

Research Article

ผลของสภาวะการต้มและการทำแห้งต่อคุณภาพของลูกประ
Effects of Boiling and Drying Conditions on the Quality
of Pra Seed (*Elateriospermum tapos* Blume)

ดลฤดี พิชัยรัตน์* และ นพรัตน์ มะเห

Donrudee Pichairat* and Nopparat Mahae

สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150
Program in Food Industry, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus, Sikao, Trang 92150, Thailand.

ABSTRACT

Article history:

Received: 2024-03-29
Revised: 2024-09-25
Accepted: 2024-10-07

Keywords:

Pra seed;
boiling;
drying

The experiment was conducted to determine the effect of different boiling and drying conditions on the quality of Pra seed (*Elateriospermum tapos* Blume). The conditions examined the concentration of the solution used for boiling (2% sodium chloride and 0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5% citric acid), boiling time (15, 20, and 30 minutes), and drying temperature (60, 80, and 100 °C). The objective was to identify the optimal process for producing dried Pra seed. The findings indicated that the concentration of the boiling solution, boiling time, and drying temperature significantly affected the color, moisture, fat, and protein content change and reduced the total cyanide content in Pra seed ($p \leq 0.05$). The optimal method for producing dried Pra seed involved boiling the seed in a solution consisting of 2% salt and 1% citric acid (w/v). The ratio of Pra seed to solution was 1:5 (w/v). The boiling process occurred at a temperature of 90 ± 5 °C for 20 minutes. Subsequently, the seed was dried in a tray dryer at 80 °C for 210 minutes. The dried Pra seed had a higher L^* value and fat content, lower moisture content, and total cyanide content than raw Pra seed. The moisture content of the dried Pra seed was 3.78%, while the fat and protein contents were 29.43% and 14.10% of the dry weight, respectively. It had a total cyanide content of 47.79 mg/kg dry weight. Additionally, it contained phenolic content of 46.52 mg gallic acid equivalents per 100 g dry weight, DPPH radical scavenging capacity of 8.83 mg ascorbic acid equivalents per 100 g dry weight, and ferric reducing antioxidant power of 5.92 mg gallic acid equivalents per 100 g dry weight. These findings indicated that the dried Pra seed produced was high-quality, safe, and suitable for consumption.

* Corresponding author.

E-mail address: donrudee.j@rmutsv.ac.th

Cite this article as:

Pichairat, D. and Mahae, N. 2025. Effects of Boiling and Drying Conditions on the Quality of Pra Seed (*Elateriospermum tapos* Blume). *Recent Science and Technology* 17(3): 261507.

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสภาวะการต้มและการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพลูกประ โดยศึกษาความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้ม (สารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ระยะเวลาในการต้ม (15, 20 และ 30 นาที) และอุณหภูมิในการทำแห้ง (60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส) ที่มีต่อคุณภาพของลูกประ เพื่อทราบกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตลูกประอบแห้ง ผลจากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้ม ระยะเวลาในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน และการลดลงของปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตลูกประอบแห้ง คือ การต้มลูกประในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราส่วนของลูกประและสารละลายที่ใช้ต้ม 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 210 นาที ลูกประอบแห้งที่ผลิตได้มีค่าความสว่าง (L^*) และปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น และมีปริมาณความชื้นและปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดลดลง เมื่อเทียบกับลูกประสด โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.78 โดยน้ำหนัก มีปริมาณไขมันและโปรตีนร้อยละ 29.43 และ 14.10 โดยน้ำหนักแห้ง มีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด 47.79 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รวมถึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 46.52 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง 8.83 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซี/100 กรัมน้ำหนักแห้ง และ 5.92 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งลูกประอบแห้งที่ผลิตได้มีคุณภาพและความปลอดภัยที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค

