลเซียม เหล็ก และวิตามิน บี1 อีกด้วย และเมื่อศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมหญ้าหวานพร้อมดื่มที่ระยะการเก็บรักษา 0 - 6 เดือน พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 0 - 6 เดือน โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมหญ้าหวานพร้อมดื่ม มีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ เถ้า

กรมวิชาการเกษตร

ร้อยละ 0.16 – 0.21 ความชื้น ร้อยละ 93.53 – 93.70 โปรตีน ร้อยละ 0.14 - 0.19 คาร์โบไฮเดรท ร้อยละ 6.00 – 6.08 และเส้นใย ร้อยละ 0.15-0.20 ผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 10 CFU/g ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด ไม่เกิน 10 CFU/g แบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 1.1 MPN/100 ml ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดพร้อมดื่มโดยใช้หญ้าหวานให้ความหวานที่ระยะการเก็บรักษา 0 - 6เดือน มีค่าความเป็นกรดด่างโดยเฉลี่ย 3.67 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเฉลี่ย 6.5 องศาบริกส์ และค่าสีมีการเปลี่ยนน้อย ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมหญ้าหวานพร้อมดื่มสามารถเก็บรักษาได้ 6 เดือน โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง

การทดลองที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ทเพาช์

การศึกษาคุณภาพของเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (ศรีราชา) พบว่า ร้อยละผลผลิตของเนื้อสับปะรด เท่ากับ 65.59 มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 33.12 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 1.71 และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ 3.66 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.71 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด 11.00 องศาบริกซ์ และพบปริมาณไนไตรท์น้อยกว่า 10 ppm ซึ่งปริมาณไนไตรท์ดังกล่าวผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเนื้อสับปะรดที่เหมาะสม และค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีดังกล่าวนำมาใช้สำหรับกำหนดคุณภาพของเนื้อสับปะรดเพื่อใช้ในการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมต่อไป และค่าคุณภาพของเนื้อเงาะโรงเรียนหรือพันธุ์นาสาร พบว่า ร้อยละผลผลิตของเนื้อเงาะเท่ากับ 26.86 มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 39.40 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 2.50 และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ -7.21 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.57 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด 17.6 องศาบริกซ์ ค่าคุณภาพดังกล่าวนำมาใช้สำหรับกำหนดคุณภาพของเนื้อเงาะเพื่อใช้ในการผลิตเงาะในน้ำเชื่อมต่อไป

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำสับปะรดคั้นสดต่อน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก 4 ระดับ ได้แก่ 1:9 2:8 3:7 และ4:6 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า น้ำเชื่อมสับปะรดทั้ง 4 สิ่งทดลองและสูตรทางการค้า มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 2.95-3.12 ซึ่งต่ำกว่า 4.6 จัดเป็นอาหารปรับกรดที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:9 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด คือ 26.00 ขณะที่อัตราส่วน 4:6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุด คือ 23.00 และเมื่อนำสับปะรดในน้ำเชื่อมทั้ง 4 สิ่งทดลองไปทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า คะแนนความชอบโดยรวม และกลิ่นสับปะรด ของตัวอย่างทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่คุณลักษณะด้านสีเหลืองของเนื้อสับปะรด ขนาดชิ้นเนื้อสับปะรด และรสหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรทางการค้ามีคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีเหลืองของเนื้อสับปะรด และขนาดชิ้นเนื้อสับปะรดมากที่สุด ด้านความชอบที่มีต่อรส

กรมวิทยาศาสตร์การเกษตร

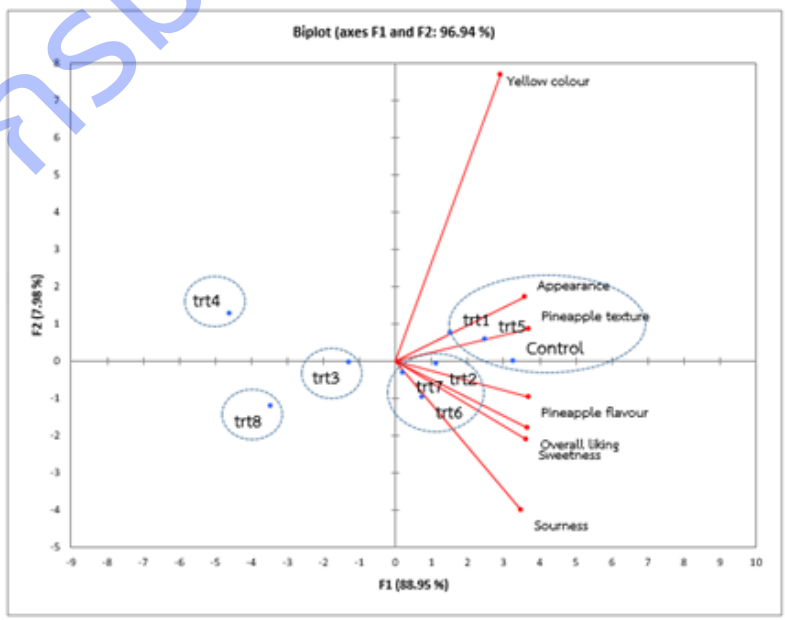
หวาน พบว่า ผู้ทดสอบชอบสับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรทางการค้า และสูตรอัตราส่วน 2:8 มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรอัตราส่วน 2:8 สำหรับนำไปศึกษาทดแทนสารให้ความหวานต่อไป

ผลการศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1 และ0.2 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีค่าสูงกว่าสูตรทางการค้าและน้ำเชื่อมที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 (3.80, 3.62 และ3.55 ตามลำดับ) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด มีค่าระหว่าง 34.0-33.60 องศาบริกซ์ เมื่อนำเงาะในน้ำเชื่อมทั้ง 2 สิ่งทดลองไปทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูตรทางการค้ามากที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ เมื่อประเมินความชอบด้านสีขาวของเนื้อเงาะ พบว่า ผู้ทดสอบชอบสีขาวของเนื้อเงาะทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านความชอบที่มีต่อขนาดชิ้นเงาะ และกลิ่นโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรทางการค้ามากที่สุด ขณะที่ตัวอย่างที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 และ0.2 ผู้ทดสอบชอบสองตัวอย่างนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านรสหวาน พบว่า ผู้ทดสอบชอบรสหวานของทั้งสามตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยชอบสูตรทางการค้ามากที่สุด รองลงมาคือ ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.2 และร้อยละ 0.1 ดังนั้นคัดเลือกสูตรเงาะในน้ำเชื่อมที่เติมปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.2 มาเป็นสูตรสำหรับนำไปทดแทนสารให้ความหวานต่อไป

การศึกษาชนิด และปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานเพื่อทดแทนน้ำตาลในน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์สับปะรดพบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายทั้งสตีวิโอไซด์ และซูคราโลสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สิ่งทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง โดยสูตรควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 20.60 ขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้สตีวิโอไซด์ระดับ ร้อยละ 25, 50, 75 และ100 มีค่าเท่ากับ 17.30, 12.67, 8.77, และ4.70 ตามลำดับ และการใช้ซูคราโลสมีค่าเท่ากับ 16.50 12.43 8.87 และ4.97 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สตีวิโอไซด์ ทั้งนี้การทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายในปริมาณมากด้วยการใช้สารให้ความหวานปริมาณเล็กน้อยจะส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการเพิ่มปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจะส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบโดยเมื่อประเมินความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากที่สุด รองลงมา คือ การใช้ซูคราโลสร้อยละ 25 และการใช้สตีวิโอด์ร้อยละ 25 ขณะที่การใช้สตีวิโอไซด์ และซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ100 จะส่งผลให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อนำข้อมูลวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้เทคนิคการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cluster analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อจัดกลุ่มสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน แสดงดัง Figure 1 พบว่า สูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และใกล้เคียงกับสูตรควบคุม คือการทดแทนสารให้ความหวานอยู่ในระดับร้อยละ 25 ซึ่งเป็นระดับการทดแทนที่น้อย จึงทำการพิจารณาคัดเลือกในกลุ่มที่ผู้ทดสอบให้ความชอบถัดมา และสามารถทดแทนระดับสารให้ความหวานได้มากที่สุดโดยผู้ทดสอบให้

กรมวิชาการเกษตร

ความชอบไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น คือ สูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 ให้พลังงานทั้งหมด 48.28 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ให้พลังงานทั้งหมด 94.36 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม คิดเป็นร้อยละ 48.24 จากผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโรสร้อยละ 75 มีค่าพลังงานสูงกว่า 40 กิโลแคลอรี่ต่อ 1 หน่วยบริโภค จึงไม่สามารถจัดผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์พลังงานต่ำได้ แต่ควรจัดอยู่ในกลุ่มลดพลังงานหรือสูตรลดพลังงาน โดยสามารถระบุได้ว่าใช้น้ำตาลทรายลดลงร้อยละ 75 ดังนั้น สูตรการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานที่เหมาะสมประกอบด้วย สับปะรดร้อยละ 60 น้ำสับปะรดร้อยละ 8 น้ำตาลทรายร้อยละ 2.4 ซูคราโลสร้อยละ 0.012 กรดซิตริกร้อยละ 0.1 น้ำเปล่าร้อยละ 29.48 รีทอร์ทเพาช์ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.45 บาท ต่อ 100 กรัม ขณะที่สูตรควบคุมมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.56 บาท



กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Principle component analysis (PCA) on sensory evaluation of pineapple in syrup with different sweetener levels.

การศึกษาชนิด และปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานเพื่อทดแทนน้ำตาลในน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์เงาะ พบว่า สูตรควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 22.27 ขณะที่การใช้สตีวิโอไซด์ที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ100 มีค่าเท่ากับ 19.37, 15.27, 11.1, และ6.87 ตามลำดับ และการใช้ซูคราโลสมีค่าเท่ากับ 18.80, 15.43, 10.60, และ7.06 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สตีวิโอไซด์ ทั้งนี้การทดแทนปริมาณน้ำทรายในปริมาณมากด้วยการใช้สารให้ความหวานปริมาณเล็กน้อยจะส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อประเมินความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากที่สุด รองลงมา คือ ซูคราโลสร้อยละ 25 ขณะที่การใช้สตีวิโอไซด์ที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ100 และซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ100 จะส่งผลให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อประเมินการยอมรับ พบว่า ซูคราโลสร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือ การใช้สตีวิโอไซด์ที่ระดับร้อยละ 25 และสูตรควบคุม การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยสารทดแทนความหวานร้อยละ 100 ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด เนื่องจากตัวอย่างมีรสขมติดคอ และจืดเกินไป นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้เทคนิคการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cluster analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อจัดกลุ่มสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พบว่า ซูคราโลสร้อยละ 25 เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และใกล้เคียงกับสูตรควบคุม แม้ว่าจะสามารถทดแทนด้วยซูคราโลสได้ในระดับร้อยละ 25 แต่สิ่งทดลองในกลุ่มอื่นได้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะน้อยกว่าสูตรควบคุม และซูคราโลสร้อยละ 25 มากทำให้ไม่สามารถคัดเลือกสิ่งทดลองในกลุ่มอื่นได้ นั่นคือ ผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานจะสามารถใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายได้เพียงร้อยละ 25 เท่านั้น Figure 2 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมสูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 25 ให้พลังงานทั้งหมด 79.41 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ให้พลังงานทั้งหมด 95.69 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม โดยน้อยกว่าคิดเป็นร้อยละ 17.01 จากผลการวิเคราะห์ค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโรสร้อยละ 25 มีค่าพลังงานสูงกว่า 40 กิโลแคลอรี่ต่อ 1 หน่วยบริโภค จึงไม่สามารถจัดผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์พลังงานต่ำได้ แต่ควรจัดอยู่ในกลุ่มลดพลังงานสูตรลดพลังงาน โดยสามารถระบุได้ว่าใช้น้ำตาลทรายลดลงร้อยละ 25 ดังนั้น สูตรการผลิตเงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานที่เหมาะสม ประกอบด้วย เนื้อเงาะร้อยละ 60 น้ำตาลทรายร้อยละ 11.61 ซูคราโลสร้อยละ 0.006 กรดซิตริกร้อยละ 0.14 น้ำเปล่าร้อยละ 28.244 รีทอร์ทเพาช์ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ

6.30 บาท ต่อ 100 กรัม ขณะที่สูตรควบคุมมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 6.26 บาทซึ่งเงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานมีต้นทุนสูงกว่าเพราะสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยสารให้ความหวานได้เพียงร้อยละ 25 ขณะที่ราคาของสารให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลทราย

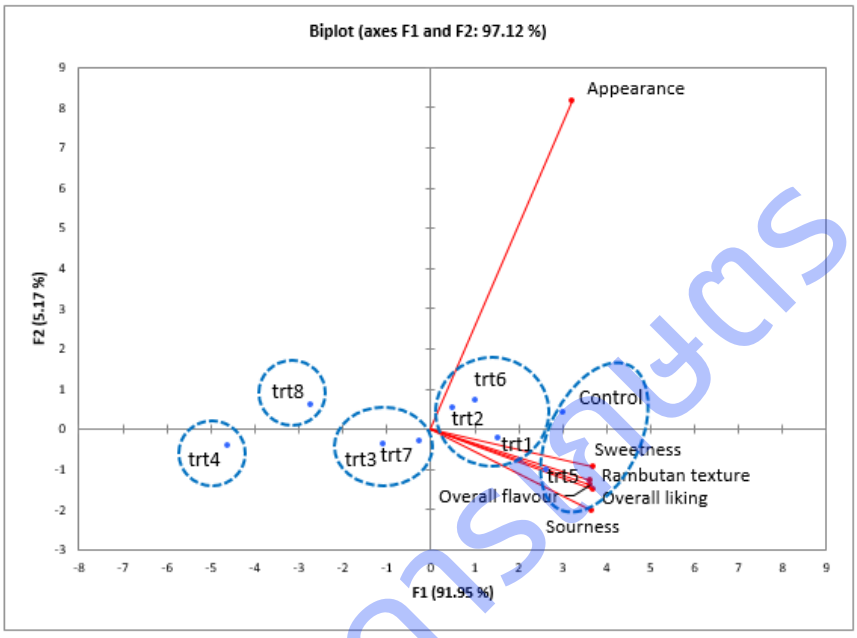


Figure 2 Principle component analysis (PCA) on sensory evaluation of rambutan in syrup with different sweetner levels.

กรมวิชาการเกษตร

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพสับปะรดและเงาะสูตรลดพลังงานเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน และศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และส่วนประกอบสารอาหารสูตรลดพลังงานอายุการเก็บรักษา 8 เดือน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน เนื้อสับปะรดสูตรลดพลังงานมีค่าสีเปลี่ยนแปลงไป โดยเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อสับปะรดในเดือนที่ 8 ซึ่งสีของสูตรควบคุมเข้มมากกว่าสูตรลดพลังงาน เนื่องจากสูตรควบคุมมีการใช้น้ำตาลทรายซึ่งเมื่อโดนความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลได้ ขณะที่สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานจะไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Al-Dabbas, Maher M. และ Al-Qudsi, Jamil M, 2012) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 4.06-4.11 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดสูตรลดพลังงานมีค่าระหว่าง 8.10-8.40 ขณะที่สูตรควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง โดยเดือนที่ 0 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดเท่ากับ 20.10 เมื่อเก็บรักษาไว้ 10 เดือน มีค่าเท่ากับ 20.73 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 เดือน ผู้ทดสอบชอบตัวอย่างทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ กลิ่นสับปะรด ความนิ่มของเนื้อสับปะรด และรสเปรี้ยว ขณะที่คุณลักษณะด้านสีเหลืองของสับปะรด และรสหวานของสับปะรดสูตรควบคุมมีความแตกต่างจากสูตรลดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคุณลักษณะด้านสีเหลืองของสับปะรดผู้ทดสอบชอบสูตรลดพลังงาน มากกว่าสูตรควบคุม ด้านรสหวานผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากกว่าสูตรลดพลังงาน การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์เดือนที่ 8 พบว่า ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมทั้งสองสูตรมี Total Aerobic Plate Count น้อยกว่า 2.5x102 CFU/g , Total Yeast and Mold, *Staphylococcus aureus, Eshcerichia coli* และ *Clostridium perfringens* น้อยกว่า 10 CFU/g และไม่พบเชื้อ และ *Salmonella spp.* ศึกษาส่วนประกอบสารอาหารเดือนที่ 8 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานลดลงเล็กน้อย โดยมีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 43.60 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 9.43 โดยแบ่งเป็น น้ำตาลกลูโคส ร้อยละ 4.22 น้ำตาลฟรุกโตส ร้อยละ 4.34 น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 0.87 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและแร่ธาตุโดยคิดเป็น ร้อยละ 0.72 0.08 0.57 และ 0.17 ตามลำดับ

เมื่อเก็บรักษา เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน เป็นเวลา 10 เดือน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.19 สูตรลดพลังงาน มีค่าเท่ากับ 4.27 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดคงที่ ผ ล การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 เดือน ผู้ทดสอบชอบสูตรลดพลังงานมากกว่าสูตรควบคุมในทุกคุณลักษณะได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สีขาวของเงาะ กลิ่นรสโดยรวม ความนิ่มของเนื้อเงาะ รสหวาน และรสเปรี้ยว การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์เดือน

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ที่ 8 พบว่า ผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมทั้งสองสูตรมี Total Aerobic Plate Count น้อยกว่า 2.5x102 CFU/g , Total Yeast and Mold, *Staphylococcus aureus*, *Eshcerichia coli* และ *Clostridium perfringens* น้อยกว่า 10 CFU/g และไม่พบเชื้อ และ *Salmonella spp.* และศึกษาส่วนประกอบสารอาหารเดือนที่ 8 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 80.74 กิโลแคลอรี่ มีคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นร้อยละ 20.94 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 19.16 โดยแบ่งเป็น น้ำตาลกลูโคส ร้อยละ 8.63 น้ำตาลฟรุกโตส ร้อยละ 8.76 น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 1.77 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและแร่ธาตุน้อยโดยคิดเป็น ร้อยละ 0.59 0.18 0.46 และ0.18 ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 การผลิตผลไม้อบแห้งให้แคลอรีต่ำ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการออสโมซิสมะม่วงด้วยน้ำตาลซูโครสโดยเตรียมตัวอย่างมะม่วงโดยแช่เนื้อมะม่วงในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 50 60 และ 70 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง นำเนื้อมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายน้ำตาลซูโครสไปอบแห้งและวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า เนื้อมะม่วงหลังอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ มีค่าความชื้นเฉลี่ยและปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดคือร้อยละ 27.44 และ 0.609 จึงคัดเลือกสภาวะการออสโมซิสด้วยสารละลายซูโครสเข้มข้น 70 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การศึกษาการใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นแทนการใช้น้ำตาลซูโครสโดยใช้สารละลายอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริก และสารสกัดจากหญ้าหวาน พบว่าน้ำตาลอิริทริทอลที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 65 ขึ้นไป ไม่สามารถละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้หมด ดังนั้นจึงใช้สารละลายน้ำตาลอิริทริทอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก และแช่ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง การใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและหญ้าหวานเป็นสารละลายออสโมติก ในการแช่อิ่มมะม่วง จะได้เนื้อมะม่วงอบแห้งมีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ระหว่าง 66.67 - 72.0 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตาม มอก. 919-2532 โดยการน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและหญ้าหวานเป็นสารละลายออสโมติกจะช่วยลดปริมาณน้ำจากเนื้อมะม่วงได้มากกว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว โดยผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้สารละลายน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนมีความชื้นต่ำกว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงชนิดเดียว และสามารถลดระยะเวลาในการอบจาก 15 ชั่วโมง เหลือ 10 ชั่วโมงได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งดังกล่าวมีสีที่น่ารับประทานมากกว่า โดยอัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 29.74 : 30 สามารถลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นมะม่วงได้มากที่สุด จะได้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้น ร้อยละ 11.26 และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดเพียง 0.31 มีปริมาณของแข็งในเนื้อมะม่วง 67.67 องศาบริกซ์ เมื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบ

กรมวิชาการเกษตร

จำนวน 30 คน โดยใช้ 7 point hedonic scale พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจากสารละลายออสโมติกน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริก และสารสกัดจากหญ้าหวาน มีความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ดีกว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครสซึ่งมีสีค่อนข้างคล้ำกว่า สำหรับความชอบด้านอื่นๆ คือ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากสมบัติด้านต่างๆ ของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ว จึงคัดเลือก อัตราส่วนของอิริทริทอล : กลีเซอรีน คือ 29.74 : 30 เป็นสารละลายออสโมติก

การศึกษาการใช้สารละลายอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริก และสารสกัดจากหญ้าหวานแช่อิ่มเงาะ พบว่าไม่สามารถใช้สารละลายออสโมติกของอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและหญ้าหวานที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 ได้ เนื่องจากน้ำตาลอิริทริทอลจะตกผลึกไปเคลือบเนื้อเงาะไว้ ทำให้เนื้อสัมผัสของเงาะมีลักษณะแข็งเป็นเนื้อทราย และมีรสชาติหวานมาก จึงไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค จึงได้ทำการลดความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกลง โดยใช้สารละลายออสโมติกที่อัตราส่วนของอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิตริกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 โดยไม่ใช้สารสกัดจากหญ้าหวาน จะ ช่วยลดปริมาณน้ำจากเนื้อเงาะได้มากกว่าการใช้สารละลายซูโครส มีความชื้นต่ำกว่าการใช้สารละลายซูโครส และผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งในกรรมวิธีมีสีที่น่ารับประทานมากกว่า โดยมีค่าความสว่างมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสซึ่งมีสีคล้ำ สารละลายออสโมติกจาก น้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ที่ 19.5 : 20 : 0.5 สามารถลดปริมาณน้ำออกจากชิ้นเงาะได้มากที่สุด ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด มีปริมาณของแข็งในเนื้อเงาะมากที่สุด คือร้อยละ 16.43 0.57 และ 66.0 องศาปริกซ์ และเมื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งจากอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนความเข้มข้นร้อยละ 40 จากน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ในอัตราส่วน 19.5 : 20 : 0.5 มีความชอบด้านเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับการใช้น้ำตาลซูโครส และได้คะแนนลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมสูงกว่าน้ำตาลซูโครส

การศึกษาการใช้สารละลายมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีน และกรดซิตริก เป็นสารละลายออสโมติกพบว่า การใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนไม่เหมาะสมในการเป็นสารละลายออสโมติกของมะม่วง เนื่องจากไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน การเก็บในอุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เพียง 2 สัปดาห์ มะม่วงอบแห้งมีลักษณะชื้นมาก และมีน้ำเชื่อมไหลออกมาอย่างเห็นได้ชัด สำหรับเงาะ การทดลองใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิตริก เป็นสารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 พบว่าจะลดปริมาณน้ำจากเนื้อเงาะได้มากกว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว โดยผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้สารละลายน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนความเข้มข้นร้อยละ 40 ที่อัตราส่วนน้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำ ที่ 31.5 : 8 : 0.5 : 60 และ 27.5 : 12 : 0.5 : 60 มีความชื้นต่ำที่สุดคือร้อยละ 16.24 และ 16.43 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เงาะแช่

