รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์เพื่อสุขภาพ
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำ
   กิจกรรม : การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพให้แคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนความหวาน
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรแคลอรี่ต่ำบรรจุรีทอร์ทเพาช์
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Development of fruit in low calorie syrups in retort pouches.
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**
   หัวหน้าการทดลอง : นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์ กวป.
   ผู้ร่วมงาน : นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร กวป.
   : นางสาวจารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม กวป.
5. **บทคัดย่อ** :

ผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมมีการใช้น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวาน ซึ่งน้ำตาลชนิดนี้ให้พลังงานสูงส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคก่อให้เกิดโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน โรคหัวใจ โรคไขมันพอกตับ ขณะที่มีสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำหรือไม่ให้พลังงานสามารถใช้ทดแทนน้ำตาลทรายเพื่อลดโอกาสการเกิดโรคเรื้อรังได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตสับปะรดและเงาะในน้ำเชื่อม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน โดยศึกษาสารให้ความหวาน 2 ชนิด คือ สตีวิโอไซด์และซูคราโลส ศึกษาปริมาณที่ควรใช้เพื่อให้มีรสหวานใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิม โดยน้ำเชื่อมสูตรปกติใช้น้ำตาลทราย 30 กรัม นำมาทดแทนด้วยสารให้ความหวานชนิดละ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ปริมาณการทดแทนคำนวณจากค่าความหวานสัมพัทธ์ (relative sweetness) และบรรจุผลิตภัณฑ์ในรีทอร์ทเพาช์เพื่อศึกษาคุณภาพการเก็บรักษาทดแทนการบรรจุกระป๋อง ผลการศึกษา พบว่า การเพิ่มระดับสารให้ความหวานส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง 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 เมื่อศึกษาความชอบของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์สูตรลดพลังงานไม่แตกต่างจากก่อนทำการเก็บรักษา ขณะที่สูตรควบคุมผู้บริโภคให้ความชอบลดลง

คำสำคัญ: แคลอรี่ต่ำ, สารให้ความหวาน, ไซรัป, สับปะรด, เงาะ

กรมวิทยาศาสตร์

Abstract

Fruit in syrup is produced by using sucrose as a sweetener. This sugar increases high energy levels which can contribute negative impact on consumer health such as diabetes, cardiovascular disease, fatty liver disease. However, alternative sugars have been used in food industries due to the growing concern about people's intake of sugar and these can keep blood glucose levels stable. The purpose of this research was to produce fruit, pineapple and rambutan in low calorie syrup by partial replacement of sucrose with an equivalent sweetness from the safe artificial sweeteners, stevioside and sucralose. Using 4 different substitution at 25%, 50%, 75% and 100%. The results showed that total soluble solid was increased by increasing the replaced, but did not affect color and pH in all treatments compared to the control. The use of 75% 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% lower calories than the control) and 87.10% of consumer accepted this product. Rambutan in low calorie syrup with desired characteristics was feasible with only 25% sucralose substitution. It provided 79.41 Kcal per 100g which was 17.01% lower than the control and consumer accepted this product at 78.13%. In addition, during storage at 10 months, sweeteners presented the positive effect of a low degradation rate of color changes in the products, while consumer accepted fruit in reduced calorie syrup more than the control.

Keywords: Low calorie, Sweeteners, Syrup, Pineapple, Rambutan

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

อุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ในน้ำเชื่อมเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งเชื่อมโยงภาคการผลิตด้านการเกษตรกับภาคอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบด้านการเกษตรสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท 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 ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจใน

การดูแลสุขภาพมากขึ้น เน้นการดูแลตนเองและเน้นการป้องกันมากกว่าการรักษา ด้วยความนิยมนี้เองทำให้ผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นและมีส่วนแบ่งในตลาดสูงขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์สูตรลดพลังงานและสูตรไม่มีน้ำตาลกลายเป็นกลุ่มธุรกิจที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วจะเห็นได้จากในปี 2562 ตลาดผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลน้อยหรือไม่มีน้ำตาลมีอัตราการเติบโตสูงถึงร้อยละ 54 หรือคิดเป็นมูลค่าตลาดกว่า 1,800 ล้านบาท (โพสต์ทูเดย์, 2563) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผู้บริโภคจะหันมาสนใจผลิตภัณฑ์สูตรน้ำตาลน้อย แต่รสหวานยังคงมีความจำเป็นอยู่เพื่อปรุงแต่งรสของอาหาร ดังนั้น ทางเลือกหนึ่งของการบริโภครสหวานให้ปลอดภัย คือสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มให้พลังงานต่ำและกลุ่มไม่ให้พลังงาน (กนกกาญจน์, ม.ป.ป.; ศรีวรรณ, 2559; ณัฐดนัย, 2560) สารให้ความหวานกลุ่มพลังงานต่ำ ได้แก่ กลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ให้พลังงาน 2.6 แคลอรี่ต่อกรัม (ซอร์บิทอล, ไซลิทอล, มอลทิทอล) มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลทราย น้ำตาลกลุ่มนี้มีข้อจำกัดคือหากรับประทานมากเกินไปอาจท้องเสียได้ แอสพาร์เทม ให้พลังงาน 4 แคลอรี่ต่อกรัม ให้ความหวาน 180-200 เท่าของน้ำตาลทรายแต่จะมีรสขมเมื่อโดนความร้อนและมีผลข้างเคียงกับผู้ป่วยไมเกรนเรื้อรังและห้ามใช้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคทางพันธุกรรมเรียกว่าฟีนิลคีโตนูเรีย สารให้ความหวานกลุ่มไม่ให้พลังงาน ได้แก่ สตีเวีย ให้ความหวาน 500 เท่าของน้ำตาลทราย รสคล้ายน้ำตาลทรายสามารถทนกรดและทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียสโดยไม่สลายตัว ซูคราโลส ให้ความหวาน 600 เท่าของน้ำตาลทราย มีรสชาติคล้ายน้ำตาลทรายมากที่สุด ไม่มีรสขมหรือเฝื่อนติดลิ้น ไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบของอาหาร มีความคงตัวและทนความร้อนได้สูง ซึ่งทั้งสตีเวียและซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่ยังไม่มีรายงานผลแทรกซ้อนต่อร่างกาย แซคคารีน ให้ความหวาน 300-500 เท่าของน้ำตาลทราย มีรสหวานปมขมแบบโลหะ มีรายงานการวิจัยว่าการรับประทานแซคคารีนในจำนวนมากอาจจะมีผลทำให้เกิดมะเร็งบางชนิดได้ในสัตว์ทดลอง เช่น มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งมดลูก มะเร็งรังไข่ มะเร็งผิวหนังและอวัยวะอื่น ๆ ไซคลาเมท ให้ความหวาน 30 เท่าของน้ำตาลทราย มีรสหวานคล้ายน้ำตาลทราย ทนความร้อนได้ดี มีรายงานวิจัยว่ามีสารก่อมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ อะซีทัลเฟรม-โพแทนเซียม ให้ความหวาน 180 เท่าของน้ำตาลทราย ทนความร้อนได้สูง แต่จะมีรสหวานปนเค็มและฝาดติดลิ้น มีความปลอดภัยในการบริโภค เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล พบว่า สตีเวียและซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ในน้ำเชื่อมและมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค

นอกจากการพัฒนาตัวผลิตภัณฑ์แล้ว บรรจุภัณฑ์ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการของเทคโนโลยี และบรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง โดยบรรจุภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาล่าสุดเพื่อใช้ในการถนอมอาหารด้วยการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในภาชนะปิดผนึกด้วยความร้อน คือ รีทอร์ทเพาช์ ซึ่งบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้กำลังได้รับความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง เนื่องจากข้อดีของรีทอร์ทเพาช์ที่เด่นชัดเหนือกระป๋องโลหะ คือ มีน้ำหนักเบา ประหยัดเนื้อที่ในการขนส่งเก็บรักษา ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกระป๋อง ไม่เกิดสนิม อาหารมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าซึ่งเป็นผลจากเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อสั้นกว่าการผลิตอาหารกระป๋อง พิมพ์ฉลากได้

สวยงาม ทันสมัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋องเพราะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากสารโลหะหนัก (ดารณี, 2554) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อทดแทนบรรจุภัณฑ์แบบกระป๋อง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเห็นประโยชน์ของการนำสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลมาใช้ในอุตสาหกรรมผลไม้ในน้ำเชื่อม นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน โดยเลือกผลไม้สองชนิด คือ สับปะรด และเงาะ นำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบรีทอร์ทเพาช์ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค ตลอดจนแก้ปัญหาราคาวัตถุดิบในภาวะที่มีการปรับตัวสูงขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ผลไม้ ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย และเงาะโรงเรียนหรือพันธุ์นาสาร
2. น้ำตาลทราย ยี่ห้อ มิตรผล
3. สตีวิโอไซด์ รีบาวดิโอไซด์ เอ ยี่ห้อ เพียวเซอเคิล ประเทศมาเลเซีย
4. ซูคราโลส
5. กรดซิตริก
6. แคลเซียมคลอไรด์ ยี่ห้อ Ajax ประเทศออสเตรเลีย
7. สารละลายคลอรีนเข้มข้น 10%
8. กระดาษวัดค่าไนเตรท/ไนไตรท์ (NO_2 strip) ยี่ห้อ MQuant ประเทศเยอรมนี
9. เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน
10. เครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ
11. บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว
12. เครื่องวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b*
13. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
14. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Refractometer)

วิธีการ

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 แตะที่เนื้อ

กรมวิชาการเกษตร

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

2. การเตรียมน้ำเชื่อม

2.1 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม

เตรียมน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เริ่มจากต้มน้ำสะอาดให้เดือด เติมน้ำตาลทรายร้อยละ 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 เติมน้ำเชื่อมผสมน้ำสับปะรดคั้นสดขณะร้อนลงในรีทอร์ทเพาช์ร้อยละ 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 ซ้ำคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ 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 จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การ

พ่นน้ำร้อน (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

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 Table1 บรรจุเนื้อผลไม้ลงในรีทอร์ทเพาช์ร้อยละ 60 ของน้ำหนักสุทธิ เติมน้ำเชื่อมที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกอัตโนมัติ จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Water spray retort) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 26 นาที และทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็นจัด และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 14 วัน

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

กรมวิชาการเกษตร

Table 1 Experimental plan of syrup preparation with alternative sweeteners.