คำสำคัญ: ลูกประ, การต้ม, การทำแห้ง

1. บทนำ

ต้นประ (*Elateriospermum tapos* Blume) เป็นพืชในวงศ์ Euphorbiaceae มีลักษณะเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่พบขึ้นตามธรรมชาติในเขตป่าดิบชื้นของประเทศมาเลเซียและภาคใต้ของประเทศไทย (Jantarit *et al.*, 2009; Charoensuk *et al.*, 2012) ในประเทศไทยพบต้นประบริเวณเทือกเขาพนมดงรัก ในเขตอุทยานแห่งชาติเขานันและอุทยานแห่งชาติเขาลวง จังหวัดนครศรีธรรมราช และบริเวณเทือกเขาบรรทัด ในเขตอุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า เขตรอยต่อระหว่างจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง (Makpan, 2018; Mompiboon *et al.*, 2018) ต้นประให้ผลผลิตปีละ 1 ครั้งในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน (Ngamriabsakul and Kommen, 2009) ผลของต้นประมีลักษณะเป็นพุดคล้ายผลยางพารา ภายในมีเมล็ด 3-4 เมล็ดต่อผล ซึ่งเมล็ดประหรือลูกประมีรูปร่างยาวรี มีเปลือกแข็งสีน้ำตาลเข้มเป็นมันหุ้ม และมีเยื่อหุ้มเมล็ดบาง ๆ เนื้อข้างในมีสีขาวนวล มีรสชาติดมและขมเล็กน้อย (Mompiboon *et al.*, 2018) นิยมบริโภคทางภาคใต้โดยนำมาประกอบอาหาร เช่น ใช้ใส่ในแกงส้ม แกงไตปลา นำไปเผาไฟทำน้ำพริก รวมทั้งนำไปดอง คั่ว อบหรือฉาบน้ำตาล (Jitnupong, 2016; Nounmusig *et al.*, 2023) มีรายงานการศึกษาที่พบว่าลูกประมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง ทั้งยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยลูกประสดมีปริมาณโปรตีน ไขมันและเยื่อใยร้อยละ 12.48, 38.36 และ 10.54 โดยน้ำหนักตามลำดับ (Nounmusig *et al.*, 2023) ขณะที่แบ่งจากลูกประมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดแอลฟา-ลิโนเลนิก (α -linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Choonhahirun, 2010) อย่างไรก็ตาม

ในลูกประมีสารไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides) คือ อะมิกดาลิน (amygdalin) ซึ่งเมื่อสลายตัวเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (hydrogen cyanide) จะมีความเป็นพิษและทำให้เกิดพิษ การบริโภคลูกประจึงต้องนำไปให้ความร้อนด้วยการต้ม คั่ว หรืออบ เพื่อลดปริมาณไซยาไนด์ ก่อนนำไปผลิตเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ (Ngamriabsakul and Kommen, 2009; Choonhahirun, 2010)

การแปรรูปลูกประด้วยการต้มและทำแห้งให้อยู่ในรูปของลูกประอบแห้ง เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ลูกประมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการบริโภคและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของลูกประให้เก็บไว้ได้นาน ทำให้มีลูกประบริโภคตลอดทั้งปีและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า ทั้งนี้ เนื่องจากการต้มเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไซยาไนด์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในพืช (Zhang *et al.*, 2019) ขณะที่การทำแห้งเป็นการลดปริมาณความชื้นและค่าออกเตอรแอดติวิตีของอาหารให้อยู่ในระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Chinnasarn and Krasaechol, 2020) จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของลูกประได้ และยังเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประได้ มีรายงานการศึกษาที่พบว่า การให้ความร้อนแก่ลูกประและพืชอื่น ๆ ที่มีปริมาณไซยาไนด์สูงด้วยวิธีการลวก ต้ม และอบแห้ง สามารถช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ในพืช ช่วยลดพิษและทำให้เกิดความปลอดภัยต่อการบริโภคได้ (Ngamriabsakul and Kommen, 2009; Kaewsuwan and Nuichan, 2018; Thaweewong and Anuntagool, 2022) โดย Ngamriabsakul and Kommen (2009) ศึกษาปริมาณไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ในรูปของอะมิกดาลินในลูกประสดและลูกประที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที พบว่า การต้มส่งผลให้ลูกประมีปริมาณอะมิกดาลินลดลงจาก 660 ppm เหลือเพียง