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

อิ่มอบแห้งแคลอรี่ต่ำในทุกกรรมวิธีมีสีที่น่ารับประทานมากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสเพียงชนิดเดียว โดยมีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลือง มากกว่าการใช้น้ำตาลซูโครสซึ่งมีสีคล้ำ เมื่อทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า เงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนความเข้มข้นร้อยละ 40 ในทุกกรรมวิธีมีลักษณะปรากฏ และ สี ทีดีกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว สำหรับกลิ่นรสนั้นมีค่าไม่แตกต่างกับเงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครส สำหรับด้านเนื้อสัมผัสนั้น สารละลายออสโมติกในอัตราส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 มีลักษณะดีที่สุด และมีความชอบโดยรวมสูงกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครสเล็กน้อย เมื่อพิจารณาจากสมบัติด้านต่างๆ ของเงาะแช่อิ่มอบแห้งร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสแล้ว จึงคัดเลือกสารละลายออสโมติกในอัตราส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 เป็นกรรมวิธีที่ดีที่สุด โดยเงาะแช่อิ่มอบแห้งให้ลักษณะปรากฏที่น่ารับประทานมากกว่าเงาะสดอบแห้ง ดัง Figure 3

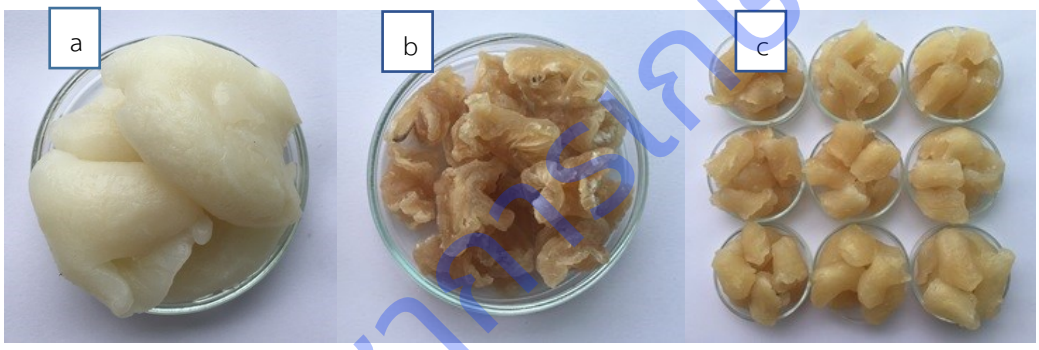


Figure 3 (a) fresh rambutan (b) dried rambutan without soaking in osmotic solution and (c) dried rambutan with soaking in osmotic solution

การศึกษาค่าพลังงานผลิตภัณฑ์แคลอรี่ต่ำเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อบแห้งแบบปกติพบว่าผลิตภัณฑ์มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีน กรดซิตริก และหญ้าหวานโดยใช้สารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 60 ซึ่งสัดส่วนความเข้มข้นของอิริทริทอลต่อ : กลีเซอรีน เป็น 29.74 : 30 มีค่าพลังงาน 303.86 กิโลแคลอรี่ต่อปริมาณมะม่วงอบแห้ง 100 กรัม และมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครสเพียงชนิดเดียว มีค่าพลังงาน 322.45 กิโลแคลอรี่ต่อปริมาณเงาะอบแห้ง 100 กรัม ซึ่งการใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและหญ้าหวานสามารถลดค่าพลังงานได้ร้อยละ 5.76 เนื่องจากมีการใช้กลีเซอรีนซึ่งมีค่าพลังงานสูงในปริมาณมากเพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ค่าพลังงานลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและหญ้าหวาน จำนวน 30 กรัม จะให้พลังงานทั้งหมด 91 กิโลแคลอรี่ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ เป็นเพียงอาหารทางเลือกซึ่งลดค่าพลังงานลง โดยอาหารพลังต่ำจะต้องให้พลังงานต่อหน่วยบริโภคน้อยกว่า 40 กิโลแคลอรี่ (ประกาศกระทรวง

กรมวิชาการเกษตร

สาธารณสุข ฉบับที่ 121, พ.ศ.2532) ผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนและกรดซิติกโดยใช้สารละลายออสโมติกความเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ในอัตราส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 มีค่าพลังงาน 329.99 กิโลแคลอรี่ต่อปริมาณเงาะอบแห้ง 100 กรัม และเงาะแช่อิ่มอบแห้งจากน้ำตาลซูโครสเพียงชนิดเดียว มีค่าพลังงาน 352.69 กิโลแคลอรี่ต่อปริมาณเงาะอบแห้ง 100 กรัม ซึ่งการใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนสามารถลดค่าพลังงานได้ร้อยละ 6.44 เนื่องจากเงาะมีปริมาณน้ำตาลในผลไม้สูงประกอบกับมีการใช้กลีเซอรีนซึ่งมีค่าพลังงานสูงในปริมาณมากเพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ค่าพลังงานลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของเงาะแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีน จำนวน 30 กรัม จะให้พลังงานทั้งหมด 99 กิโลแคลอรี่ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ เป็นเพียงอาหารทางเลือกซึ่งลดค่าพลังงานลง โดยอาหารพลังต่ำจะต้องให้พลังงานต่อหน่วยบริโภคน้อยกว่า 40 กิโลแคลอรี่

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ โดยอ้างอิงวิธีคิดข้อมูลจาก Thai-RDI (2541) และสำนักคณะกรรมการและยา (2555) ของมะม่วงแก้วขมิ้นแช่อิ่มอบแห้งแคลอรี่ต่ำด้วยสารละลายออสโมติกความเข้มข้นร้อยละ 60 จากน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน: กรดซิตริก : สารสกัดจากหญ้าหวาน : น้ำที่ 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 การแสดงฉลากโภชนาการไทย แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ฉลากโภชนาการไทย และ ฉลากแบบ GDA (Guideline Daily Amounts) หรือฉลาก หวาน มัน เค็ม ซึ่งจะบรรจุในถุงปริมาณ 90 กรัม โดยแบ่งรับประทานเป็น 3 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งจะได้รับพลังงาน 91 กิโลแคลรี่ โดยได้รับน้ำตาล 8.52 กรัม นอกจากนี้ ยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 แคลเซียมและเหล็กด้วย ดัง Figure 4

ข้อมูลโภชนาการ

หนึ่งหน่วยบริโภค: 1/3 ซอง (30 กรัม)
จำนวนหน่วยบริโภคต่อ: ประมาณ 3

คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค
พลังงานทั้งหมด 91 กิโลแคลอรี่ (พลังงานจากไขมัน 0.38 กิโลแคลอรี่)

		ร้อยละปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	0.04 ก.	0.06 %
ไขมันอิ่มตัว	0 ก.	0 %
โคเลสเตอรอล	0 มก.	0 %
โปรตีน	0.79 ก.	1.58 %
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	21.09 ก.	7.03 %
ใยอาหาร	2.54 ก.	10.16 %
น้ำตาล	8.52 ก.	
โซเดียม	6.36 มก.	0.27 %

ร้อยละปริมาณที่แนะนำต่อวัน*

วิตามินเอ	14.87 %	**วิตามินบี 1**	5.33 %
วิตามินบี 2	2.94 %	**แคลเซียม**	7.34 %
เหล็ก	3.93 %		

*ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี่

ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี่ ควรได้รับสารอาหารต่างๆ ดังนี้

ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.

พลังงาน (กิโลแคลอรี่) ต่อกรัม ; ไขมัน = 9 ; โปรตีน = 4 ; คาร์โบไฮเดรต = 4

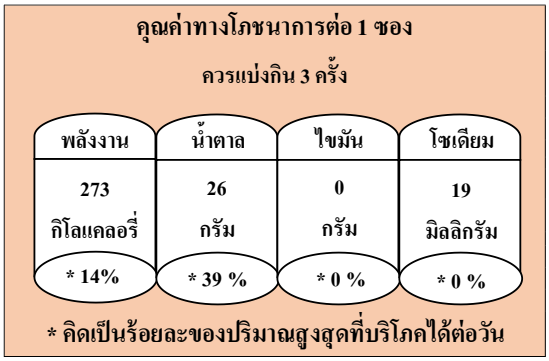


Figure 4 (left) Thai Nutrition facts of low calories dried mango and

กรมวิชาการเกษตร

(right) Thai Guideline Daily Amount

การศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในมะม่วงแก้วขมิ้นแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานที่ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกร้อยละ 60 ในกรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (น้ำตาลอินเวิร์ต) ร้อยละ 66.35 ในขณะที่มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งจากสารละลายซูโครสสูตรปกติมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (น้ำตาลอินเวิร์ต) ร้อยละ 67.44 ซึ่งมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งให้แคลอรี่ต่ำ มีปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตน้อยกว่ามะม่วงแช่อิ่มที่ผลิตจากซูโครส แต่มะม่วงทั้ง 2 แบบผ่านมาตรฐาน มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง คือ ≥ ร้อยละ 65

การวิเคราะห์สารปนเปื้อน ได้แก่ สารหนู (As) ทองแดง และตะกั่ว (Pb) พบว่า มะม่วงแก้วขมิ้นแช่อิ่มอบแห้งแคอรี่ต่ำมีค่าสารปนเปื้อนต่ำกว่ามาตรฐานอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง และ วิเคราะห์จุลินทรีย์ตามมาตรฐานอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง ดังนี้ Total Plate Count, *Escherichia coli, Clostridium perfingens, Staphylococcus aureas, Salmonella spp.* Yeasts and Molds พบว่า ตรวจพบ *Staphylococcus aureas* และ *Clostridium perfingens* เกินกำหนดของ มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง จึงไม่ผ่านมอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง แต่ยังมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในระดับของมาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง ซึ่งอาจปนเปื้อนมาจากขั้นตอนการเก็บผลไม้อบแห้งก่อนการนำมาวิเคราะห์

การศึกษาอายุการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ที่อุณหภูมิ 4-8 และ 25 องศาเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยทำการทดสอบทุก 0 2 4 และ 6 เดือน โดยนำตัวอย่างมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งใส่ในถุงพลาสติกชนิด PP จำนวนถุงละ 500 กรัมและปิดผนึกถุงด้วยเครื่องซีล นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 และ 25 องศาเซลเซียส โดยสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทุก 2 4 และ 6 เดือน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aw) และ ปริมาณความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณน้ำอิสระมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ สำหรับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่า ซึ่งการเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 เดือนนี้ ทำให้ปริมาณน้ำอิสระ และ ปริมาณความชื้น เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง และ มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่ม คือ ปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 และปริมาณความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 18 ในขณะที่การเก็บรักษาอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในเดือนที่ 6 มีความชื้นเกินร้อยละ 18 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ มอก. 919-2532 ผลไม้แห้ง แต่ยังผ่านเกณฑ์ของ มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่ม เนื่องจากมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 และปริมาณความชื้นร้อยละ 30 สำหรับค่าสี ค่าความสว่าง (L*) การเก็บที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียสมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ค่า b* หรือค่าที่บอกความเป็นสีน้ำเงินเหลืองชิ้นมะม่วงมีความเป็นสีเหลืองสูงขึ้น สำหรับการเก็บที่ 25 องศาเซลเซียสมีค่าความสว่างลดลงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะในเดือนที่ 6 ซึ่งความสว่างต่ำเพียง 35.844 ค่า b* หรือค่าที่บอกความเป็นสีน้ำเงินเหลือง ชิ้นมะม่วงมีความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุดในเดือนที่ 6 ดังแสดงใน Figure 5ดังนั้นการใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและสารสกัดจากหญ้าหวาน จึงเหมาะที่จะเก็บในอุณหภูมิตู้เย็นมากกว่าอุณหภูมิห้อง