Treatment	% 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

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

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

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2560 – กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมเนื้อผลไม้

1.1 การเตรียมเนื้อสับปะรด

ค่าคุณภาพของเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (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

1.2 การเตรียมเนื้อเงาะ

ค่าคุณภาพของเนื้อเงาะโรงเรียนหรือพันธุ์นาสาร พบว่า ร้อยละผลผลิตของเนื้อเงาะ เท่ากับ 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

2. การเตรียมน้ำเชื่อม

2.1 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อม

ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำสับปะรดคั้นสดต่อน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก 4 ระดับ ได้แก่ 1:9 2:8 3:7 และ4:6 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า น้ำเชื่อมสับปะรดทั้ง 4 สิ่งทดลองและสูตรทางการค้า มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.95-3.12 ซึ่งต่ำกว่า 4.6 จัดเป็นอาหารปรับกรดที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549) เมื่อวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วน 1:9 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด (26.00) ขณะที่อัตราส่วน 4:6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำที่สุด (23.00) แสดงดัง Table2 นำสับปะรดในน้ำเชื่อมทั้ง 4 สิ่งทดลองไปทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า Table3 พบว่า คะแนนความชอบโดยรวม และกลิ่นสับปะรด ของตัวอย่างทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่คุณลักษณะด้านสีเหลืองของเนื้อสับปะรด ขนาดชิ้นเนื้อสับปะรด และรสหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรทางการค้ามีคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีเหลืองของเนื้อสับปะรด และขนาดชิ้นเนื้อสับปะรดมากที่สุด ด้านความชอบที่มีต่อรสหวาน พบว่า ผู้ทดสอบชอบสับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรทางการค้า และสูตรอัตราส่วน 2:8 มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรอัตราส่วน 2:8 สำหรับนำไปศึกษาทดแทนสารให้ความหวานต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Chemical properties of pineapple syrups prepared with pineapple juice and sucrose syrup combination.

Parameters	Commercial Product	Ratio of pineapple juice and sucrose syrup30%(w/w) 1 : 9	2 : 8	3 : 7	4 : 6
pH	3.10a	2.95a	3.07a	3.06a	3.12a
Total soluble solids	24.95a	26.00a	25.20a	24.60ab	23.00b

a-b: within each row, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

Table 3 Attribute liking of pineapple in four different syrup formulations compared to a commercial product.

Attributes	Liking scores				
	Commercial product	Ratio 1:9	2:8	3:7	4:6
Overall liking	7.40a	6.75a	6.80a	6.70a	6.70a
Yellowness	7.70a	6.47b	6.55b	6.57b	6.45b
Size of pineapple	7.40a	6.05b	6.00b	5.90b	5.85b
Pineapple flavour	7.15a	6.70a	6.68a	6.53a	6.55a
Sweetness	6.90a	6.05b	7.01a	6.14b	6.00b

a-b: within each row, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

ศรีปทุมการเกษตร

2.2 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับการผลิตเงาะในน้ำเชื่อม

ผลการศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1 และ0.2 เปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเชื่อมทั้งสามตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำเชื่อมที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีค่าสูงกว่าสูตรทางการค้าและน้ำเชื่อมที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 (3.80, 3.62 และ3.55 ตามลำดับ) เมื่อวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด น้ำเชื่อมทั้งสามตัวอย่างมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 34.0-33.60 องศาบริกซ์ แสดงดัง Table4 นำเงาะในน้ำเชื่อมทั้ง 2 สิ่งทดลองไปทดสอบความชอบเปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเงาะในน้ำเชื่อมทั้ง 3 ตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยให้คะแนนสูตรทางการค้ามากที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างเติมกรดซิตริกร้อยละ 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ (7.70, 6.31 และ6.85 ตามลำดับ) เมื่อประเมินความชอบด้านสีขาวของเนื้อเงาะ พบว่า ผู้ทดสอบชอบสีขาวของเนื้อเงาะทั้ง 3 ตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านความชอบที่มีต่อขนาดชิ้นเงาะ และกลิ่นโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรทางการค้ามากที่สุด (8.33 และ 7.65 ตามลำดับ) ขณะที่ตัวอย่างที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 และ0.2 ผู้ทดสอบชอบสองตัวอย่างนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านรสหวาน พบว่า ผู้ทดสอบชอบรสหวานของทั้งสามตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยชอบสูตรทางการค้ามากที่สุด และให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.74) รองลงมาคือ ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.2 โดยให้คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง 7.02 และร้อยละ 0.1 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.33) แสดงดัง Table5 ดังนั้นคัดเลือกสูตรเงาะในน้ำเชื่อมที่เติมปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.2 มาเป็นสูตรสำหรับนำไปทดแทนสารให้ความหวานต่อไป

Table 4 Chemical properties of rambutan syrups with different amount of citric acid.

Properties	Commercial product	Amount of citric acid	
		0.1%	0.2%
pH	3.62b	3.80a	3.55b
Total soluble solids	33.60a	34.10a	34.00a

a-b: within each row, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

Table 5 Attribute liking of rambutan in different syrup formulations compared to a commercial product.

Attributes	Liking scores		
	Commercial product	Amount of citric acid	
		0.1%	0.2%
Overall liking	7.70a	6.31c	6.85b
Whiteness	7.60a	7.50a	7.55a
Size of rambutan	8.33a	7.15b	7.01b
Overall flavour	7.65a	6.47b	6.53b
Sweetness	7.74a	6.33b	7.02c

a-c: within each row, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

3. การศึกษาชนิด และปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานเพื่อทดแทนน้ำตาลในน้ำเชื่อม

3.1 ผลิตภัณฑ์สับปะรด

ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี Table6 พบว่า ค่าสีของสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตร และสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ระหว่าง 38.75-38.02 ค่าความ

กรมวิชาการเกษตร

เป็นสีเขียว-แดง (a*) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.58-1.24 ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.14-2.68 ทั้งนี้ค่าสีที่แตกต่างกันของแต่ละสิ่งทดลองเป็นไปอย่างไม่มีทิศทางที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของการใช้ชนิด และปริมาณของสารให้ความหวานที่แตกต่างกันได้ แต่ค่าสีที่แตกต่างกันอาจเกิดจากตัวอย่างสับปะรดที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมมีสีแตกต่างกันในแต่ละลูกจึงส่งผลให้ค่าสีของเนื้อสับปะรดแตกต่างกันในแต่ละสิ่งทดลอง วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าชนิด และปริมาณของสารให้ความหวานไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสิ่งทดลอง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 3.96-4.06 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยในการบริโภคสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายทั้งสตีวิโอไซด์ และซูคราโลสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สิ่งทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง โดยสูตรควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 20.60 ขณะที่สิ่งทดลองที่ใช้สตีวิโอไซด์ระดับร้อยละ 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

Table 6 Physical and chemical properties of pineapple in syrup prepared with three different sweetener levels.

