

การพัฒนากระบวนการผลิตไซรัปจากลองกอง Development of Longkong Syrup Processing

ธิดารัตน์ จูทอง^{1*} รสวันต์ อินทรศิริสวัสดิ์¹ และรุตาดา เทพประดิษฐ์¹

Thidarat Juthong^{1*} Rossawan Intarasirisawat¹ and Rutrada Theppradit¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตไซรัปลองกองซึ่งเป็นไซรัปที่ให้ความหวานตามธรรมชาติที่มีความหวานและกลิ่นรสเฉพาะของลองกอง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมผลลองกองด้วยเทคนิค sous-vide ต่อคุณภาพทางกายภาพ ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำลองกองต่อปริมาณผลผลิต และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรัปลองกองในระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่าการให้ความร้อนด้วยวิธี sous-vide ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สามารถยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและชุดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน จากนั้นศึกษาปริมาณเอนไซม์เพคตินเนส อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดน้ำลองกองที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตของน้ำลองกองที่สกัดได้ โดยทดลองหาอิทธิพลที่มีผลต่อการสกัดน้ำลองกองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken design) ที่มี 3 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส (X_1) อุณหภูมิในการสกัด (X_2) และระยะเวลาในการสกัด (X_3) พบว่าเอนไซม์เพคตินเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำลองกองเนื่องจากให้ผลผลิตน้ำลองกองสูงช่วงร้อยละ 89.5-91.0 จากนั้นนำน้ำลองกองไปทำการระเหยน้ำในระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 65 องศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix) แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรัปลองกองเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าไซรัปลองกองมีสีคล้ำขึ้น โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีทั้งหมด (ΔE) เป็น 92.54 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีของตัวอย่างเริ่มต้น นอกจากนี้ค่าความชื้นของไซรัปลองกองเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 29.72 เป็นร้อยละ 41.99 แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา

คำสำคัญ: ลองกอง ไซรัปลองกอง เพคตินเนส

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

* Corresponding author e-mail: thidarat@tsu.ac.th

Received: 17 November 2020, Revised: 11 April 2021, Accepted: 21 April 2021

Abstract

This research focused on the development of Longkong syrup processing. Longkong syrup can be used as a natural sweetener with unique Longkong sweet tastes and flavors. The objective of this research was 1) to study the effect of pretreatments using the Sous-vide technique on the resulting Longkong juice appearance, 2) to study the effect of pectinase concentrations, incubation temperatures and times on % yield of Longkong juice extraction and 3) to study the change of Longkong syrup during storage. The results revealed that using the Sous-vide technique at 90 °C for 15 min was appropriate for preparing Longkong juice to inhibit enzymatic browning reaction when compared to without heating and control samples. Then, an appropriate condition to extract Longkong juice was analyzed by using Box-Behnken design. The pectinase concentrations (X_1), incubation temperatures (X_2) and times (X_3) were used as factors to perform. The condition of 0.75% pectinase, incubation at 40 °C for 180 min was obtained with the highest yield of 89.5-91.0%. Subsequently, Longkong juice was evaporated by using a vacuum dryer at 50 °C till a total soluble solid of 65 °Brix. Longkong syrup was stored at room temperature for 45 days. The results showed that Longkong syrup was darker and the total color difference overall (ΔE) was 92.54 when compared to the color value of the initial Longkong syrup. Moreover, the moisture content of Longkong syrup increased from 29.72% to 41.99% but there was no change in pH, total microbial count and yeast and mold count.

Keywords: Longkong, Longkong syrup, Pectinase

บทนำ

ลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ภาคใต้ รองลงมาคือภาคตะวันออกและภาคเหนือ ตามลำดับ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกรวมทั้งหมด 260,330 ไร่ และมีปริมาณผลผลิตรวม 117,046 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่จังหวัดจันทบุรี นครศรีธรรมราช ชุมพร ยะลาและนราธิวาส ผลผลิตส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 98 บริโภคภายในประเทศ อีกร้อยละ 2 ส่งออกจำหน่ายประเทศแถบอาเซียน สถิติปี พ.ศ. 2562 รายงานว่าประเทศไทยส่งออกผลผลิตลองกองสดไปจำหน่ายยังประเทศคู่ค้าสำคัญ คือ เวียดนาม สิงคโปร์ และกัมพูชา ปริมาณรวมทั้งสิ้น 1,408 ตัน มูลค่ารวม 31 ล้านบาท (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563)