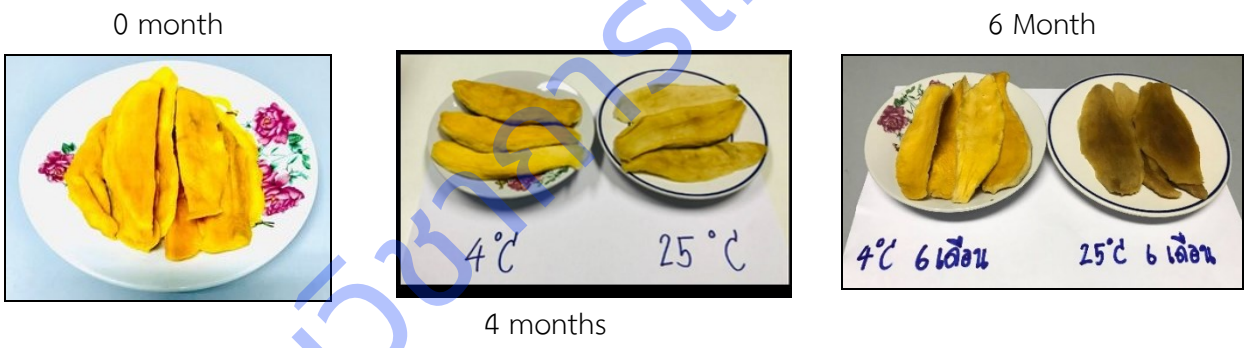


Figure 5 Storage of dried mango at temperature of 4-8 °C and 25 °C for the periods of 0 2 4 and 6 months

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7 point hedonic scale โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าลักษณะปรากฏและสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งมีค่าความชอบต่างกันโดยระยะเก็บที่ 4-8 องศาเซลเซียสในเดือนที่ 0 2 และ 4 มีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ในเดือนที่ 6 พบว่าความชอบด้านสี และลักษณะปรากฏของ การเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสมีค่าสูงขึ้น ลักษณะปรากฏและสีของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งมีค่าต่ำลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะเดือนที่ 6 ซึ่งมีต่าต่ำมากเนื่องจากมีสีคล้ำ จึงทำให้การเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสในเดือนที่ 6 มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 ตัวอย่าง สำหรับความชอบด้านกลิ่นรสทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าลดลงเล็กน้อยระยะเก็บที่ 4-8 องศาเซลเซียสในเดือนที่ 0 2 และ 4 มีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ในเดือนที่ 6 พบว่าความชอบด้านกลิ่นของการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากเกิดการเปรียบเทียบกับการเก็บที่ 25 องศาเซลเซียสซึ่ง

กรมวิชาการเกษตร

มีค่าต่ำ ความชอบด้านเนื้อสัมผัสในการเก็บรักษาทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเวลาผ่านไปความชอบมีค่าลดลงไม่มากนัก อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะปรากฏและสีที่เห็นถึงความแตกต่างกันมากนั้น เป็นตัวตัดสินใจที่สำคัญของผู้ทดสอบ ส่งผลให้ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าต่างกันด้วย ทำให้ผู้ทดสอบชิมมีความชอบโดยรวมของการเก็บรักษาที่ 4-8 องศาเซลเซียสมากกว่าโดยเฉพาะในการเก็บรักษาเดือนที่ 6 ซึ่งผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏและสีต่างกันมากจึงทำให้ความชอบโดยรวมของการเก็บที่ 4-8 องศาเซลเซียส มีค่าสูงขึ้น สำหรับการทดลองการเก็บรักษานี้ หากเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งแคลอรี่ต่ำได้ถึง 6 เดือนหรือมากกว่า แต่หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บได้เพียง 4 เดือนเท่านั้น และเมื่อวิเคราะห์จุลินทรีย์ทุก 2 เดือน พบว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงาน สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือน โดยที่ผลการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง และยังคงอยู่ในมาตรฐานอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง

คำนวณต้นทุนการผลิตมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานและเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานเมื่อเทียบกับการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกในสูตรปกติ พบว่าได้ว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งพลังสูตรลดพลังงานโดยใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนและสารสกัดจากหญ้าหวานเป็นสารละลายออสโมติกมีราคาต้นทุนรวมสูงถึง 1673.34 บาท ในขณะที่ มะม่วงแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกมีราคาต้นทุนรวมอยู่ที่ 564.22 บาท และเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานโดยใช้น้ำตาลอิริทริทอลร่วมกับกลีเซอรีนมีราคาต้นทุนรวมอยู่ที่ 722.63บาท เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูรลดพลังงานโดยใช้น้ำตาลมอลทิทอลร่วมกับกลีเซอรีนเป็นสารละลายออสโมติก มีราคาต้นทุนรวมอยู่ที่ 722.63 บาท ในขณะที่ เงาะแช่อิ่มอบแห้งโดยใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติกมีราคาต้นทุนรวมอยู่ที่ 498.82 บาท ดัง Table 5 เนื่องจากมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรพลังงานต่ำใช้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกค่อนข้างสูง ประกอบกับน้ำตาลอิริทริทอลและสารสกัดจากหญ้าหวานที่ใช้มีราคาสูง ในขณะที่น้ำตาลซูโครสมีราคาถูกจึงทำให้ต้นทุนสูงกว่ามะม่วงแช่อิ่มอบแห้งด้วยสารละลายออสโมติกจากน้ำตาลซูโครสมากถึงร้อยละ 196.58 สำหรับเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานใช้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกต่ำกว่ามะม่วง แต่น้ำตาลอิริทริทอล และน้ำตาลมอลทิทอลที่ใช้ยังคงมีราคาสูงกว่าน้ำตาลทราย จึงทำให้เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานที่ใช้น้ำตาลอิริทริทอล และน้ำตาลมอลทิทอล มีราคาสูงกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรน้ำตาลซูโครสปกติถึงร้อยละ 44.87 และ 47.61 ตามลำดับ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Table 5 Cost of Dried mango and rambutan for another osmotic solutions

Methods		1	2	3	4	5
Products		Dried mango with sucrose an osmotic solution	Dried mangoes with an osmotic solution of erythritol sugar with glycerin and rebaudioside A	Dried rambutan with sucrose an osmotic solution	Dried rambutan with an osmotic solution of erythritol sugar with glycerin	Dried rambutan with an osmotic solution of maltitol sugar with glycerin
Fruit's price 10 kg. (Bath)	Mango	220	220	-	-	-
	Rambutan	-	-	350	350	350
	fruit's pulp (kg)	5.38	5.38	2.8	2.8	2.8
Calcium chloride solution (Bath)	Calcium chloride	4.525	4.525	2.352	2.352	2.352
	Citric acid	107.74	107.74	3.864	3.864	6.864
Osmotic solution (Bath)	Sucrose	139.37	-	48.664	-	-
	Erythritol	-	605.59	-	206.39	-
	Maltitol	-	-	-	-	230.3
	Glycerin	-	620.4	-	66.08	52.864
	Reabaudioside A	-	51.855	-	-	-
	Citric acid	4.525	4.525	5.88	5.88	5.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Electricity (Bath)	Time (hr)	15	10	15	15	15
	Unit (kwh)	22.53	15.02	22.53	22.53	22.53
	Price (Bath)	88.06	58.71	88.06	88.06	88.06
Total cost (Bath)		564.22	1673.34	498.82	722.63	736.32

*Calculated from Thai electricity price type 2, small businesses at normal rate 3.9086 baht / unit.

**Electricity from hot air oven, code 6640-016-0002 สวป (กวป) 2/31

การทดลองที่ 4 การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำสู่โรงงานผลิต

การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำสู่โรงงานผลิต ได้คัดเลือกผู้ประกอบการแปรรูปผลิตผลเกษตร คือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ ตั้งอยู่ที่ 53/2 หมู่ 2 ต.คลองน้ำเค็ม อ.แหลมสิงห์ จ. จันทบุรี โดยมี นางวัลลี ใจเย็น เป็นประธานกลุ่ม มีสมาชิกทั้งหมด 31 คน ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แปรรูปผลไม้ เช่น แครกเกอร์ทุเรียน ชีสมังคุด ชีสมังคุดอบเนย มังคุดอบน้ำผึ้ง มังคดกวน ซ๊อสมังคุด เมี่ยงทุเรียน ชีสหน้าทุเรียนกรอบ นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์แปรรูปอาหารทะเล เช่น ปูกระตอยอบโอ่งสามรส เส้นจันท์ผัดปูอบกรอบ ต้มยำโป๊ะแตก ทะเลจันท์ 3 รส เป็นต้น จะเห็นได้ว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ เป็นผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการแปรรูปผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรี่ต่ำได้ โดยมีอุปกรณ์จำเป็นได้แก่ตู้อบลมร้อนและกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจให้ความสนใจในการผลิตภัณฑ์เงาะอบแห้งสูตรลดแคลอรี่

การดำเนินการทดสอบการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งให้แคลอรี่ต่ำ ได้ดำเนินการที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 17 คน เริ่มต้นจากการสาธิตและให้องค์ความรู้กับกลุ่มผู้ประกอบการ และทดสอบผลิตเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่

การวิเคราะห์คุณภาพของเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ที่ได้จากการผลิตแบบขยายขนาดการผลิต โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ พลังงานทั้งหมด ปริมาณจุลินทรีย์และสารปนเปื้อนของตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอในห้องปฏิบัติการ และเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิต พบว่าตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตจะมีพลังงานทั้ง 332.76 กิโลแคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 กรัม คิดเป็น 99.84 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม ซึ่งจัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานสูงกว่า

กรมวิชาการเกษตร

เกณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารแคลอรี่ต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบเงาะ มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งการแช่ในสารละลายออสโมติกสามารถแลกเปลี่ยนน้ำตาลในเนื้อเงาะ ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ค่าพลังงานทั้งหมดและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรท และเถ้า ใกล้เคียงกับตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ในห้องปฏิบัติการ โดยเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการขยายสเกลจะให้พลังงานทั้งหมดสูงกว่าเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองในปฏิบัติการเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบเงาะที่นำมาใช้ในการผลิตมีคุณภาพที่แตกต่างกัน และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าค่าพลังงานทั้งหมด ความชื้น ไขมันทั้งหมด คาร์โบไฮเดรททั้งหมด ยังมีปริมาณใกล้เคียงกับที่ 0 เดือน แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ในถุงอลูมิเนียมฟอบล์และในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียสสามารถคงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ได้ดี ปริมาณเชื้อจุลลินทรีย์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli Clostridium perfingens Staphylococcus aureas Salmonella spp.* และปริมาณยีสต์รา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง และเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 เดือน จะมีปริมาณเชื้อจุลลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากที่เก็บรักษา 0 และ 3 เดือน แต่ยังคงมีปริมาณจุลินทรีย์ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน ปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนู ทองแดง และตะกั่ว ของตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ พบว่าตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาสเซลเซียส เป็นเวลา 0 3 และ 6 เดือน มีปริมาณสารปนเปื้อนที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ใช้ผู้ทดสอบ 40 คน ช่วงอายุ 22 – 63 ปี เพศหญิง 34 คน และเพศชาย 6 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale ในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวม ของตัวอย่างเงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตพบว่าผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนกลิ่นได้รับคะแนนความชอบในระดับ เฉย ๆ ถึง ชอบเล็กน้อย เนื่องจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ไม่ค่อยมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว และเงาะซึ่งเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นของผลไม้ค่อนข้างน้อย ไม่มีกลิ่นที่ชัดเจนเช่นผลไม้ชนิดอื่น ๆ และผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากกลีเซอรีนที่ใช้เป็นส่วนผสมในสารละลายออสโมติกเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ไม่แข็งกรอบจนเกินไป อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้โดยมีความชอบโดยรวมในระดับ ชอบเล็กน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำผลไม้พร้อมดื่มแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ตเพาช์ โดยใช้หญ้าหวานให้ความหวาน

- อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการต้มน้ำหญ้าหวานโดยใช้อัตราส่วนของหญ้าหวานแห้งต่อน้ำ 2 ต่อ 100 คือการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะได้สารให้ความหวานที่สำคัญ ได้แก่ stevioside และ rebaudioside A มีปริมาณสารให้ความหวานโดยรวมประมาณ 1,700 µg/ml

- สูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำสับปะรด 500 กรัม น้ำหญ้าหวาน 150 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 450 กรัม ส่วนผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่มนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ

- สูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำสับปะรด 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.25 กรัม และซูคราโลส 0.04 กรัม ผงวุ้น 2.8 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำเปล่า 600 กรัม ส่วนสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำลิ้นจี่ผสมสารสกัดหญ้าหวานพร้อมดื่ม ประกอบด้วย น้ำลิ้นจี่ 500 กรัม สารสกัดหญ้าหวาน 0.2 กรัม และซูคราโลส 0.1 กรัม ผงวุ้น 3 กรัม กรดซิตริก 2.2 กรัม เพคติน 1 กรัม และน้ำเปล่า 620 กรัม

- การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวุ้นน้ำสับปะรดผสมน้ำหญ้าหวานพร้อมดื่ม บรรจุถุงรีทอร์ทเพาช์ พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง ได้อย่างน้อย 12 เดือน โดยองค์ประกอบทางเคมี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่เปลี่ยนแปลง และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

การทดลองที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ทเพาช์

1. ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 สูตรการผลิตที่เหมาะสม ประกอบด้วย สัปปะรดร้อยละ 60 น้ำสับปะรดร้อยละ 8 น้ำตาลทรายร้อยละ 2.4 ซูคราโลสร้อยละ 0.012 กรดซิตริกร้อยละ 0.1 น้ำเปล่าร้อยละ 29.48 ให้พลังงานทั้งหมด 48.28 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 48.24 ผู้บริโภคร้อยละ 87.10 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ มีต้นทุนการผลิตรวมบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 5.45 บาทต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

2. ผลิตภัณฑ์เจาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 25 สูตรการผลิตที่เหมาะสม ประกอบด้วย เนื้อเจาะร้อยละ 60 น้ำตาลทรายร้อยละ 11.61 ซูคราโลสร้อยละ 0.006 กรดซิตริกร้อยละ 0.14 น้ำเปล่าร้อยละ 28.244 ให้พลังงานทั้งหมด 79.41 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ให้พลังงานทั้งหมด 95.69 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม โดยน้อยกว่าคิดเป็นร้อยละ 17.01 ผู้บริโภคร้อยละ 78.13 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ มีต้นทุนการผลิตรวมบรรจุภัณฑ์เท่ากับ 6.30 บาท ต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา

การทดลองที่ 3 การผลิตผลไม้อบแห้งให้แคลอรีต่ำ

ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งแคลอรี่ต่ำทั้งมะม่วงและเจาะ สามารถลดค่าพลังงานได้เล็กน้อยและยังคงมีรสชาติที่ดี น่ารับประทานเป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบโดยกรรมวิธีที่ดีที่สุดของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ มาจากการแช่ในสารละลายออสโมติกเข้มข้นรวมร้อยละ 60 ในอัตราส่วนน้ำตาลอิริทริทอล : กลีเซอรีน: กรดซิตริก : สารสกัดจากหญ้าหวาน : น้ำ ที่ 29.74 : 30 : 0.2 : 0.06 : 40 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าพลังงานลดลงเพียงร้อยละ 5.76 จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงาน จำนวน 30 กรัมให้พลังงาน 91 กิโลแคลอรี่ จึงไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ (<40 กิโลแคอรี่) โดยต้นทุนการผลิตของมะม่วงแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานสูงกว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสปกติถึงร้อยละ 196.58 เนื่องมาจากสารละลายออสโมติกที่ใช้มีราคาสูง สำหรับเจาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงาน มาจากการแช่ในสารละลายออสโมติกเข้มข้นรวมร้อยละ 40 ในอัตาส่วน น้ำตาลมอลทิทอล : กลีเซอรีน : กรดซิตริก : น้ำที่ 23.5 :16 : 0.2 : 60 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าพลังงานลดลงเพียงร้อยละ 6.44 จากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก ซึ่งการใช้น้ำตาลมอลทิทอลให้ลักษณะของเจาะดีกว่าการใช้น้ำตาลอิริทริทอลเนื่องจากน้ำตาลอิริทริทอลทำให้เนื้อสัมผัสของเจาะแข็งเกินไป ซึ่งหนึ่งหน่วยบริโภคของเจาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานจากน้ำตาลมอลทิทอล จำนวน 30 กรัมให้พลังงาน 99 กิโลแคลอรี่ จึงไม่ถือว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ โดยมีต้นทุนมากกว่าเจาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรใช้ซูโครสปกติร้อยละ 47.61

ถึงแม้การวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งวิเคราะห์พลังงานทั้งหมดจะสามารถลดพลังงานได้น้อยจนไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นอาหารพลังงานต่ำ แต่เมื่อรับประทานจริงอาจลดค่าพลังงานได้มากกว่า เนื่องจากคุณสมบัติของตัวน้ำตาลแคลอรี่ต่ำที่มีค่า GI ต่ำมาก ร่างกายไม่สามารถย่อยได้หมด หากจะมองถึงความคุ้มค่าด้านราคาต้นทุน ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานอาจไม่สามารถตอบโจทย์ได้ แต่หากมองในด้านสุขภาพแม้จะสามารถลดแคลอรี่ได้ไม่มาก แต่น้ำตาลแคลอรี่ต่ำที่ใช้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้หมด และไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มอย่างรวดเร็ว จึงช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดผู้ป่วยเบาหวานได้เป็นอย่างดี สำหรับประชาชนบางกลุ่มผลไม้แช่อิ่มอบแห้งสูตรลดพลังงานอาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการใช้สารละลายออสโมติกมีค่า GI ค่อนข้างสูง

กรมวิชาการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลไม้แช่อิ่มอบแห้งมีการใช้กลีเซอรีนซึ่งมีพลังงานสูง หากต้องการให้ค่าพลังงานลดลงมากกว่านี้ควรปรับการใช้กลีเซอรีนให้ลดลง

สารละลายออสโมติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำตาลที่มีค่า GI ต่ำมาก ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้หมด จึงควรทำการทดลองเลียนแบบการย่อยและการดูดซึมของมนุษย์ จะทำให้ทราบค่าพลังงานที่ดูดซึมได้อย่างชัดเจน ซึ่งค่าพลังงานจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งคิดพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

การทดลองที่ 4 การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำสู่โรงงานผลิต

การพัฒนาและการปรับขยายสเกลกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพแคลอรี่ ได้การดำเนินการทดสอบการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ ณ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จังหวัดจันทบุรี โดยได้จัดเตรียมการสาธิตกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ และองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องให้กับกลุ่มผู้ประกอบการเช่น หลักการอบแห้ง การออกแบบฉลากผลิตภัณฑ์ การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีผู้เข้าร่วมจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนคลองน้ำเค็มทันใจ จำนวน 17 คน

เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิตจะมีพลังงานทั้งหมด 99.84 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม สูงกว่าเกณฑ์อาหารแคลอรี่ต่ำ อาจปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยกำจัดน้ำตาลในวัถุดิบเงาะออกก่อนจะนำมาแช่ในสารละลายออสโมติก

ผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่จากการทดลองขยายสเกลการผลิต มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และ ปริมาณสารปนเปื้อน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 11/2558 ผักและผลไม้แช่อิ่มแบบแห้ง และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับผลิตผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งให้ลดแคลอรี่โดยมีความชอบโดยรวมในระดับ ชอบเล็กน้อย

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะแช่อิ่มอบแห้งสูตรลดแคลอรี่ในถุงอลุมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน ได้เป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน จึงควรส่งเสริมและแนะนำให้ผู้ประกอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมเพื่อยืดอายุและคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2
การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนไขมัน
Research and Development on Low-Calories Diets by Using Fat Replacer

อกนิษฐ์ พิศาล วัชรินทร์ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร และ โกเมศ สัตยาวุธ
Akanit Pisalwadcharin Wimonwan Wattanawichit and Komate Satayawut

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน ผลการศึกษาพบว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลผลิตเท่ากับร้อยละ 14.35 และ 17.62 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินพบว่าเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมีค่า degree of esterification (DE) เท่ากับร้อยละ 57.88 และ 63.47 ตามลำดับ ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิดที่มีปริมาณเมทอกซิลสูง จากนั้นศึกษาการใช้ประโยชน์เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมลดไขมันและมายองเนสลดไขมัน จากการศึกษาพบว่าเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมลดไขมันที่ระดับร้อยละ 2.0 และมายองเนสลดไขมันที่ระดับร้อยละ 4.5 ได้ โดยไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 149.41 และ 151.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ มายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 466.82 และ 469.54 กิโลแคลอรี/100 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : อาหารลดไขมัน, เพคติน, สารทดแทนไขมัน

Abstract

The objective of this research is utilize of pectin from mango peel and passion fruit peel as fat replacer in reduced fat food. It was shown that the production yield of pectin from mango peel and passion fruit peel obtained from extraction condition using 3 percent citric acid at temperature 80 °C was 14.35 and 17.62 percent respectively. The degree of esterification (DE) of pectin from mango peel and passion fruit peel was 57.88 and 63.47 percent respectively. The result indicates that pectin from mango peel and passion fruit peel were high methoxyl type. After that, utilization of pectin from mango peel and passion fruit peel as fat replacer in reduced fat ice cream and reduced fat Mayonnaise was studied. The results showed that, pectin from mango peel and passion fruit peel could be used as

กรมวิชาการเกษตร

fat replacer at levels 2.0 percent of pectin in ice cream and 4.5 percent of pectin in mayonnaise. The amount of total energy in the reduced fat ice cream with pectin from mango peel and passion fruit peel was 149.41 and 151.15 Kcal/100 g respectively and the amount of total energy in the reduced fat mayonnaise with pectin from mango peel and passion fruit peel was 466.82 and 469.54 Kcal/100 g respectively.