Sweeteners	Treatment	% Sucrose replacement	Color			pH	TSS (^{O}Brix)
			L*	a*	b*		
Sucrose	(Control)	0	38.46abc	1.36b	2.19d	4.06a	20.60a
Stevioside	1	25	38.11bcd	1.56a	2.55b	3.96a	17.30b
	2	50	38.75a	1.24b	2.19d	4.05a	12.67d
	3	75	38.02d	1.30b	2.21d	4.02a	8.77e
	4	100	38.56ab	1.40a	2.30c	4.06a	4.70f
Sucralose	5	25	38.03abcd	1.53a	2.14d	4.05a	16.50c
	6	50	38.35abcd	1.25b	2.68a	4.03a	12.43d
	7	75	38.07cd	1.31b	2.56b	4.04a	8.87e
	8	100	38.29bcd	1.58a	2.22d	3.96a	4.97f

a-f: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

กรมวิชาการเกษตร

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส Table7 พบว่า เมื่อประเมินความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากที่สุด รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 5 คือ (ซูคราโลสร้อยละ 25) และสิ่งทดลองที่ 1 (สตีวิโอด์ร้อยละ 25) ขณะที่การใช้สตีวิโอไซด์ และซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ100 (สิ่งทดลองที่ 2,3,4,6,7และ8) จะส่งผลให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง แสดงว่าการเพิ่มปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจะส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบ เมื่อประเมินการยอมรับ พบว่า ผู้ทดสอบร้อยละ90.63 ยอมรับสูตรควบคุม รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 7, 1 และ6 โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับคิดเป็นร้อยละ 87.10, 84.38 และ83.87 ตามลำดับ ทั้งนี้ลำดับคะแนนความชอบของตัวอย่างและการยอมรับมีความแตกต่างกันเนื่องจากผู้บริโภคจะสามารถยอมรับตัวอย่างที่ผู้บริโภครู้สึกว่าพอรับได้ แม้ว่าจะไม่ได้ชอบมากก็ตาม ส่งผลให้ตัวอย่างที่แม้ว่าจะได้คะแนนความชอบน้อยกว่าก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ ขณะที่สิ่งทดลองที่ 4 และ 8 (ทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 100) ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 34.38 และ65.63 ตามลำดับ เหตุผลเพราะสิ่งทดลองดังกล่าวมีรสหวานตกค้างมากเกินไป นำข้อมูลวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้เทคนิคการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cluster analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อจัดกลุ่มสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 และ5 เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และใกล้เคียงกับสูตรควบคุม แต่เนื่องจากสิ่งทดลองทั้งสองมีการทดแทนสารให้ความหวานอยู่ในระดับร้อยละ 25 ซึ่งเป็นระดับการทดแทนที่น้อย จึงทำการพิจารณาคัดเลือกในกลุ่มที่ผู้ทดสอบให้ความชอบถัดมา และสามารถทดแทนระดับสารให้ความหวานได้มากที่สุดโดยผู้ทดสอบให้ความชอบไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองอื่น นั่นคือ สิ่งทดลองที่ 7 คือ สูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 Figure1

นำสิ่งทดลองที่ 7 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม 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 สูตรการผลิตสับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานที่เหมาะสม ประกอบด้วย สับปะรดร้อยละ 60 น้ำสับปะรดร้อยละ 8 น้ำตาลทรายร้อยละ 2.4 ซูคราโลสร้อยละ 0.012 กรดซิตริกร้อยละ 0.1 น้ำเปล่าร้อยละ 29.48 รีทอร์ทเพาช์มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 4.983 บาท ต่อ 100 กรัม

กรมวิชาการเกษตร

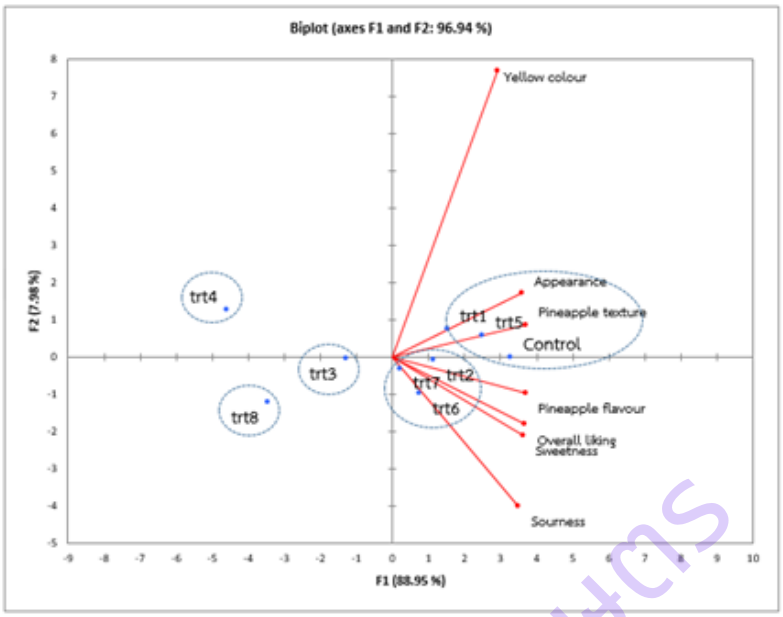

Figure 1 Principle component analysis (PCA) on sensory evaluation of pineapple in syrup with different sweetener levels.