100 ppm เมื่อเทียบกับลูกประตด เช่นเดียวกับ Kaewsuwan and Nuichan (2018) ศึกษาผลของระยะเวลาในการลวกต่อคุณลักษณะของลูกประตหลังอบ โดยลวกลูกประตในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 5 และ 10 นาที และอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าการลวกและการอบลูกประตสามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประตได้ โดยการลวกลูกประตนาน 10 นาที ให้อุณหภูมิที่อบที่มีปริมาณไซยาไนด์คงเหลือน้อยที่สุด ขณะที่ Thaweewong and Anuntagool (2022) ศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าเมื่อระดับอุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลง โดยการทำให้แห้งที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังได้ร้อยละ 69.8, 78.5 และ 76.3 ตามลำดับ นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาที่พบว่าการใช้สารละลายเกลือและกรดซิตริกในการต้มสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำลายสารไซยาไนด์ในพืชได้ โดย Rana *et al.* (2012) ศึกษาการต้มหน่อไม้ในสารละลายเกลือ (NaCl) พบว่าระดับความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้หน่อไม้มีปริมาณไซยาไนด์ลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากแรงดันออสโมติกของสารละลายที่ลดลง โดยการต้มหน่อไม้ในสารละลายเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 นาน 20 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ถึงร้อยละ 98.03 และผลการศึกษาของ Jaiwunglok (2009) ที่พบว่า การต้มหน่อไม้ในสารละลายผสมระหว่างเกลือร้อยละ 0.3 และกรดซิตริกร้อยละ 0.4 (pH=2.4) ก่อให้เกิดการสลายตัวของสารทาร์ซิฟิฟลิน ซึ่งเป็นสารไซยาไนด์ในถั่วลิสงที่พบในหน่อไม้ได้ดีกว่าการต้มในน้ำปกติ (pH=7.5) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายเกลือหรือสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกในการต้มสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารไซยาไนด์ในพืชได้ การต้มลูกประตในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกจึงสามารถช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าการต้มและการทำให้แห้งเป็นวิธีการที่ช่วยสามารถช่วยลดปริมาณสารไซยาไนด์ในลูกประตทำให้ลูกประตมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการบริโภคและเก็บไว้ได้นาน แต่อาจก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอันเนื่องมาจากการใช้สารละลายในการต้มที่ไม่เหมาะสมและการได้รับความร้อนจากวิธีการแปรรูปดังกล่าว การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการต้มและการทำให้แห้งจึงสามารถช่วยรักษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของลูกประตไว้ได้ ทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประตได้

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะนำลูกประตซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ลูกประตอบแห้งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารวมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตลูกประตอบแห้ง โดยการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้มระยะเวลาในการต้ม และอุณหภูมิในการทำแห้งลูกประตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลูกประตอบแห้งที่มีคุณภาพดีและเก็บรักษาไว้ได้นาน อันเป็นการเพิ่มมูลค่าและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากลูกประตได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่างลูกประต

ลูกประตที่เก็บได้ในช่วงฤดูกาล (เดือน ส.ค.-ก.ย. 2566) ในพื้นที่ตำบลน้ำพุ อำเภอมือง จังหวัดตรัง นำมาคัดแยกขนาดและคัดลูกที่แตกหรือเสียออก จากนั้นนำไปล้างน้ำและแกะเอาเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดออก เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

2.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้มต่อคุณภาพของลูกประต

นำลูกประตที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 1 มาต้มในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนของลูกประตต่อสารละลายที่ใช้ต้ม 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการต้มที่อุณหภูมิ 90±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำลูกประตขึ้น ทำให้เย็นในน้ำเย็นและแกะเอาเปลือกเมล็ดออก จากนั้นนำไปล้างน้ำให้สะอาด วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ บดละเอียดด้วยเครื่องบดสับอาหาร (Philips, HR1393, Thailand) แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพภายหลังการต้ม ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Microscan EZ, Hunter Lab, U.S.A) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Sartorius, Docu-pH+/p11, Germany) ปริมาณความชื้นเกลือ (NaCl) ไชมันและโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด ด้วยวิธี Pyridine Pyrazorone method ตามวิธีของ O'Brien *et al.* (1991) คัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมที่ใช้ต้มลูกประต โดยพิจารณาจากคุณภาพของลูกประตภายหลังการต้ม