ลองกองเป็นพืชอยู่ในวงศ์ *Mellaceae* จัดอยู่ในกลุ่ม non-climacteric fruit คือไม่สามารถนำมาบ่มให้สุกได้ จึงนิยมเก็บเกี่ยวภายหลังจากผลสุก เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้ว ผลลองกองสุกจะมีรสหวานอมเปรี้ยว มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 16-18 องศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) (Venkatachalam and Meenune, 2012) มีกรดอินทรีย์ ได้แก่ maleic acid citric acid malic acid และ glycolic acid เป็นองค์ประกอบ (Chairgulprasert *et al.*, 2006) ภายหลังการเก็บเกี่ยวคุณภาพของลองกองสดจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยหลังจากเก็บเกี่ยว 4-5 วัน เปลือกลองกองจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลเริ่มหลุดร่วงจากช่อ มีการสูญเสีย น้ำ เกิดกลิ่นรสผิดปกติและเน่าเสียได้ง่าย (Sangkasanya and Meenune, 2010) ทำให้ช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมเป็นช่วงที่มีผลผลิตลองกองออกสู่ตลาดมากที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) มีราคาจำหน่ายต่ำตามกลไกตลาด ผลลองกองที่มีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ต้องการจำนวนมากถูกคัดทิ้ง จากปัญหาข้างต้นจึงได้มีงานวิจัยมากมายศึกษาการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลลองกองสด (Venkatachalam and Meenune, 2012; วาสนา และคณะ, 2557) และศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลลองกองที่ไม่ผ่านมาตรฐานมีลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ต้องการโดยการนำไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น ผลิตภัณฑลองกองแช่อิ่มอบแห้ง น้ำลองกองพร้อมดื่ม แยมและเยลลี่ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2558) และลองกองแผ่นอบแห้ง (ธิดารัตน์ และคณะ, 2560) เป็นต้น

ไซรัปผลไม้ (fruit syrup) หรือน้ำเชื่อมผลไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยมีผลไม้เป็นส่วนประกอบ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 มีความข้นหนืดเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นรสผลไม้และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่น้อยกว่า 65 องศาบริกซ์ ตามมาตรฐานของสถาบันมาตรฐานศรีลังกา (Sri Lanka Standards Institution; SLS 730) (มะลิวัลย์, 2554) มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity: A_w) ต่ำ มีผลทำให้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียได้ ไซรัปผลไม้จึงเก็บรักษาไว้ได้นาน ปัจจุบันมีไซรัปทางการค้าแปรรูปจากผลไม้หลายชนิด เช่น ไซรัปเมเปิล ไซรัปอินทผลัม ไซรัปน้ำอ้อย นิยมนำไปเจือจางเป็นเครื่องดื่ม และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อาหารให้ความหวานและกลิ่นรสเฉพาะ (มะลิวัลย์, 2554; Alsenaien *et al.*, 2015) เมื่อพิจารณาสมบัติของลองกอง การนำไปแปรรูปเป็นไซรัปอาจเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาข้างต้นได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมผลลองกองด้วยเทคนิค sous-vide ต่อคุณภาพทางกายภาพ ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอสเอร์ร่วมกับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไซรัปลองกอง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรัปลองกองในระหว่างการเก็บรักษา โดยไซรัปลองกองที่เตรียมในการทดลองเป็นไซรัปที่ไม่มีการเติมน้ำตาลทรายหรือน้ำเชื่อม จึงเป็นสารให้ความหวานตามธรรมชาติทางเลือกหนึ่งที่มีความหวานและกลิ่นรสเฉพาะของลองกอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและการเก็บรักษา

ลองกองระยะบรีโคมแบบตัดสดเป็นช่อ ระยะสุก ผลสีเหลือง ไม่หลุดร่วง ชื้อจากอำเภอบำเพ็ญ จังหวัดพัทลุง คัดแยกผลลองกองที่ชำ เน่าเสียและเนื้อเยื่อฉีกขาดออก จากนั้นปอกเปลือก

ผลลองกองและนำผลลองกองบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาทดลองขึ้นต่อไป

2. ศึกษากระบวนการเตรียมน้ำลองกอง

การศึกษากระบวนการเตรียมน้ำลองกอง โดยแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม ซึ่งเป็นตัวอย่างลองกองที่ปอกเปลือก บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 2 ชุดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน โดยนำลองกองที่ปอกเปลือกแช่ในสารละลายคลอรีนที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 3 ชุดที่ลวกด้วยวิธี sous-vide โดยนำลองกองที่ปอกเปลือกแช่ในสารละลายคลอรีนที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เมื่อทำการทดลองจึงนำผลลองกองไปบรรจุแบบสุญญากาศ แล้วทำละลายน้ำแข็งโดยเปิดน้ำไหลผ่าน จนอุณหภูมิถึงกลางประมาณ 25 ± 2 องศาเซลเซียส แล้วนำไปลวกด้วยวิธี sous-vide ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

นำลองกองทั้ง 3 ชุดการทดลองมาบิบบิ้นโดยใช้ผ้าขาวบาง จะได้ส่วนของน้ำลองกองและเนื้อลองกอง นำไปวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ค่าการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์เพคตินเอสต่อผลผลิตของน้ำลองกอง

นำน้ำลองกองและเนื้อลองกองที่ผ่านการเตรียมโดยการลวกด้วยวิธี sous-vide ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที มาศึกษาปริมาณเอนไซม์เพคตินเอส (iKnowZyme Pectinase, บริษัท ริช ไบโอเทคโนโลยี จำกัด) อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดน้ำลองกองที่เหมาะสมที่ให้ผลผลิตสูงสุด โดยออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken design) ที่มี 3 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอส (X_1) อุณหภูมิในการสกัด (X_2) และระยะเวลาในการสกัด (X_3) โดยกำหนดรหัสของปัจจัย (coded variable) แทนค่าจริงของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง (real variable) แสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเอสไปให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์

4. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไซร้ปลองกอง

คัดเลือกสภาวะในการสกัดที่ทำให้ได้ผลผลิตของน้ำลองกองสูงสุดมาใช้ในการผลิตไซร้ปลองกอง แล้วนำน้ำลองกองที่ได้ไปประเหยน้ำด้วยวิธีระเหยแบบสุญญากาศโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ไซร้ปลองกองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 65-70 องศาบริกซ์ จากนั้นนำตัวอย่างไซร้ปลองกองที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้เครื่องวัดสี konica minolta (รุ่น CR-20 S/N2001295, สหรัฐอเมริกา) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid; TSS) โดยใช้เครื่อง hand refractometer

ตารางที่ 1 ชุดการทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำลองกอง วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken design ที่มี 3 ปัจจัย

ชุดการทดลอง	รหัสของปัจจัย (coded variables)			ค่าจริงของปัจจัย (real variables)		
	ความเข้มข้นเอนไซม์ (X_1)	อุณหภูมิ (X_2)	ระยะเวลา (X_3)	ความเข้มข้นเอนไซม์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิ (นาท)	ระยะเวลา (นาท)
1	-1	0	1	0.50	40	240
2	1	1	0	1.00	50	180
3	0	0	0	0.75	40	180
4	0	1	-1	0.75	50	120
5	0	-1	1	0.75	30	240
6	1	-1	0	1.00	30	180
7	0	-1	-1	0.75	30	120
8	0	0	0	0.75	40	180
9	0	1	1	0.75	50	240
10	0	0	0	0.75	40	180
11	1	0	-1	1.00	40	120
12	1	0	1	1.00	40	240
13	-1	-1	0	0.50	30	180
14	-1	1	0	0.50	50	180
15	0	0	0	0.75	40	180
16	-1	0	-1	0.50	40	120
17	0	0	0	0.75	40	180

5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรปลองกองในระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตไซรปลองกองจากสภาวะที่คัดเลือกไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยเก็บรักษาไซรปลองกอง ประมาณ 30 กรัม บรรจุในขวดแก้วมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 15 30 และ 45 วัน เพื่อวิเคราะห์สมบัติของไซรปลองกองดังนี้

5.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี ($L^* a^* b^*$) โดยรายงานเป็นค่าความแตกต่างของค่าสี (ΔE) (Tobolkova *et al.*, 2013) เมื่อเปรียบเทียบค่าสีกับวันที่ 0 โดยคำนวณได้ ดังนี้

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

เมื่อ $L^*_1 a^*_1$ และ b^*_1 เป็นค่าสีของตัวอย่างเริ่มต้น

$L^*_2 a^*_2$ และ b^*_2 เป็นค่าสีของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษา ณ เวลาใด ๆ

5.2 สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณความชื้น และปริมาณกรดทั้งหมด

5.3 สมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษากระบวนการเตรียมตัวอย่างน้ำลองกองและการเปลี่ยนแปลงของไซรปลองกองในระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการวางแผนการทดลองแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) แต่ละสิ่งทดลองทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับการทดลองแบบบล็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square: R^2) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ผลการวิจัย

1. การศึกษาวิธีการเตรียมน้ำลองกอง

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเตรียมผลลองกองโดยไม่ผ่านการล้างด้วยสารละลายคลอรีนและการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) การเตรียมผลลองกองโดยการล้างด้วยสารละลายคลอรีนแต่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดไม่ผ่านการให้ความร้อน) และการเตรียมผลลองกองโดยการล้างด้วยสารละลายคลอรีนแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเทคนิค sous-vide ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที (ชุดการลวกด้วยวิธี sous-vide) ต่อลักษณะปรากฏของเนื้อและน้ำลองกอง พบว่าเนื้อและน้ำลองกองที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีไม่ผ่านการให้ความร้อน มีสีน้ำตาลซึ่งเหมือนกับชุดควบคุมเมื่อวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่การเตรียมด้วยวิธีผ่านการลวกด้วยเทคนิค sous-vide จะได้น้ำลองกองที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าสีพบว่าชุดควบคุมกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีค่า L^* a^* b^* และค่าการส่องผ่านของแสงไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการลวกด้วยเทคนิค sous-vide จะมีค่า L^* และค่าการส่องผ่านของแสงสูงกว่า (ตารางที่ 2) แต่พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของชุดควบคุม (16 องศาบริกซ์) มีค่ามากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนและตัวอย่างที่ผ่านการลวกด้วยเทคนิค sous-vide (14 องศาบริกซ์) สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าช่วง 4.11-4.17 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่าสีและค่าการส่องผ่านของแสงของตัวอย่างน้ำลองกองที่เตรียมโดยวิธีแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ค่าสี			การส่องผ่าน ของแสง
	L*	a*	b*	
1. ชุดควบคุม	12.83±0.40 ^b	-1.15±0.34 ^a	10.65±1.90 ^a	1.02±0.07 ^b
2. ชุดไม่ผ่านการให้ความร้อน	13.42±0.17 ^{ab}	-1.06±0.37 ^a	10.92±2.05 ^a	1.16±0.04 ^b
3. ชุดการลวกด้วยวิธี sous-vide	13.87±0.05 ^a	-2.38±0.60 ^b	1.71±0.76 ^b	2.16±0.29 ^a