กรมวิชาการเกษตร

Table 7 Attribute liking of pineapple in syrup prepared with different sweetener levels.

Sweeteners	Treatment	% Sucrose replacement	Overall liking	Appearances	Yellowness	Pineapple flavour	Softness	Sweetness	Sourness	Accept	Not accept
Sucrose	(Control)	0	7.00a	6.91a	6.75a	6.72a	7.22a	6.81a	6.09a	90.63	9.38
Stevioside	1	25	6.22abc	6.66a	6.78a	6.35abc	6.72ab	6.13a	5.66ab	84.38	15.63
	2	50	6.25abc	6.29a	6.59a	6.34abc	6.28bc	6.31a	5.91ab	75.00	25.00
	3	75	5.72cd	6.22a	6.13ab	5.63cde	5.75cd	5.06b	5.44ab	74.19	25.81
	4	100	4.31e	5.41b	6.19ab	5.00f	5.00d	4.25b	4.41c	34.38	67.74
Sucralose	5	25	6.75ab	6.66a	6.91a	6.59ab	6.88ab	6.63a	5.81ab	77.42	22.58
	6	50	6.13bc	6.35a	6.10ab	6.42ab	6.26bc	6.16a	5.94ab	83.87	16.13
	7	75	6.06bc	6.44a	6.24ab	5.94bcd	6.15bc	6.06a	5.64ab	87.10	12.90
	8	100	5.19d	5.28b	5.47b	5.34ef	5.28d	5.13b	5.06bc	65.63	34.38

a-d:within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ผลิตภัณฑ์เงาะ

ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี Table8 พบว่า ค่าสีของสิ่งทดลองทั้ง 8 สูตรและสูตรควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ระหว่าง 39.00-43.15 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 1.83-2.15 และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ -0.79- -0.21 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.50-4.59 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยในการบริโภคสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า 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

Table 8 Physical and chemical properties of rambutan in syrup prepared with three different sweetener levels.

Sweeteners	Treatment	% Sucrose replacement	Color			pH	TSS (^{O}Brix)
			L*	a*	b*		
Sucrose	(Control)	0	39.00a	2.15a	-0.79c	4.54a	22.27a
Stevioside	1	25	41.26a	1.98a	-0.42b	4.56a	19.37ab
	2	50	41.85a	1.90a	-0.21a	4.54a	15.27c
	3	75	42.28a	1.85a	-0.23a	4.56a	11.10d
	4	100	43.15a	1.83a	-0.24a	4.59a	6.87e
Sucralose	5	25	40.46a	2.09a	-0.59b	4.50a	18.80b
	6	50	40.54a	2.02a	-0.56b	4.54a	15.43c
	7	75	41.94a	1.91a	-0.24a	4.55a	10.60d
	8	100	40.77a	1.97a	-0.79c	4.56a	7.06e

a-e: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส Table9 พบว่า เมื่อประเมินความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากที่สุด รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 5 (ซูคราโลสร้อยละ 25) ขณะที่การใช้สตีวิโอไซด์ที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ100 (สิ่งทดลองที่ 1,2,3 และ4) และซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ100 (สิ่งทดลองที่ 6,7และ8) จะส่งผลให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อประเมินการยอมรับ พบว่า สิ่งทดลองที่ 5 ได้รับการยอมรับมาก

กรมวิชาการเกษตร

ที่สุด โดยผู้ทดสอบร้อยละ 78.13 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 1 และสูตรควบคุม (คิดเป็นร้อยละ 75.00 และ71.88 ตามลำดับ) สิ่งทดลองที่ 8 และสิ่งทดลองที่ 4 (ทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 100) ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.63 และ18.75 ตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างมีรสขมติดคอ และจืดเกินไป นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้เทคนิคการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูล (Cluster analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อจัดกลุ่มสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พบว่า สิ่งทดลองที่ 5 (ซูคราโลสร้อยละ 25) เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด และใกล้เคียงกับสูตรควบคุม แม้ว่าจะสามารถทดแทนด้วยซูคราโลสได้ในระดับร้อยละ 25 แต่สิ่งทดลองในกลุ่มอื่นได้ระดับคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะน้อยกว่าสูตรควบคุม และสิ่งทดลองที่ 5 มาก ทำให้ไม่สามารถคัดเลือกสิ่งทดลองในกลุ่มอื่นได้ นั่นคือ ผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานจะสามารถใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายได้เพียงร้อยละ 25 เท่านั้น Figure2

นำสิ่งทดลองที่ 5 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม 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

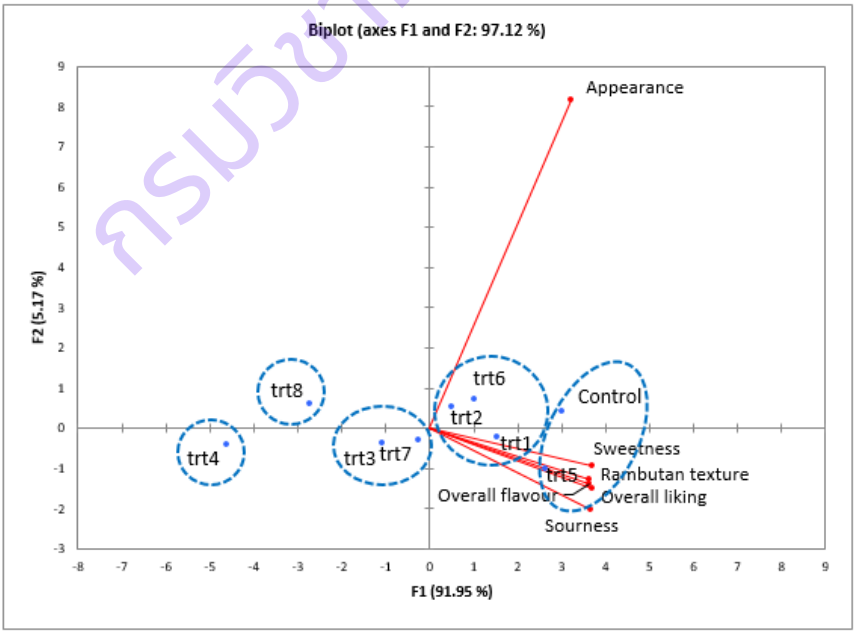

Figure 2 Principle component analysis (PCA) on sensory evaluation of rambutan in syrup with different sweetner levels.