Keyword: Reduced fat food, Pectin, Fat replacer

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นที่ทราบกันดีว่าอาหารที่มีไขมันสูงก่อให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจขาดเลือด และโรคอ้วน เป็นต้น ดังนั้นแนวโน้มของอาหารในยุคปัจจุบันที่เหมาะสมกับผู้บริโภคควรเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำและมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน

อาหารลดไขมัน คือ อาหารที่ทำการลดปริมาณไขมันลงจากปริมาณไขมันเดิมที่มีในอาหารปกติ โดยองค์การอาหารและยา (FDA) ของสหรัฐอเมริกากำหนดให้อาหารที่มีการลดปริมาณพลังงาน (อาหารลดไขมัน) คือ อาหารที่ให้พลังงานลดลงร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับอาหารปกติ ต่อ 1 หน่วยบริโภค

การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้ในอุตสาหกรรมอาหารจึงมีการนำสารทดแทนไขมัน (fat replacer) ชนิดต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมันมาช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลดไขมันให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเต็มมากที่สุด สารทดแทนไขมันเป็นสารที่ทำหน้าที่เลียนแบบพฤติกรรมของไขมันในอาหาร โดยสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มใหญ่ที่สุดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ สารประเภท กัม เพกติน เซลลูโลส และแป้ง สารดังกล่าวเมื่อจับกับน้ำจะทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสและความรู้สึกเคลือบมันในปากคล้ายไขมัน โดยสามารถเลียนแบบพฤติกรรมบางอย่างของไขมัน เช่น ให้ความหนืด ควบคุมการเพิ่มขนาดผลึกน้ำแข็ง และควบคุมการแยกตัวของน้ำ โดยสารทดแทนไขมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ สารประเภทกัมหรือพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากพืช เช่น เพคติน เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด (thickening agent) เป็นสารก่อเจล (gelling effect) และทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายครีม (creamy texture) สารประเภทนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายประเภท เช่น ไอศกรีม เบเกอรี่ มายองเนส น้ำสลัดไขมันต่ำหรือน้ำสลัดปราศจากไขมัน และผลิตภัณฑ์ขนมหวานต่างๆ เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

ในประเทศไทยเพคตินที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ และมีราคาสูง จากข้อมูลของบริษัทที่จำหน่ายเพคตินเกรดสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารพบว่าเพคตินมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 3,500-4,000 บาท/กิโลกรัม ซึ่งจัดว่าเป็นสารผสมอาหารที่มีราคาสูง โดยปัจจุบันมีรายงานวิจัยที่ศึกษาการสกัดเพคตินจากพืชชนิดต่างๆ และพบว่าเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมีเพคตินเป็นองค์ประกอบสูง โดยเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมีร้อยละผลผลิต เท่ากับร้อยละ 10-15 โดยน้ำหนักเปลือก (Rehman *et al*., 2004) และเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกเสาวรสมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 29 โดยน้ำหนักเปลือก (Simmaky and Jaanaki, 2014) ซึ่งประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมและกลุ่มผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะม่วงและเสาวรสและทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก เช่น เปลือกมะม่วงที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปมะม่วงดองหรือมะม่วงแช่อิ่มที่มีเปลือกเหลือทิ้งจากการแปรรูปประมาณร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักผลมะม่วง และเปลือกเสาวรสที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปน้ำเสาวรสที่มีเปลือกเหลือทิ้งประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักผลเสาวรส การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวมาสกัดเพคตินจะเป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และสามารถพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินให้มีคุณภาพมาตรฐานเพื่อทดแทนการนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศได้

นอกจากนี้การนำเพคตินที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันสูงเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของไขมัน และปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมันให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์อาหารสูตรไขมันเต็ม เช่น การนำมาใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมซึ่งมีส่วนผสมหลักคือ ไขมันนม หรือไขมันพืช และผลิตภัณฑ์มายองเนสซึ่งมีส่วนผสมหลักคือ น้ำมันพืช และไข่แดง จะทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณไขมันลดลงและเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ระเบียบวิธีวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ระยะเวลาดำเนินการ : ตุลาคม 2560 – กันยายน 2562

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เปลือกมะม่วง
2. เปลือกเสาวรส
3. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง
4. เครื่องปั่นไอศกรีม
5. เครื่องวัดความหนืด
6. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)
7. เครื่อง spectrophotometer

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการดำเนินการ

การทดลองที่ 1 การใช้ประโยชน์เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน

1. การสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรส

1.1 การสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรส (ดัดแปลงจาก ธานุวัฒน์ และคณะ, 2556)

1.1.1 นำเปลือกมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์หรือเปลือกเสาวรสพันธุ์สีม่วง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปปั่นผสมกับเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ (v/v) ปริมาตร 2 เท่าของน้ำหนักเปลือกด้วยเครื่องปั่นผสม ต่อไปให้ความร้อนส่วนผสมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส กวนส่วนผสมด้วยใบพัดกวนที่ความเร็ว 600 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 40 นาที เมื่อครบเวลานำตัวอย่างกรองผ่านผ้าขาวบางและบีบเอทานอลออก จากนั้นนำของแข็งส่วนที่ได้จากการบีบแยกเอทานอลออกแล้วมาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องจะได้ส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol-insoluble solid, AIS)

1.1.2 นำส่วนของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 3 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 50 เท่าของน้ำหนัก AIS ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กวนส่วนผสมด้วยใบพัดกวนที่ความเร็ว 300 rpm เป็นเวลา 40 นาที เมื่อครบเวลานำสารสกัดไปหมุนเหวี่ยงแยกของแข็งออกโดยเครื่องหมุนเหวี่ยง ความเร็วสูง ที่ความเร็วรอบ 9,500 rpm อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เก็บส่วนใสไว้ ต่อไปนำสารสกัดส่วนใสมาทำการตกตะกอนเพคติน โดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ ในอัตราส่วนสารสกัดส่วนใสต่อเอทานอล 1:1 (v/v) ทำการกวนผสมโดยใบพัดกวนที่ความเร็ว 200 rpm เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากรองแยกเอาตะกอนเพคตินโดยกรองผ่านผ้าขาวบาง พร้อมทั้งล้างตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยเอทานอลร้อยละ 95 จำนวน 3 ครั้ง นำตะกอนเพคตินที่ได้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดให้เป็นผงจะได้เพคตินในรูปผงละเอียด

1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน ดังนี้

1.2.1 กรดกาแล็กทูโรนิก โดยวิธีของ Melton and Smith (2001)

1.2.2 ปริมาณเมทอกซิล และค่า degree of esterification โดยวิธีของ Yamazaki et al. (2009)

1.2.3 การวัดความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer

2. การนำเพคตินจากเปลือกมะม่วงหรือเปลือกเสาวรสมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน

กรมวิชาการเกษตร

2.1 ศึกษาการนำเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไอศกรีมไขมันเต็ม ปริมาณไขมันร้อยละ 10

กรรมวิธีที่ 2 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 1.0

กรรมวิธีที่ 3 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 1.5

กรรมวิธีที่ 4 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เ เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 2.0

กรรมวิธีที่ 5 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 1.0

กรรมวิธีที่ 6 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 1.5

กรรมวิธีที่ 7 ไอศกรีมลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 2.0

2.2 สูตรการผลิตไอศกรีม

2.2.1 ไอศกรีมไขมันเต็ม ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ไขมันร้อยละ 10 โดยน้ำหนักจากไขมันนม, เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid not fat) ร้อยละ 12 จากนมสด นมผง และหางนมผง, น้ำตาลทราย ร้อยละ 10.5, น้ำตาลเด็กซ์โตสร้อยละ 1.0, มอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 4.0, อิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัว Mono- and di-glycerides ร้อยละ 0.5 และน้ำสะอาด

2.2.2 ไอศกรีมลดไขมัน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ไขมัน ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงหรือเพคตินจากเปลือกเสาวรสในปริมาณร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 ส่วนผสมอื่นเท่ากับไอศกรีมไขมันเต็ม และเติมน้ำสะอาดให้ได้ส่วนผสมรวมเท่ากับร้อยละ 100

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของไอศกรีมลดไขมัน

2.3.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, เปอร์เซนต์)
- ร้อยละของไขมัน โดยวิธี Roese–Gottlieb AOAC (2000)
- ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม (overrun) โดยวิธีของ Arbuckle (1986)
- อัตราการละลาย โดยวิธีของ จุฑารัตน์ (2549)
- เนื้อสัมผัสของไอศกรีมด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)
- ค่าความหนืดของไอศกรีมเหลว ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer

กรมวิชาการเกษตร

2.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยวิธี Hedonic scoring test 9 point ได้แก่ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม

2.3.3 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน

เก็บรักษาไอศกรีมที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๓๕๔) พ.ศ. ๒๕๕๖ เรื่อง ไอศกรีม เพื่อประเมินหาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์

2.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

3. การนำเพคตินจากเปลือกมะม่วงหรือเปลือกเสาวรสมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมัน

3.1 ศึกษาการนำเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมัน โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 มายองเนสไขมันเต็ม ปริมาณไขมันร้อยละ 65

กรรมวิธีที่ 2 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 35 เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 1.5

กรรมวิธีที่ 3 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 35 เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 3.0

กรรมวิธีที่ 4 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 35 เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 4.5

กรรมวิธีที่ 5 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 35 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 1.5

กรรมวิธีที่ 6 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 35 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 3.0

กรรมวิธีที่ 7 มายองเนสลดไขมัน ปริมาณไขมันร้อยละ 5 เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 4.5

3.2 สูตรการผลิตมายองเนส

3.2.1 มายองเนสสูตรไขมันเต็ม ดัดแปลงจากสูตรของ Ghoush *et al*. (2008) ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 60 ไข่แดงร้อยละ 12 น้ำส้มสายชูร้อยละ 5 น้ำผึ้งร้อยละ 6 เกลือร้อยละ 1

3.2.2 มายองเนสสูตรลดไขมัน ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 30 และเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงหรือเปลือกเสาวรสในปริมาณร้อยละ 1.5, 3.0

กรมวิชาการเกษตร

และ 4.5 ส่วนผสมอื่นเท่ากับมายองเนสสูตรไขมันเต็ม และเติมน้ำสะอาดให้ได้ส่วนผสมรวมเท่ากับร้อยละ 100

3.3 การศึกษาคุณสมบัติของมายองเนสลดไขมัน

3.3.1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

- ร้อยละ ของไขมัน โดยวิธี Roese–Gottlieb AOAC (2000)
- การวัดค่าความหนืดของมายองเนส ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer
- ความคงตัวของอิมัลชั่น โดยวิธีของ Mirhosseini *et al*. (2008)

3.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยวิธี Hedonic scoring test 9 point ได้แก่ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม

3.3.4 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มายองเนส

เก็บรักษามายองเนสที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาตาม มอก.1402-2540 เรื่อง มายองเนสและสลัดครีม เพื่อประเมินหาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์

3.4 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ผลการทดลองและอภิปราย

การทดลองที่ 1 การใช้ประโยชน์เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน

การสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จะได้ของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol insoluble solid (AIS) โดยการสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณผลผลิตที่ได้ ของ AIS เท่ากับ ร้อยละ 17.5 ของแข็งที่แยกได้มีสีน้ำตาลอมเหลือง และการสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรส มีปริมาณผลได้ ของ AIS เท่ากับ ร้อยละ 18.5 ของแข็งที่แยกได้มีสีน้ำตาลอมชมพู ขั้นตอนต่อไปทำการสกัดเพคตินจาก alcohol insoluble solid (AIS) โดยสกัดด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารสกัดไปหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสารสกัดส่วนใสออกจากของแข็ง และนำส่วนใสที่ได้ไปตกตะกอนเพคตินในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จะได้สารสกัดมีลักษณะเป็นเมือกอยู่ในเอทานอล สารสกัดเพคตินจากเปลือกมะม่วงที่ตกตะกอนในเอทานอลมีสีขาวใสอมเหลือง และสารสกัดเพคตินจากเปลือกเสาวรสที่ตกตะกอนในเอทานอลมีสีขาวใสอมชมพู จากนั้นกรองสารสกัดเพื่อแยกส่วนเมือกออกจากเอทานอล จะได้เมือกของสารเพคตินจากเปลือกมะม่วงมีสีขาวใส และเมือกของสารเพคตินจากเปลือกเสาวรสมีสีขาวใสอมชมพู ต่อไปนำเมือกสารสกัดเพคตินไปทำแห้งโดยอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เมื่อแห้งแล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดแห้งจะได้เพคตินในรูปผงแห้ง โดยมี

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณผลได้ของเพคตินจากเปลือกมะม่วงร้อยละ 14.35 โดยน้ำหนักแห้งของเปลือกมะม่วง และปริมาณผลได้ของเพคตินจากเปลือกเสาวรสร้อยละ 17.62 โดยน้ำหนักแห้งของเปลือกเสาวรส การตรวจสอบคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดได้ พบว่าเพคตินจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.54 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคร้อยละ 66.25 ปริมาณเมทอกซิลร้อยละ 10.75 และความหนืดเท่ากับ 38.65 cp ส่วนเพคตินจากเปลือกเสาวรสที่สกัดได้มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 7.85 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิคร้อยละ 70.65 ปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 11.36 และความหนืดเท่ากับ 58.46 cp โดยเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรส มีค่า degree of esterification (DE) เท่ากับร้อยละ 57.88 และ 63.47 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Degree of esterification มากกว่า ร้อยละ 50 เพคตินทั้งสองชนิดจึงจัดเป็นเพคตินชนิดที่มีปริมาณเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin)

การศึกษาสูตรการผลิตไอศกรีมไขมันเต็มและไอศกรีมลดไขมันที่ใช้เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมัน กำหนดให้ไอศกรีมไขมันเต็มมีปริมาณไขมันร้อยละ 10 และไอศกรีมลดไขมันมีปริมาณไขมันร้อยละ 5 โดยเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสในไอศกรีมลดไขมันปริมาณร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 ผลการศึกษาพบว่าไอศกรีมไขมันเต็มและไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมีลักษณะปรากฏใกล้เคียงกัน เมื่อนำไอศกรีมตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0-35 นาที ไอศกรีมไขมันเต็มมีการละลายที่เร็วกว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคติน และไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินในปริมาณสูงกว่าจะมีการละลายที่ช้ากว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินในปริมาณที่ต่ำกว่า เมื่อเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสในไอศกรีมลดไขมันปริมาณร้อยละ 1.0, 1.5, และ 2.0 ปริมาณของแข็งในไอศกรีมลดไขมันมีค่าเพิ่มขึ้น การขึ้นฟู อัตราการละลาย และความแข็งของไอศกรีมลดไขมันใกล้เคียงกับไอศกรีมไขมันเต็มมากขึ้น โดยไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสปริมาณร้อยละ 2.0 มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรไขมันเต็มมากที่สุด สอดคล้องกับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสปริมาณร้อยละ 2.0 มีคะแนนความชอบโดยรวม ใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรไขมันเต็มมากที่สุด การศึกษาคุณภาพด้านอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมัน (Table 6) พบว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันให้พลังงานทั้งหมดต่ำกว่าไอศกรีมไขมันเต็ม โดยไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงให้พลังงานทั้งหมด 149.41 กิโลแคลอรี/100 กรัม ไอศกรีมลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 151.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม เทียบกับไอศกรีมไขมันเต็มให้พลังงานทั้งหมด 185.24 กิโลแคลอรี/100 กรัม

กรมวิทยาศาสตร์

Table 6 Nutritional value of reduced fat ice cream with pectin from mango peel and passion fruit peel

Nutrition Fact*	(100 g of product)	
	Reduced fat ice cream with pectin from mango peel	Reduced fat ice cream with pectin from passion fruit peel
Total Energy (Kcal)	149.41	151.15
Calories from Fat (Kcal)	28.44	28.71
Total fat (g)	3.16	3.19
Saturated fat (g)	2.29	2.31
Cholesterol (mg)	13.42	13.47
Protein (g)	4.25	4.28
Carbohydrate (g)	26.28	26.33
Fiber (g)	0.57	0.54
Sugar (g)	18.79	18.84
Sodium (mg)	55.14	55.02
Vitamin A (µg)	45.06	45.35
Vitamin B1 (mg)	< 0.030	< 0.030
Vitamin B2 (mg)	0.302	0.310
Calcium (mg)	152.35	155.82
Iron (mg)	1.40	1.40

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาสูตรการผลิตมายองเนสสูตรมาตรฐานที่มีไขมันร้อยละ 75 และมายองเนสสูตรลดไขมันที่ใช้เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมัน กำหนดให้มายองเนสลดไขมันมีปริมาณไขมันร้อยละ 40 โดยเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรสในมายองเนสลดไขมันปริมาณร้อยละ 1.5, 3.0 และ 4.5 พบว่ามายองเนสไขมันเต็มและมายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสมีลักษณะปรากฏใกล้เคียงกัน จากการศึกษาคุณสมบัติและคุณภาพของมายองเนสลดไขมันจากสูตรไขมันเต็มที่มีไขมันร้อยละ 75 เป็นมายองเนสลดไขมันที่มีไขมันร้อยละ 40 โดยการวัดค่าความหนืดและหาร้อยละ การแยกชั้นโดย

การนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง พบว่าการลดไขมันในมายองเนสทำให้ความหนืดของมายองเนสลดลงและร้อยละการแยกชั้นสูงขึ้น แต่เมื่อทำการเติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรส ในมายองเนสลดไขมันปริมาณร้อยละ 1.5, 3.0 และ 4.5 พบว่าค่าความหนืดของมายองเนสลดไขมันมีค่าเพิ่มขึ้น และร้อยละการแยกชั้นของมายองเนสลดลง โดยมายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงปริมาณร้อยละ 4.5 และเพคตินจากเปลือกเสาวรสปริมาณร้อยละ 4.5 มีค่าความหนืดและร้อยละการแยกชั้นใกล้เคียงกับมายองเนสไขมันเต็มมากที่สุด สอดคล้องกับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่ามายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเพคตินจากเปลือกเสาวรส ปริมาณร้อยละ 4.5 มีคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับมายองเนสสูตรไขมันเต็มมากที่สุด การศึกษาคุณภาพด้านอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มายองเนสลดไขมัน (Table 7) พบว่ามายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกมะม่วงให้พลังงานทั้งหมด 466.82 กิโลแคลอรี/100 กรัม มายองเนสลดไขมันที่เติมเพคตินจากเปลือกเสาวรสให้พลังงานทั้งหมด 469.54 กิโลแคลอรี/100 กรัม เทียบกับมายองเนสไขมันเต็มทางการค้าให้พลังงานทั้งหมด 680.36 กิโลแคลอรี/100 กรัม

Table 7 Nutritional value of reduced fat mayonnaise with pectin from mango peel and passion fruit peel.

Nutrition Fact*	(100 g of product)	
	Reduced fat mayonnaise with pectin from mango peel	Reduced fat mayonnaise with pectin from passion fruit peel
Total Energy (Kcal)	466.82	469.54
Calories from Fat (Kcal)	413.55	419.22
Total fat (g)	45.95	46.58
Saturated fat (g)	10.85	10.90
Cholesterol (mg)	152.21	154.03
Protein (g)	2.81	2.87
Carbohydrate (g)	9.69	9.71
Fiber (g)	0.51	0.43
Sugar (g)	7.46	7.55
Sodium (mg)	702.32	700.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Vitamin A (µg)	29.73	29.01
Vitamin B1 (mg)	0.039	0.036
Vitamin B2 (mg)	0.084	0.088
Calcium (mg)	88.08	88.16
Iron (mg)	4.00	4.00

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลอง 1 การใช้ประโยชน์เพคตินจากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน

เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงและเปลือกเสาวรสสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมันที่ระดับร้อยละ 2.0 เพคติน และมายองเนสลดไขมันที่ระดับร้อยละ 4.5 เพคติน โดยทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมันและมายองเนสลดไขมันมีปริมาณพลังงานทั้งหมดลดลงจากไอศกรีมสูตรไขมันเต็มได้

บรรณานุกรม

กนกพร ลีลาวิโรจน์สกุล. 2545. ผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมศุลกากร. 2559. สถิตินำเข้า-ส่งออก. [ระบบออนไลน]. แหล่งที่มา http://www.customs.go.th (20 มิถุนายน 2559).

กองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพ. 2556. น้ำตาล หวานมากไป โรคภัยถามหา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.thaihealth.or.th/Content/7396-น้ำตาล หวานมากไป โรคภัยถามหา.html (25 พฤษภาคม 2559).

คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาที่ 319/2548. 2548. เรื่อง หลักเกณฑ์การตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 193) พ.ศ.2543.(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : elib.fda.moph.go.th. (25 มีนาคม 2559)

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. เอส พี เอ็ม การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรด และอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. น. 48

จิรรัชต์ กันทะขู้. 2549. การแปรรูปหอยเป๋าฮื้อในน้ำเกลือบรรจุรีทอร์ตเพาซ์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 138 หน้า.

จุฑารัตน์ โกวิทยา. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุติมา อัศวเสถียร สุปรียา ศุขเกษม พัจนา สุภาสูรย์ ศักดิ์ชัย อาษาวัง และอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์. 2553. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มวุ้นสับปะรดพร้อมดื่ม ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2553. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 399 หน้า.

ดลมนัส กาเจ. 2559. สารพัดมาตรการรับมือ ผลไม้ล้นตลาด. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : www.komchadluek.net/news/lifestyle/204189. (14 กรกฎาคม 2559)

ดลมนัส กาเจ. 2557. ยุทธศาสตร์แก้ปัญหาลิ้นจี่ภาคเหนือวัดกึ๋นคณะกรรมการ. แหล่งข้อมูล : http://www.komchadluek.net/news/lifestyle/184466 (14 กรกฎาคม 2559).

ดารณี หมู่ขจรพันธ์. 2554. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทสำหรับกลุ่มแม่บ้าน
โดยประยุกต์ใช้บรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัวแทนกระป๋อง. สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา
กระทรวงสาธารณสุข. น.24-25.

ทิพาพร อยู่วิทยา. 2558. การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหาร ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรม Mini Food Engineering Program ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม – 3 ตุลาคม 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 27 หน้า.

ไทยรัฐออนไลน์. 2556. ยอดป่วยเบาหวานพุ่ง 3.5 ล้านคน แนวโน้มพบในเด็กเพิ่มขึ้น. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.thairath.co.th/content/edu/379520 (25 พฤษภาคม 2559).

ธานุวัฒน์ และคณะ. 2556. การสกัดเพคตินจากเปลือกผักและผลไม้. ว. วิทย์. กษ. 44(2) (พิเศษ): 433-436.

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร. 2554. สารให้ความหวานแทนน้ำตาล. บทความรายการวิทยาศาสตร์เพื่อประชาชน.
(ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.uniserv.buu.ac.th. (17 มีนาคม 2559).