หมายเหตุ: - ตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างน้ำลองกองที่เตรียมโดยวิธีแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
1. ชุดควบคุม	16.0±0.0 ^a	4.17±0.00 ^a
2. ชุดไม่ผ่านการให้ความร้อน	14.0±0.0 ^b	4.11±0.00 ^a
3. ชุดการลวกด้วยวิธี sous-vide	14.0±0.0 ^b	4.16±0.00 ^a

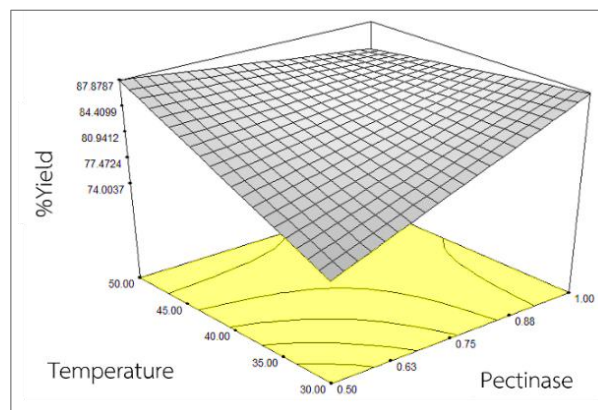
หมายเหตุ: - ตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

2. ศึกษาผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอส อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยเนื้อลองกองต่อผลผลิตของน้ำลองกอง

เมื่อนำลองกองที่ผ่านกระบวนการเตรียมด้วยวิธี sous-vide มาบดคั้นเอาส่วนเนื้อและน้ำมาศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นเอนไซม์เพคตินเอส อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ระดับต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ 3 8 10 15 และ 17 ซึ่งใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 40 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 180 นาที จะให้ผลผลิตน้ำลองกองช่วงร้อยละ 89.5-91.0 โดยปริมาตร (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นช่วงผลผลิตน้ำลองกองที่สูงกว่าการใช้ปัจจัยในการสกัดในชุดการทดลองอื่น ๆ และการเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็น 240 นาที ไม่มีผลให้ผลผลิตน้ำลองกองเพิ่มขึ้น และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการสกัดเท่ากันที่ 180 นาที พบว่าทั้งการลดและการเพิ่มอุณหภูมิจาก 40 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตน้ำลองกองลดลง แต่การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอสจากร้อยละ 0.50 เป็น 0.75 และ 1.00 มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตน้ำลองกองเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1) ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเอสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 40 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 180 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์เพคตินเอสในการเตรียมน้ำลองกองสำหรับการทำไซร้ปลองกองในขั้นต่อไป

ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อผลผลิตน้ำตาลองกองที่สกัดได้ เมื่อวางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken design

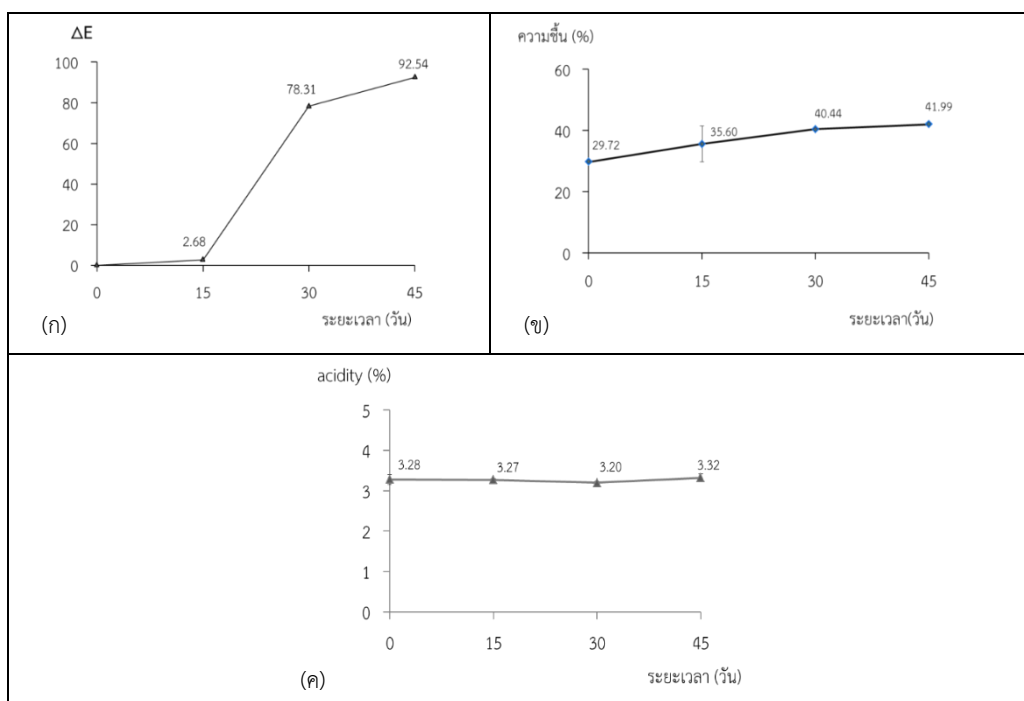
ชุดการทดลองที่	ปัจจัยที่ศึกษา			ผลผลิตน้ำตาลองกอง (ร้อยละโดยปริมาตร)
	ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส (X_1 : ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (X_2 : องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด (X_3 : นาที)	
1	0.50	40	240	85.0
2	1.00	50	180	85.0
3	0.75	40	180	91.0
4	0.75	50	120	74.5
5	0.75	30	240	76.0
6	1.00	30	180	79.0
7	0.75	30	120	76.0
8	0.75	40	180	90.0
9	0.75	50	240	86.0
10	0.75	40	180	89.5
11	1.00	40	120	73.0
12	1.00	40	240	87.0
13	0.50	30	180	82.0
14	0.50	50	180	80.0
15	0.75	40	180	89.5
16	0.50	40	120	85.0
17	0.75	40	180	90.0