กรมวิชาการเกษตร

ดังนั้น สูตรการผลิตเงาะน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานที่เหมาะสม ประกอบด้วย เนื้อเงาะร้อยละ 60 น้ำตาลทรายร้อยละ 11.61 ซูคราโลสร้อยละ 0.006 กรดซิตริกร้อยละ 0.14 น้ำเปล่าร้อยละ 28.244 รีทอร์ทเพาช์ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 5.788 บาท ต่อ 100 กรัม

กรมวิชาการเกษตร

Table 9 Attribute liking of rambutan in syrup prepared with different sweetener levels.

Sweeteners	Treatment	% Sucrose replacement	Overall liking	Appearances	Whiteness	Overall flavour	Softness	Sweetness	Sourness	Accept	Not accept
Sucrose	(Control)	0	6.00a	6.41a	6.78a	5.56a	6.53a	5.69ab	4.94a	71.88	28.13
Stevioside	1	25	5.34ab	5.94a	6.59a	4.69ab	6.41ab	5.44ab	4.97a	75.00	25.00
	2	50	4.94bc	6.06a	6.50a	4.75ab	6.00abc	5.09abc	4.34abc	68.75	31.25
	3	75	4.72bc	5.47ab	6.16a	4.38b	5.38cd	4.69bc	4.22abc	65.63	53.13
	4	100	3.38d	4.91b	6.31a	3.34c	4.69d	3.44d	3.50c	18.75	81.25
Sucralose	5	25	6.00a	5.78ab	6.69a	5.50a	6.44ab	5.97a	5.03a	78.13	21.88
	6	50	5.06abc	6.22a	6.56a	4.63ab	5.94abc	5.38ab	4.66ab	65.63	34.38
	7	75	4.97bc	5.63ab	6.44a	4.56ab	5.63bc	4.94bc	4.38abc	50.00	50.00
	8	100	4.19cd	5.59ab	6.78a	3.81bc	4.69d	4.13cd	3.75bc	40.63	59.38

a-d: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

กรมวิชาการเกษตร

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพสับปะรดและเงาะสูตรลดพลังงานเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน และศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ และส่วนประกอบสารอาหารสูตรลดพลังงานอายุการเก็บรักษา 8 เดือน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

4.1 สับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน Table10 ค่าสีเนื้อสับปะรดสูตรลดพลังงานมีความสว่าง และค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่าความสว่าง (L*) ของสูตรลดพลังงาน (33.52±0.35) มากกว่าสูตรควบคุม (27.74±0.11) ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) สูตรลดพลังงาน (2.10±0.26) น้อยกว่าสูตรควบคุม (3.26±0.04) วัดค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) พบว่า สิ่งทดลองทั้งสองสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.97-2.42 โดยเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อสับปะรดในเดือนที่ 8 ซึ่งสีของสูตรควบคุมเข้มมากกว่าสูตรลดพลังงาน เนื่องจากสูตรควบคุมมีการใช้น้ำตาลทรายซึ่งเมื่อโดนความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลได้ ขณะที่สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานจะไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว (Al-Dabbas, Maher M. และ Al-Qudsi, Jamil M, 2012) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของสิ่งทดลองทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.06-4.11 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยสูตรลดพลังงานมีค่าระหว่าง 8.10-8.40 ขณะที่สูตรควบคุมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดลดลง โดยเดือนที่ 0 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดเท่ากับ 20.10 เมื่อเก็บรักษาไว้ 10 เดือน มีค่าเท่ากับ 20.73

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส Table11 พบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 เดือน ผู้ทดสอบชอบตัวอย่างทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม (5.96-6.07) ลักษณะปรากฏ (6.03-6.28) กลิ่นสับปะรด (5.54-6.48) ความนิ่มของเนื้อสับปะรด (6.11-6.25) และรสเปรี้ยว (5.41-5.97) ขณะที่คุณลักษณะด้านสีเหลืองของสับปะรด และรสหวานของสับปะรดสูตรควบคุมมีความแตกต่างจากสูตรลดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคุณลักษณะด้านสีเหลืองของสับปะรดผู้ทดสอบชอบสูตรลดพลังงาน (6.48) มากกว่าสูตรควบคุม (5.54) ตามลำดับ ด้านรสหวานผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมมากกว่าสูตรลดพลังงาน (6.63 และ6.19 ตามลำดับ)

ตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์เดือนที่ 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 Table12 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีพลังงานลดลงเล็กน้อย โดยมีพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 43.60 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 10 มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 9.43 โดย

กรมวิชาการเกษตร

แบ่งเป็น น้ำตาลกลูโคส ร้อยละ 4.22 น้ำตาลฟรุกโตส ร้อยละ 4.34 น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 0.87 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและแร่ธาตุโดยคิดเป็น ร้อยละ 0.72 0.08 0.57 และ0.17 ตามลำดับ

Table10 Physical and chemical properties of pineapple in heavy and low calorie syrup during storage for 10 months.