2.3 การศึกษาผลของระยะเวลาในการต้มต่อคุณภาพของลูกประต

นำลูกประตมาต้มในสารละลายความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2 โดยใช้อัตราส่วนของลูกประตต่อสารละลายที่ใช้ต้ม 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการต้มที่อุณหภูมิ 90±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15, 20 และ 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำลูกประตขึ้น ทำให้เย็นในน้ำเย็นและแกะเอาเปลือกเมล็ดออก จากนั้นนำไปล้างน้ำให้สะอาด วางพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ บดละเอียดด้วยเครื่องบดสับอาหาร (Philips, HR1393, Thailand) แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพภายหลังการต้ม ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Microscan EZ, Hunter Lab, U.S.A) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (Sartorius, Docu-pH+/p11, Germany) ปริมาณความชื้น เกลือ (NaCl) ไชมันและโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด ด้วยวิธี Pyridine Pyrazorone method ตามวิธีของ O'Brien *et al.* (1991) คัดเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ต้มลูกประต โดยพิจารณาจากคุณภาพของลูกประตภายหลังการต้ม

2.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพของลูกประ

ลูกประต้มที่เตรียมได้ตามวิธีการที่เหมาะสมจากผลการศึกษาในข้อ 2 และ 3 นำมาหั่นเป็นชิ้นบางตามแนวยาวของลูกประ และแบ่งลูกประเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 500 กรัม นำมาทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส จนมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.6 นำลูกประอบแห้งที่ได้มาบดละเอียดด้วยเครื่องบดสับอาหาร (Philips, HR1393, Thailand) แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพเพื่อหาอุณหภูมิทำแห้งที่เหมาะสม ดังนี้ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Microscan EZ, Hunter Lab, U.S.A) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqua Lab, Series 3, U.S.A) ปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000) ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด ด้วยวิธี Pyridine Pyrazorone method ตามวิธีของ O'Brien *et al.* (1991) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเตรียมสารสกัดจากลูกประ (ดัดแปลงจาก Prakash *et al.*, 2018) โดยใช้ลูกประบดละเอียด 10 กรัมต่อเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สกัดด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 6,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที กรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรอง นำไปตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic contents) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Zhang *et al.* (2013) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และตรวจวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl) ตามวิธีของ Zhang *et al.* (2013) โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก (Ferric Reducing Antioxidant Power, FRAP) ตามวิธีของ Benzie and Strain (1996) โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน ด้วยเครื่อง

Spectrophotometer (UV- 1601 spectrophotometer, Shimadzu, Japan) เลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งลูกประ โดยพิจารณาจากคุณภาพของลูกประภายหลังการทำแห้ง

2.5 การคำนวณหาค่าร้อยละการลดลงของปริมาณไซยาไนด์ (Reduction of cyanide (%))

การลดลงของปริมาณไซยาไนด์ (ร้อยละ) คำนวณจากสูตร

$$[(\text{ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประสด} - \text{ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประหลังต้ม/ทำแห้ง}) * 100] / \text{ปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประสด}$$

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้มต่อคุณภาพของลูกประ

การต้มเป็นวิธีการสำคัญที่ใช้ในการเตรียมลูกประเพื่อให้มีคุณภาพที่เหมาะสมและมีความปลอดภัยต่อการบริโภค เนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประ (Choonhahirun, 2010) ที่เป็นสาเหตุของการเกิดพิษและก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้มต่อคุณภาพของลูกประ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Physical and chemical qualities of Pra seed boiled in salt and citric acid solution at various concentrations (boiling at 90 °C, 15 min)