ภาพที่ 1 ผลผลิตน้ำตาลองกองที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนสความเข้มข้นต่าง ๆ ร่วมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดที่แตกต่างกัน เมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัด 180 นาที

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรปลองกองในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำตัวอย่างน้ำลองกองที่เตรียมได้ไประเหยด้วยวิธีระเหยแบบสุญญากาศโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ไซรปลองกองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 65-70 องศาบริกซ์ จะได้ไซรปลองกองที่มีสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะใส มีความข้นหนืด มีรสหวานและกลิ่นรสเฉพาะของลองกอง เนื่องจากการระเหยน้ำหรือการทำให้เข้มข้นภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้อาหารสัมผัสกับความร้อนที่ไม่สูง น้ำจากอาหารสามารถระเหยได้เร็ว ดังนั้นจึงยังคงรักษากลิ่นรสและลักษณะปรากฏของตัวอย่างอาหารได้ดี (Potter and Hotchkiss, 1995) ในการเก็บรักษาไซรปลองกองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน โดยเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในวันที่ 0 15 30 และ 45 วัน พบว่าไซรปลองกองมีการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างรวดเร็ว จะเห็นว่าค่า ΔE ซึ่งคำนวณโดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* a^* และ b^* กับวันเริ่มต้น (วันที่ 0) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังการเก็บ 15 วันเป็นต้นไป ซึ่งมีค่า ΔE เป็น 78.31 และ 92.54 เมื่อเก็บรักษานาน 30 และ 45 วัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 (ก) ซึ่งจะพบว่าไซรปลองกองมีสีคล้ำ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้พบว่าค่าความชื้นของไซรปลองกองเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 29.72 เป็น 41.99 ดังภาพที่ 2 (ข) แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณกรดซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.2-3.3 ดังภาพที่ 2 (ค) ค่าความเป็นกรด-ด่างซึ่งมีค่าเป็น 4 และมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 3×10^2 โคโลนีต่อกรัมตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) (ก) ความชื้น (ข) และปริมาณกรด (ค) ของไซรปลองกองเมื่อเก็บการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองเพื่อศึกษาวิธีการเตรียมน้ำลอมกอนจะเห็นได้ว่าตัวอย่างลอมกอนในชุดควบคุม และชุดที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชหรือเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่น การปอกเปลือก การหั่น เป็นต้น ทำให้สารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศในสภาวะที่มีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase: PPO) ทำให้ได้เป็นสาร o-diphenol และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งสารนี้สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนต่อเนื่องกับสารประกอบฟีนอลหรือกรดอะมิโน ได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล (นิธิยา, 2545) การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งอาจเลือกให้เหมาะสมกับตัวอย่างอาหาร เช่น การใช้ความร้อนหรือสารเคมี ในการทำลายหรือยับยั้งเอนไซม์ การกำจัดออกซิเจน หรือการเปลี่ยนแปลงสัณฐานที่มีตามธรรมชาติ (นิธิยา, 2545) ดังนั้นจากการทดลองพบว่าการเตรียมน้ำลอมกอนด้วยวิธีผ่านการลวกด้วยเทคนิค sous-vide ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ สำหรับ sous-vide เป็นเทคนิคการให้ความร้อนโดยนำอาหาร มาบรรจุในถุงพลาสติกแบบปิดสนิทและบรรจุแบบสุญญากาศ แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิช่วง 65-95 องศาเซลเซียส (Zavadlav *et al.*, 2020) ระดับอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนอาจขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบและวัตถุประสงค์ของการให้ความร้อน สำหรับวัตถุดิบกลุ่มพืช ซึ่งอุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ และสารพฤกษเคมีต่าง ๆ ซึ่งละลายน้ำได้ดี อาจเกิดการสูญเสียได้ง่าย หากให้ความร้อนแบบดั้งเดิม เนื่องจากผนังเซลล์พืชถูกทำลายทำให้สารต่าง ๆ ไหลออกจากเซลล์ แต่เทคนิค sous-vide สามารถลดการสูญเสียได้ (Baldwin, 2012) จากการประยุกต์ใช้เทคนิค Sous-vide ในการลวกผักพบว่าสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันและลดการสูญเสียสารสำคัญที่ละลายน้ำได้ (Kuriakose *et al.*, 2016) ดังนั้นเทคนิค sous-vide จึงนำมาใช้ในการเตรียมน้ำลอมกอนก่อนบีบคั้นแยกน้ำ และเนื้อ ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่อาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ เพื่อป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์ที่รับลองกอนที่จะพัฒนาต่อไปมีสีน้ำตาลดำคล้ำจึงคัดเลือกวิธีการนี้ในการเตรียมน้ำลอมกอน