Storage time (months)	Treatment	Color			pH	TSS (°Brix)
		L*	a*	b*		
0	Control	38.33±0.72a	1.95±0.33a	2.33±0.11a	4.05±0.02a	20.10±0.27a
	Low calorie	38.29±0.54a	1.87±0.21a	2.42±0.14a	4.06±0.04a	8.40±0.37b
2	Control	38.29±0.66a	1.93±0.15a	2.36±0.09a	4.05±0.03a	20.20±0.61a
	Low calorie	38.27±0.84a	1.89±0.92a	2.37±0.26a	4.06±0.06a	8.30±0.47b
4	Control	37.34±0.35a	1.93±0.67a	2.26±0.06a	3.99±0.03a	20.50±0.53a
	Low calorie	37.65±0.41a	1.73±0.73a	2.35±0.13a	3.98±0.05a	8.20±0.19b
6	Control	35.37±0.32a	2.31±0.68a	2.02±0.12a	3.87±0.04a	20.10±0.26a
	Low calorie	34.61±0.68a	1.98±0.44a	2.24±0.35a	3.82±0.02a	8.10±0.34b
8	Control	30.39±0.78b	2.78±0.53a	1.97±0.94a	3.94±0.07a	20.76±0.39a
	Low calorie	34.70±0.35a	2.06±0.62b	2.01±0.82a	3.98±0.06a	8.30±0.24b
10	Control	27.74±0.11b	3.26±0.04a	2.05±0.08a	4.06±0.03a	20.73±0.67a
	Low calorie	33.52±0.35a	2.10±0.26b	2.14±0.18a	4.11±0.02a	8.27±0.12b

a-b: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

กรมวิทยาศาสตร์

Table 11 Attribute liking of pineapple in in heavy and low calorie syrup during storage for 10 months.

Storage time (months)	Treatment	Overall liking	Appearance	Yellowness	Pineapple flavour	Softness	Sweetness	Sourness
0	Control	7.00a	6.91a	6.75a	6.72a	7.22a	6.81a	6.09a
	Low calorie	6.02b	6.66b	6.58b	6.01b	6.15b	6.13b	5.91a
2	Control	7.12a	6.90a	6.78a	6.75a	7.12a	6.83a	6.06a
	Low calorie	6.05b	6.60b	6.59b	6.04b	6.18b	6.11b	5.90a
4	Control	7.10a	6.84a	6.76a	6.70a	7.20a	6.80a	6.11a
	Low calorie	6.00b	6.68b	6.50b	6.10b	6.09b	6.15b	5.97a
6	Control	6.67a	6.60a	6.43a	6.66a	6.76a	6.67a	6.13a
	Low calorie	6.43a	6.33b	6.43a	6.26b	6.36b	6.10b	5.73a
8	Control	6.37a	6.42a	6.07b	6.58a	6.44a	6.70a	6.09a
	Low calorie	6.21a	6.33a	6.55a	6.19b	6.28a	6.37b	5.59b
10	Control	5.96a	6.03a	5.54b	6.14a	6.25a	6.63a	5.97a
	Low calorie	6.07a	6.28a	6.48a	6.00a	6.11a	6.19b	5.41a

a-b: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

Table 12 Composition of nutrient of pineapple in low calorie syrup (per 100 g) during storage for 8 months.

Nutritional composition	Storage time (months)	
	0	8
Calories (Kcal)	48.28	43.60
Calories from Fat (Kcal)	0.00	0.72
Carbohydrate (g)	11.57	10.00
Total sugar (g)	10.96	9.43
Glucose	4.15	4.22
Fructose	4.13	4.34
Sucrose	0.92	0.87
Protein (g)	0.19	0.72
Fat (g)	<0.01	<0.08
Dietary Fiber (g)	0.10	0.57
Ash (g)	0.20	0.17

กรมวิชาการเกษตร

4.2 เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน Table13 สิ่งทดลองทั้งสองสูตรมีความสว่าง และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยทั้งสองสูตรมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ระหว่าง 31.29-31.69 ค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) อยู่ระหว่าง -1.53 - -0.45 ขณะที่ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) ของทั้งสองสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรลดพลังงานมีค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a* เท่ากับ 2.25) น้อยกว่าสูตรควบคุม (a* เท่ากับ 2.85) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของสิ่งทดลองสูตรควบคุม และสูตรลดพลังงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยสูตรควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.19 สูตรลดพลังงาน มีค่าเท่ากับ 4.27 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับอาหารปรับกรด วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน ทั้งสองสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเดือนที่ 0 โดยสูตรลดพลังงานมีค่าระหว่าง 20.10-21.20 ขณะที่สูตรควบคุมมีค่าระหว่าง 33.19-34.57

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส Table14 พบว่า เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 เดือน ผู้ทดสอบชอบสูตรลดพลังงานแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชอบสูตรลดพลังงานมากกว่าสูตรควบคุมในทุกคุณลักษณะได้แก่ ความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สีขาวของเงาะ กลิ่นรสโดยรวม ความนิ่มของเนื้อเงาะ รสหวาน และรสเปรี้ยว (6.57, 6.02, 5.51, 6.70, 6.85, 6.53 และ6.14 ตามลำดับ)

ตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์เดือนที่ 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.*

ศึกษาส่วนประกอบสารอาหารเดือนที่ 8 Table15 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

Table 13 Physical and chemical properties of rambutan in heavy and low calorie syrup during storage for 10 months.