นันทิยา ชัยชาติสุตานนท์ และปรีดาวรรณ จันทร์กระจ่าง. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมสับปะรดผสมสมุนไพร. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิทยาศาสตร์อาหาร มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิรนาม. 2557. ตลาดผักผลไม้อบแห้งของไทยกำลังขยายตัวทั้งตลาดในประเทศและตลาดส่งออก.

กรมวิชาการเกษตร

[ระบบออนไลน]. แหล่งที่มา http://www.hopsandshops.com (20 มิถุนายน 2559).

นิตยกานต์ บุญหมั้น. 2544. การปรับปรุงโยเกิร์ตแคลอรี่ต่ำโดยการใช้สารสกัดจากหญ้าหวาน และเพิ่ม
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมลูกชิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2541. เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประชาชาติ. 2553. ผู้ส่งออกผลไม้กระป๋องอ่วมหลายเด้งพิษน้ำตาลขาด-วัตถุดิบแห่ปรับราคา สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.ocsb.go.th.
(15 มีนาคม 2559).

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 144). 2535. เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. (ระบบออนไลน์).แหล่งข้อมูล : iodinethailand.fda.moph.go.th. (22 มีนาคม 2559)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182). 2541. เรื่อง ฉลากโภชนาการ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.centrallabthai.com. (22 มีนาคม 2559)

ประเวศ แสงเพชร. 2558. สถานการณ์การผลิตและการตลาดของผลไม้ไทยในปัจจุบันและอนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :
http://www.technologychaoban.com/news_detail.php?tnid=1802 (14 กรกฎาคม 2559).

ผู้จัดการออนไลน์. 2556. เจเล่ ขยายฐานกลุ่มแม่บ้าน ซุ่มแตกไลน์เยลลีบุกปีหน้า. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :
http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9560000070372 (25 มิถุนายน 2559).

พิชญา เตชะภัทรกุล. 2557. การใช้พอลิแซคคาไรด์จากกระเจี๊ยบเขียวเพื่อเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2556. น้ำเชื่อม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.foodnetworksolution.com. (21 มีนาคม 2559)

พิสมัย กุลกาญจนาธร. 2555. หวาน-ธรรมชาติ-เพื่อสุขภาพ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/107/หวาน-ธรรมชาติ-เพื่อสุขภาพ.

ภคินี เรือนสุภา. 2550. อิทธิพลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรพร คำแป้น. (2554). การผลิตนำข้าวยำสเตอริไลส์บรรจุรีทอร์ตเพาช์. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาชุมชน) มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 86 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

วรรณคล เชื้อมงคล. 2551. สารให้ความหวาน: การใช้และความปลอดภัย. ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 3(1) : 161-168.

วรารัตน์ สานนท์. 2552. การพัฒนาขนมหม้อแกงไข่ลดพลังงานและการปรับปรุงสัดส่วนกรดไขมันด้วยสารให ความหวานซูคราโลสและกะทิธัญพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิมลนาฏ ศรีโอฬาร์. 2553. โครงสร้างอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องและพยากรณ์แนวโน้มมูลค่าการส่งออกสับปะรดกระป๋องของประเทศไทย. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 95 หน้า.

วิสิฐ จะวะสิต และคณะ. 2551. การผลิตอาหารในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว สำหรับกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศิวพร พุดตาล. 2550. ผลของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2558. อุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่ม. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : www.kasikornbank.com/IndustrySolution_FoodsAndBeverage_2015. (15 มีนาคม 2559).

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2556. กระบวนการแปรรูปผลไม้. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tistr-foodprocess.net/fruit_can.html. (20 มีนาคม 2559).

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล. เอกสารเผยแพร่. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.fda.moph.go.th. (18 มีนาคม 2559).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่. 2559. สศท.1 เผยผลพยากรณ์ ลำไย-ลิ้นจี่ 8 จังหวัดภาคเหนือ คาดผลผลิตเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=21791&filename=news (14 กรกฎาคม 2559).

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2546. อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา : www.exim.go.th. (20 มีนาคม 2559).

กรมวิชาการเกษตร

สุขใจ ชูจันทร์. 2555. สารให้ความหวานพลังงานต่ำ การผลิตทางชีวภาพ คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล. 2547. หญ้าหวานสตีเวีย. ใน เทคโนโลยีชีวภาพอาหาร การหมัก และสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 47-51.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. ม.ป.ป. กลุ่มโรค NCDs. [ระบบออนไลน]. แหล่งที่มาhttp://www.thaihealth.or.th/microsite/categories/5/ncds/2/173/176-กลุ่มโรค+NCDs.html (29 เมษายน 2559)

สำนักงานจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม. ม.ป.ป. ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแท่งเพื่อสุขภาพ. [ระบบออนไลน]. แหล่งที่มา http://www.tistr.or.th/tistrblog/?paged=8. (25 พฤษภาคม 2559)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ม.ป.ป. น้ำตาลแอลกอฮอล์ คืออะไร?. [ระบบออนไลน]. แหล่งที่มา http://www.nstda.or.th/vdo-nstda/sci-day-techno/1705-sugar-alcohol (25 พฤษภาคม 2559)

องอาจ เด็ดดวง. 2553. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อังคณา สุวรรณกูฏ. (2555). เป็น-ไม่เป็นสับปะรด. จดหมายข่าวผลิใบ, 15 (7), 9-15.

Aguilera, J.M. and D.W. Stanley. 1999. Simultaneous heat and mass transfer dehydration, pp 373 – 411. *In* J.M. Aguilera and D.W. Stanley. Microstructural Principles of Food Processing and Engineering. Gaithersburg, MA, USA. Aspen Publishers, Inc.

Akoh, C.C. 1998. Fat replacers. Food Technol. 52: 47-53.

Al-Dabbas, Maher M. and Al-Qudsi, Jamil M. 2012.Effect of partial replacement of sucrose with the artificial sweetener sucralose on the physico-chemical, sensory, microbial characteristics, and final cost saving of orange nectar. International Food Research Journal 19(2): 679-683.

Alok, S., A. S. Bawa and P. S. Raju. 2009. Optimization of a multitarget preservation technique for jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs. J. Food Engineering. 91: 18-28.

A.O.A.C. In Association of Official Analytical Chemists, 17th ed. A.O.A.C. Inc. Arlington, Virginia, USA. 2000.

กรมวิชาการเกษตร

Arbuckle, W.S. 1986. Ice Cream. 4 th ed. AVI Publishing Co. Inc., New York. Beli, R., K. Rakesh, Singha, K. Avtar. Handab and M. A. Raoc. 1997. Chemistry and uses of pectin. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 37: 1.

Clegg, M. E., and Shafat, A. 2014. The effect of agar jelly on energy expenditure, appetite, gastric emptying and glycaemic response. [journal article]. European Journal of Nutrition, 53(2), 533-539.

Fleischmann, P., Min Kim, K., Hwang, S.-G., Novelina, Nazir, N., and Adrian, M. R. 2016. International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources, IC-FANRes 2015 The Improvement Lycopene Availability and Antioxidant Activities of Tomato (Lycopersicum Esculentum, Mill) Jelly Drink. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 9, 328-334.

Geuns, J. M. C. 2003. Stevioside. Phytochemistry, 64(5), 913-921.

Ghoush, M.A., M. Samhouri, M. Al-Holy and T. Herald. 2008. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum–protein emulsifier in a Model mayonnaise system J.Food Eng. 84: 348-357.

Giri A., Rao HG. And V R. 2014. Effect of partial replacement of sugar with stevia on the quality of kulfi. Journal of Food Science and Technology 51(8): 1612-1616.

Hosakote M.Y., T.N. Prabha and R.N. Tharanathan. 2005. Mango ripening—chemical and structural characterization of pectic and hemicellulosic polysaccharides. Carbohydrate Research. 340: 1335–1342.

Iagher F., F. Reicher and J.L.M.S. Ganter. 2002. Structural and rheological properties of polysaccharides from mango (Mangifera indica L.) pulp. International Journal of Biological Macromolecules 31: 9-17.

International Diabetes Federation. 2015. IDF DIABETES ATLAS Seventh Edition. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.diabetesatlas.org (29 เมษายน 2559)

Kulthe, AA., Pawar, VD., Kotecha, PM., Chavan, UD. Bansode, VV. 2014. Development of high protein and low calorie cookies. Journal of Food Science and Technology 51(1): 153-157.

Li J., Y. Wang, W.J.B. Zhou, and B. Li. 2014. Application of micronized konjac gel for fat analogue in mayonnaise. Food Hydrocolloid. 35: 375-382.

Lennart, A. and J. M. Flink. 1984. Osmotic concentration of potato I: criteria for the endpoint of the osmosis process. J. Food Technol. 19: 45-63.

กรมวิทยาศาสตร์

Liew S.Q, N.L. Chin and Y.A. Yusof. 2014. Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2: 231-236.

Marshall, R.T. and W.S. Arbuckle. 1996. Ice cream . 5 th ed. International Thomson Publishing , New York. 349 p. Osamu K., T. Fujiwara and E. Yamazaki. 2008. Characterization of the pectin extracted from citrus peel in the presence of citric acid. Carbohydrate Polymers. 74: 725-730.

Melton, L.D. and B.G. Smith. 2001. Determination of the uronic acid content of plant cell walls using a colorimetric assay, pp. E3.3.1-E3.3.4. In R.E. Wrolstad, T.E. Acree, H. An, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D.M. Smith and P. Sporns, eds. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Mirhosseini, H., C.P. Tan, A. Aghlara and N.S.A. Hamid, S. Yusofc and B. H. Chernd. 2008. Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage. Carbohydrate Polymers. 73: 83-91.

Oliveira, F. I. P., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. 2012. Production of low calorie Malay apples by dual stage sugar substitution with Stevia-based sweetener. Food and Bioproducts Processing, 90(4), 713-718.

Paolo, P., A.A. Leva, M. Riva, A. Maestrelli and D. Torreggiani. 2008. Influence of an osmosis pre-treatment on structure-property relationships of air-dehydrated tomato slices. *J. Food Engineering*. 86 : 105 – 112.

Ponting, J.D., G.G. Watters, R.R. Forrey, R. Jackson and W.L. Stanley. 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food Technol. 20 (10) : 125 – 130.

Rehman, Z.U., A.M. Salariya, F. Habib and W.H. Shah. 2004. Utilization of mango peels as a source of pectin. Jour. Chem.Soc.Pak. 26: 1.

Rolin, C., B.U. Nielsen and P. E. Glahn. 1998. Pectin. In D. Severian, ed. Polysaccharides Structural Diversity and Functional Versatility. Marcel Dekker Inc., New York.

Samane, H., Sayed, AH., Javad, K. 2015. Production and characterization of low-calorie orange nectar containing stevioside. Journal of Food Science and Technology 52(10): 6365 - 6374.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Torreggiani, D. and G. Bertolo. 2004. Present and future in process control and optimization dehydration, pp. 174 – 225. *In* S.L. Taylor. Advances in Food and Nutrition Research. Vol. 48. San Diego, CA, USA. Elsevier, Academic Press.

Uddin, M.B., P. Ainsworth, S. Íbanoglu. 2004. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using respond surface methodology. *J. Food Engineering*. 65:473 – 477.

White, C.H. 1993. Low-fat dairy products, pp. 253-271. In A.M. Altschul, ed. Low-Calorie Foods Handbook. Marcel Dekker, Inc., New York.

Yamazaki, E., O. Kurita and Y. Matsumura. 2009. High viscosity of hydrocolloid from leaves of Corchorus olitorius L. Food Hydrocolloid. 23: 655-660.

กรมวิชาการเกษตร