เมื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนส อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยเนื้อลอมกอนต่อผลผลิตของน้ำลอมกอนโดยมีสมมติฐานคือการใช้เอนไซม์เพคตินเนสสามารถสกัดน้ำลอมกอนได้ผลผลิตสูง เนื่องจากเอนไซม์เพคตินเนสสามารถย่อยสลายเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์พืช โดยทั่วไปผนังเซลล์ของผลไม้ประกอบด้วยเซลลูโลส เพคติน และเฮมิเซลลูโลส (Kumar, 2015) ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพื่อย่อยสลายหรือกำจัดเซลลูโลส เพคติน หรือเฮมิเซลลูโลสจะทำให้คุณภาพของน้ำผลไม้ดีขึ้นและเพิ่มผลผลิตในการสกัด (Nawawi *et al.*, 2017) โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ มีการประยุกต์ใช้เอนไซม์เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดน้ำจากผลไม้ Tochi *et al.* (2009) ใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับเฮมิเซลลูโลสในการเตรียมน้ำสับปะรด โดยบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 9-13 น้ำสับปะรดมีความหนืดลดลงและสีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใช้เอนไซม์ นอกจากนี้ยังใช้เอนไซม์ในขั้นตอนการเตรียมน้ำผลไม้สำหรับผลิตไซรัปผลไม้ Phomkong

et al. (2015) ได้ศึกษาการผลิตไซรัปจากขนุน จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทองประเสริฐ พันธุ์มาเลเซีย และพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งทำการผลิตไซรัปโดยการเติมเอนไซม์ทางการค้าซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ผสมหลายชนิด ได้แก่ เพคตินเอส เซลลูเลส อัลฟาอะไมเลส และโปรติเอส โดยทำการบ่มที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนนำไปประเหยในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนได้ไซรัปที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 72 องศาบริกซ์ โดยไซรัปจากขนุนพันธุ์มาเลเซียมีน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด ไซรัปจากขนุนพันธุ์ทองประเสริฐมีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด El-Sharmouby *et al.* (2009) ศึกษาการใช้เอนไซม์ผสมของเพคตินเอสและเซลลูเลส ความเข้มข้นร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักอินทผาลัมในสัปดาห์น้ำตาลเพื่อผลิตไซรัปอินทผาลัมพบว่าเมื่ออัตราการสกัดมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำตาลอินทผาลัมในอัตรา 3 ต่อ 1 และบ่มกับเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยทำให้ไซรัปมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นร้อยละ 65.6-70.7 ในขณะที่การไม่เติมเอนไซม์จะได้ไซรัปที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นร้อยละ 50.5-56.3 นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เอนไซม์เพคตินเอสและเซลลูเลสในการผลิตไซรัปอินทผาลัมซึ่งสามารถสกัดน้ำตาลจากผลอินทผาลัมได้ดี ลดความหนืดของสารละลายที่สกัดได้ และทำให้ไซรัปอินทผาลัมที่ได้มีความใสเพิ่มขึ้น (Abbes *et al.*, 2015; Ahdno and Jafarizadeh-Malmiri, 2017)

เมื่อนำตัวอย่างน้ำตาลองที่เตรียมได้ประเหยด้วยวิธีระเหยแบบสุญญากาศโดยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Surin *et al.* (2014) ได้เปรียบเทียบการผลิตไซรัปลำไย 3 วิธี ได้แก่ การให้ความร้อนโดยตรง การใช้ไอน้ำ และการระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าการผลิตไซรัปลำไยโดยการให้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำตาลซูโครสถูกย่อยเป็นกลูโคสและฟรุคโตส ซึ่งทำให้โปรตอนเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไซรัปมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่าการผลิตที่ควบคุมไม่ให้อุณหภูมิเกิน 80 องศาเซลเซียส โดยการใช้สภาวะสุญญากาศร่วม นอกจากนี้ไซรัปลำไยมีสีน้ำตาล-แดงเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ทำให้เกิดสารเมลานอยดินและสารประกอบฟีนอลิก ดังนั้นการระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศมีความเหมาะสมในการผลิตไซรัปลำไยเนื่องจากให้กลิ่นรสที่ดี สีน้ำตาลอ่อน และความหวานที่เป็นที่ยอมรับ (Surin *et al.*, 2014) และสามารถประยุกต์สำหรับการระเหยน้ำในการผลิตไซรัปจากผลไม้อื่น ๆ ได้