กรมวิชาการเกษตร

Storage time (months)	Treatment	Color			pH	TSS (°Brix)
		L*	a*	b*		
0	Control	40.12±0.65a	2.21±0.05a	-3.30±0.19a	4.51±0.05a	34.00±0.37a
	Low calorie	40.53±0.49a	2.15±0.16a	-3.36±0.26a	4.50±0.03a	21.17±0.14b
2	Control	39.81±0.63a	2.14±0.13a	-3.50±0.11b	4.48±0.08a	33.19±0.32a
	Low calorie	38.34±0.75a	2.27±0.24a	-2.35±0.33a	4.50±0.09a	20.21±0.19b
4	Control	33.91±0.81b	2.96±0.17a	-3.53±0.32b	4.57±0.03a	34.03±0.35a
	Low calorie	37.08±0.51a	3.04±0.19a	-2.17±0.30a	4.50±0.02a	21.20±0.20b
6	Control	32.11±0.40b	4.03±0.08a	-3.56±0.28b	4.05±0.06a	33.90±0.44a
	Low calorie	36.46±0.72a	3.36±0.06b	-2.57±0.54a	4.33±0.04a	21.10±0.32b
8	Control	31.84±0.51b	2.46±0.26a	-2.70±0.12b	3.89±0.11a	34.30±0.35a
	Low calorie	36.93±0.78a	1.97±0.12b	-1.26±0.18a	4.10±0.02a	20.60±0.10b
10	Control	31.69±0.84a	2.85±0.21a	-0.45±0.29a	4.19±0.06a	34.57±0.35a
	Low calorie	31.29±0.40a	2.25±0.06b	-1.53±0.36a	4.27±0.05a	20.10±0.17b

a-b: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

Table 14 Attribute liking of rambutan in in heavy and low calorie syrup during storage for 10 months.

Storage time (months)	Treatment	Overall liking	Appearance	Whiteness	Overall flavour	Softness	Sweetness	Sourness
0	Control	6.01a	6.45a	6.75a	5.65a	6.49a	6.81a	5.02a
	Low calorie	6.02a	6.30a	6.58b	5.57a	6.44a	6.13b	5.01a
2	Control	6.05a	6.37a	6.78a	5.35a	6.32a	6.83a	5.06a
	Low calorie	6.07a	6.28b	6.59b	5.34a	6.28a	6.11b	5.08a
4	Control	6.00a	6.40a	6.06b	5.30a	6.25a	6.80a	5.17a
	Low calorie	6.92a	6.63a	6.50a	5.50a	6.29a	6.15b	5.13a
6	Control	5.27b	5.07b	4.20b	5.60b	5.90b	5.77b	5.10b
	Low calorie	7.03a	7.27a	6.93a	6.80a	7.07a	6.87a	6.10a
8	Control	5.00b	5.33b	4.20b	5.63b	5.22b	5.63b	5.12b
	Low calorie	6.94a	6.89a	6.76a	6.94a	7.17a	6.77a	6.34a
10	Control	5.10b	5.08b	4.00b	5.22b	5.10b	5.71b	5.00b
	Low calorie	6.57a	6.02a	5.51a	6.70a	6.85a	6.53a	6.14a

a-b:within each column, means not followed by the same letters are significantly different at p≤0.05.

Table15 Composition of nutrient of rambutan in low calorie syrup (per 100 g) during storage for 8 months.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Nutritional composition	Storage time (months)	
	0	8
Calories (Kcal)	79.41	80.74
Calories from Fat (Kcal)	0.81	1.62
Carbohydrate (g)	18.95	20.94
Total sugar (g)	18.31	19.16
Glucose	8.71	8.63
Fructose	8.63	8.76
Sucrose	1.84	1.77
Protein (g)	0.70	0.59
Fat (g)	0.09	0.18
Dietary Fiber (g)	0.10	0.46
Ash (g)	0.20	0.18

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. ผลิตภัณฑ์สับปะรดในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 75 สูตรการผลิตที่เหมาะสม 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 มีต้นทุนการผลิตรวมบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 4.983 บาท ต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา

2. ผลิตภัณฑ์เงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสร้อยละ 25 สูตรการผลิตที่เหมาะสม 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 มีต้นทุนการผลิตรวมบรรจุภัณฑ์ เท่ากับ 5.788 บาท ต่อ 100 กรัม สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 เดือน โดยที่ความชอบของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากตัวอย่างก่อนเก็บรักษา

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กรมวิชาการเกษตร

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสับปะรดและเงาะในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงานสู่กลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจผลไม้แปรรูป กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดและเงาะโดยจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการผลิตผลไม้ในน้ำเชื่อมสูตรลดพลังงาน

11. เอกสารอ้างอิง

กนกกาญจน์ ปานจันทร์. ม.ป.ป. สารให้ความหวานแทนน้ำตาล. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.dss.go.th. (20 มีนาคม 2559)

กิตติ สระแก้ว. 2561. สับปะรดโรงงาน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.agriman.doae.go.th. (24 มีนาคม 2562)

ณัฐดนัย เนียมทอง. 2560. น้ำตาลเทียมอันตรายจริงหรือ. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.scimath.org (10 ธันวาคม 2561)

ดารณี หมู่ขจรพันธ์. 2554. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทสำหรับกลุ่มแม่บ้านโดยประยุกต์ใช้บรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัวแทนกระป๋อง. สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา กระทรวงสาธารณสุข. น.24-25

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

โพสทูเดย์. 2563. สินค้าใหม่สูตรน้ำตาลน้อยลง 50% เพื่อตอบรับเทรนผู้บริโภคยุคใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.posttoday.com/pr/618723. (2 มกราคม 2564)

ศรีวรรณ ทองแพง. 2559. น้ำตาลและสารให้ความหวาน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล : www.si.mahidol.ac.th. (30 พฤศจิกายน 2559)

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.

กรมวิชาการเกษตร