จากการเก็บรักษาไซรัปลองกองที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน พบว่าไซรัปลองกองมีการเปลี่ยนแปลงของสีอย่างรวดเร็วซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Farrokhi *et al.* (2012) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาซูโครสไซรัปแบบ light syrup ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 30 องศาบริกซ์ และ thick syrup ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่า 50 องศาบริกซ์ ที่ผลิตจากหัวบีท (sugar beet) โดยเก็บตัวอย่างทุก 22 วัน เพื่อวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพ โดยวัดค่าสีจากการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร พบว่าค่าสีของไซรัปทั้งแบบ light syrup และ thick syrup มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และพบการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างชัดเจนเมื่อเก็บรักษาหลัง 22 วัน โดยส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำเชื่อมหรือไซรัปเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นทำให้มีสีคล้ำหรือสีเข้มขึ้น ซึ่งอาจเกิดสภาวะในการเก็บ

รักษาที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (Farrokhi *et al.*, 2012) นอกจากนี้ Solis-Fuentes *et al.* (2016) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟรุคโตสไซรัปในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีความเข้มข้นขึ้น ในขณะที่การเก็บรักษาที่ 8 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ และ Thakur *et al.* (2018) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไซรัปมะขามป้อมที่ได้จากการเตรียมด้วยเนื้อผลไม้ร้อยละ 35 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 65 องศาบริกซ์ โดยเก็บรักษาในขวดแก้วและขวด PET (polyethylene terephthalate) ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าการเก็บรักษาไซรัปที่อุณหภูมิต่ำทำให้ไซรัปมะขามป้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าอุณหภูมิห้อง แต่ชนิดของขวดไม่มีผลต่อการเก็บรักษา จากการที่ไซรัปมีสีคล้ำหรือสีเข้มในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อน้ำตาลรีดิวซ์ได้รับความร้อนในสภาวะที่มีน้ำกับเอมีน แล้วจะเกิดสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร โดยน้ำตาลรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน หรือโปรตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน และจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เกิดสารใหม่ ได้แก่ ไฮดรอกซิเมทิลเฟอฟูรัล สามารถวัดความเข้มของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นโดยวัดที่ความยาวคลื่นช่วง 420-490 นาโนเมตร การยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การกำจัดสารตั้งต้น ได้แก่ น้ำตาลและกรดอะมิโน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การลดพีเอช การใช้สารเคมี เช่น สารประกอบ ซัลไฟต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น (นิธิยา, 2545)

สรุปผลการวิจัย

วิธีการเตรียมเนื้อลองกองก่อนนำไปสกัดด้วยเอนไซม์เพคตินเนสที่เหมาะสม คือ วิธี sous-vide เนื่องจากสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ ทำให้น้ำลองกองมีสีน้ำตาลน้อยกว่าวิธีแบบคั้นสด สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์เพคตินเนสในการเตรียมน้ำลองกองคือ การใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 นาที จะให้ผลผลิตน้ำลองกองสูงที่สุด เมื่อนำน้ำลองกองมาระเหยน้ำในสภาวะสุญญากาศเป็นไซรัปและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 45 วัน พบว่าไซรัปลองกองมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีอย่างรวดเร็วจากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตไซรัปลองกอง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับลองกอง เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากลองกอง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการเพิ่มศักยภาพของเกษตรกรผู้ปลูกลองกอง วิชาหกิจชุมชนหรือผู้ประกอบการเชิงพาณิชย์ต่าง ๆ ได้ ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ไซรัปลองกองมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจึงต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งอาจใช้ได้หลายวิธี เช่น การกำจัดสารตั้งต้น การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง การใช้สารเคมี เช่น สารประกอบซัลไฟต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น นอกจากการการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสำคัญในไซรัปลองกอง และการยอมรับทางประสาทสัมผัสก็ยังคงจำเป็นสำหรับการพัฒนาไซรัปลองกองในขั้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณแหล่งทุนซึ่งสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปี 2561 ขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง สำหรับการสนับสนุน งานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2563). *หนังสือการจัดชั้นคุณภาพของผลไม้ (ทุเรียน มังคุด เงาะ ลองกอง ลำไย และลิ้นจี่)*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2564, จาก: <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2020/08/%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%8A%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%89.pdf>.
- ธิดารัตน์ จุทอง ภัทรดา สมพงษ์ และอุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลองกองแผ่นอบแห้งเสริม *Lactobacillus casei* TISTR 1463 ที่ห่อหุ้มด้วยอัลจินตด้วยวิธีเอนแคปซูเลชัน. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 9(9), 63-72.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. (2545). *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- มะลิวัลย์ ไชโย. (2554). *การเปรียบเทียบคุณภาพของไซรัปกล้วยที่ผลิตจากน้ำตาลทรายและน้ำอ้อย*. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- วาสนา พิทักษ์พล ศศิธร สวยสม และหทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล. (2557). ผลของเมทิลจัสโมเนตและไคโทซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลองกอง. *แก่นเกษตร*, 42(ฉบับพิเศษ), 589-595.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2558). *ผลิตภัณฑ์แปรรูปลองกอง*. สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2564, จาก: <http://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2015/20150911-Technology-show%202-2558-Food-Beverage-10.pdf>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). *ลองกอง: เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2562*. สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2564, จาก: [http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longkong62\(1\).pdf](http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longkong62(1).pdf).
- Abbes, F., Masmoudi, M., Kchaou, W., Danthine, S., Blecker, C., Attia, H. and Besbes, S. (2015). Effect of enzymatic treatment on rheological properties, glass temperature transition and microstructure of date syrup. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 339-345.

- Ahdno, H. and Jafarizadeh-Malmiri, H. (2017). Development of a sequenced enzymatically pre-treatment and filter pre-coating process to clarify date syrup. *Food and Bioproducts Processing*, 101, 193-204.
- Alsenaien, W. A. A. , Alamer, R. A. , Tang, Z. X. , Albahrani, S. A. A. , Al-Ghannam, M. A. and Aleid, S. M. (2015). Substitution of sugar with dates powder and date syrup in cookies making. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 8-13.
- Baldwin, D.E. (2012). Sous-vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15-30.
- Chairgulprasert, V., Krisornpornsan, B. and Hamad, A. (2006). Chemical constituents of the essential oil and organic acids from longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) fruits. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 28(2), 321-326.
- El-Sharnouby, G.A., Al-Eid, S.M. and Al-Otaibi, M.M. (2009). Utilization of enzymes in the production of liquid sugar from dates. *African Journal of Biochemistry Research*, 3(3), 041-047.
- Farrokhi, F., Mizani, M. and Honarvar, M. (2012). Study of probable physicochemical changes during the storage of light and thick sucrose syrups. *World Applied Sciences Journal*, 18(5), 715-721.
- Kuriakose, S.P., Krishnan, A. and Rawson, A. (2016). Advantages and limitations of sous vide processing of vegetables. *International Journal of Science, Environment*, 5(4), 1964-1967.
- Kumar, S. (2015). Role of enzymes in fruit juice processing and its quality enhancement. *Advanced in Applied Science Research*, 6(6), 114-124.
- Nawawi, M.H., Mohammad, R., Tahir, P. and Saad, W.Z. (2017). Extracellular xylanopectinolytic enzymes by *Bacillus subtilis* ADI1 from EFB's compost. *International Scholarly Research Notices*, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/7831954>.
- Phomkong, W., Wachum, M. and Inree, R. (2015). Quality Jackfruit syrup using different jackfruit varieties. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 17(2), 9-16.
- Potter, N.N. and Hotchkiss, J.H. (1995). *Food Science*. (5th ed). New York: Chapman & Hall.
- Sangkasanya, S. and Meenune, M. (2010). Physical, chemical and sensory quality of longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) as affected by storage at different atmospheres. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(1), 64-74.

- Solis-Fuentes, J.A., Ayala-Tirado, R.C. and Duran-de-Bazua, M.C. (2016). Thermal and storage stability of color in juice and fructose syrup sugar cane. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 75(2), 82-88.
- Surin, S., Thakeow, P., Seesuriyachan, P., Angeli, S. and Phimolsiripol, Y. (2014). Effect of extraction and concentration processes on properties of Longan syrup. *Journal of Food Science and Technology*, 5(19), 2062-2069.
- Thakur, N.S., Thakur, N., Hamid, H. and Thakur, A. (2018). Studied on development and storage quality evaluation of vitamin C rich syrup prepared from wild aonla (*Phyllanthus emblica* L.) fruits. *The Pharma Innovation Journal*, 7(2), 167-172.
- Tobolkova, B., Durec, J., Belajova, E., Mihalikova, M., Polovka, M., Suhaj, M., Dasko, L. and Simko, P. (2013). Effect of light conditions on physico-chemical properties of pineapple juice with addition of small pineapple pieces during storage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52(3), 181-190.
- Tochi, B.N., Wang, Z., Xu, S.Y. and Zhang, W. (2009). The influence of a pectinase and pectinase/hemicellulases enzyme preparations on percentage pineapple juice recovery, particulates and sensory attributes. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(8), 1184-1189.
- Venkatachalam, K. and Meenune, M. (2012). Physical and chemical quality changes of longkong (*Aglaia dookoo* Griff.) during passive modified atmospheric storage. *International Food Research Journal*, 19(3), 795-800.
- Zavadlav, S., Blaží, M., Van de Velde, F., Vignatti, C., Fenoglio, C., Piagentini, A.M., Pirovani, M.E., Perotti, C.M., Kovacevic, D.B. and Putnik, P. (2020). Sous-vide as a technique for preparing healthy and high- quality vegetable and seafood products. *Foods*, 9(11), 1537, doi: <https://doi.org/10.3390/foods9111537>.