Qualities	Raw	Boiling solution (w/v)			
		2% salt	2% salt	2% salt	2% salt
			and 0.5% citric acid	and 1% citric acid	and 1.5% citric acid
- Color					
L*	50.20±0.04 ^d	68.69±0.21 ^c	70.20±0.07 ^b	70.13±0.04 ^b	70.62±0.01 ^a
a*	2.64±0.05 ^a	0.85±0.04 ^b	0.65±0.01 ^c	0.48±0.02 ^d	0.45±0.02 ^d
b*	15.31±0.06 ^b	17.99±0.09 ^a	18.02±0.06 ^a	17.96±0.08 ^a	18.08±0.02 ^a
- Moisture (%)	25.34±0.01 ^e	31.19±0.15 ^a	30.59±0.05 ^c	30.23±0.04 ^d	30.77±0.12 ^b
- pH	6.30±0.01 ^b	6.41±0.01 ^a	6.13±0.02 ^c	5.82±0.01 ^d	5.63±0.01 ^e
- NaCl (%)	0.49±0.06 ^b	0.65±0.06 ^a	0.69±0.12 ^a	0.65±0.06 ^a	0.63±0.07 ^a
- Fat (% dw)	29.83±0.27 ^e	39.72±0.14 ^a	35.33±0.14 ^b	34.85±0.03 ^c	33.60±0.16 ^d

Table 1 (Continuous)

Qualities	Raw	Boiling solution (w/v)			
		2% salt	2% salt and 0.5% citric acid	2% salt and 1% citric acid	2% salt and 1.5% citric acid
- Protein (% dw)	14.71±0.25 ^a	14.51±0.11 ^a	14.00±0.06 ^b	14.12±0.04 ^b	13.97±0.10 ^b
- Total cyanide content (mg/kg dw)	120.87±0.04 ^a	105.34±0.30 ^b	87.72±0.27 ^c	85.28±0.05 ^d	80.68±0.36 ^e
Reduction of cyanide (%)		12.85	27.43	29.44	33.25

Remark: Values with different letters in the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

ผลจากการศึกษา พบว่า การต้มมีผลให้น้ำตาลที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากเดิมที่มีสีขาวอมน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล และมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มขึ้น เมื่อนำมาตรวจวัดค่าสี พบว่า มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง เมื่อเทียบกับลูกประสด ($p \leq 0.05$) และพบว่า การต้มลูกประในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกส่งผลให้ลูกประมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น และมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง ตามระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของลูกประที่ต้มในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าการต้มลูกประในสารละลายผสมระหว่างเกลือและกรดซิตริกสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในลูกประได้ โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายผสมที่ใช้ในการต้มลูกประเพิ่มขึ้น เนื้อลูกประมีความเป็นสีขาวมากขึ้น ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Thammachai (2006) ที่พบว่าการแช่มะเดื่อฝรั่งในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 0.3 ให้ผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งที่มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดซิตริกเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการลดสีที่มีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะ จึงสามารถจับกับทองแดงที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส และช่วยลดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ ทำให้ไม่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ จึงสามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ และกรดซิตริกยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์

ด้านคุณภาพทางเคมี พบว่าการต้มลูกประในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ให้ลูกประที่มีปริมาณความชื้นและปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น แต่จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงเมื่อเทียบกับลูกประสด ($p \leq 0.05$) โดยลูกประจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่จะมีปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและมีปริมาณเกลือ (NaCl) ที่ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับความ

ร้อนจากการต้ม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนเพกตินและเพกตินในผนังเซลล์ และทำให้เยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวลง จึงเพิ่มความสามารถในการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้น (Yuenyongputtakal, 2013; Charoenphun and Meemuk, 2018) ทำให้น้ำและสารบางอย่างที่อยู่ในเซลล์ของลูกประแพร่ออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มได้มากขึ้น และสารละลายที่ใช้ต้มบางส่วนแพร่เข้าไปในเซลล์ของลูกประได้ ประกอบกับการเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายผสมที่ใช้ต้ม ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสารละลายที่ใช้ต้มกับเนื้อเยื่อของลูกประ ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้ดีขึ้น จึงเพิ่มโอกาสการแพร่ของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มเข้าไปในเซลล์ของลูกประได้มากขึ้น ลูกประหลังต้มจึงมีปริมาณความชื้นและปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับลูกประสด และมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kunjaetong *et al.* (2018) ที่พบว่าการต้มกล้วยน้ำว้าหุ้มส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเพกตินในผนังเซลล์ถูกย่อยเป็นเพกทิน ทำให้น้ำที่ใช้ในการต้มแทรกซึมเข้าไปในเนื้อกล้วยได้มากขึ้น ส่งผลให้กล้วยมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกล้วยที่ไม่ผ่านการต้ม และผลการศึกษาของ Yuenyongputtakal *et al.* (2013) ที่พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเฟอรัสซัลเฟตในสารละลายออสโมติก ส่งผลให้สาหร่ายผักกาดทะเลหลังแช่หรือลวกในสารละลายออสโมติกมีปริมาณธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของเฟอรัสไอออนระหว่างสารละลายออสโมติกกับเนื้อเยื่อของสาหร่าย จึงเกิดแรงขับให้มีการถ่ายเทมวลสาร ทำให้การแพร่ของเฟอรัสไอออนเข้าไปในเนื้อเยื่อของสาหร่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่าการต้มลูกประในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ส่งผลให้ลูกประมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับลูกประสด แต่เมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันในลูกประมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณโปรตีนที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก

ในสารละลายที่ใช้ต้มเป็นร้อยละ 1.5 ให้ลูกประที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับความร้อนจากการต้มที่มีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ (Zhang *et al.*, 2019) และการถ่ายโอนมวลสารอันเนื่องมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสารละลายที่ใช้ต้มกับเนื้อเยื่อของลูกประ โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการแพร่ของสารที่อยู่ภายในเซลล์ของลูกประออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มได้มากขึ้น (Yuenyongputtakal, 2013) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhoen and Suwonsichon (2013) ที่พบว่าการเตรียมแก๊นตะวันผงก่อนการทำแห้งด้วยวิธีการลวกในน้ำเดือดให้แก๊นตะวันผงที่มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) และมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) ขณะที่การเตรียมแก๊นตะวันผงด้วยการแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ให้แก๊นตะวันผงที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการเตรียม เมื่อพิจารณาปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด พบว่า การต้มลูกประในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ส่งผลให้ลูกประที่มีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับลูกประสด ($p \leq 0.05$) โดยลูกประจะมีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดลดลงตามระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการต้มมีผลให้ไซยาไนด์ในพืชที่อยู่ในรูปไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ (cyanogenis glucoside) และไซยาโนไฮดริน (cyanohydrin) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งกลาง (intermediate product) ที่เกิดจากการสลายตัวของไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ถูกไฮโดรไลซ์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ได้มากขึ้น ซึ่งไฮโดรเจนไซยาไนด์มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส (Bolarinwa, *et al.*, 2015; Pokhariya *et al.*, 2018) จึงเกิดการระเหยได้ง่ายและสลายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อได้รับความร้อนจากการต้ม นอกจากนี้ การต้มยังมีผลให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลายทำให้สารประกอบไซยาไนด์แพร่ออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มได้ (Rawat *et al.*, 2015) ลูกประที่ผ่านการต้มจึงมีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดลดลง นอกจากนี้ การลดลงของปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกในสารละลายที่ใช้ต้มเพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ต้มกับภายในเนื้อเยื่อของลูกประที่เพิ่มขึ้น จึงเกิดการถ่ายโอนมวลสารได้มากขึ้น สารประกอบไซยาไนด์จึงแพร่ออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มได้มากขึ้นและสลายตัวด้วยความร้อนและสภาวะที่เป็นกรดยังส่งผลให้เกิดการสลายตัวของสารไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ให้อยู่ในรูปของไฮโดรเจนไซยาไนด์ได้มากขึ้น

(Teerapapthamkul *et al.*, 2011) สอดคล้องกับผลจากการศึกษาของ Jaiwunglok (2009) ที่พบว่าสารทาร์ซิฟอสฟีน ซึ่งเป็นสารไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ที่พบในหน่อไม้ จะสลายตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด โดยการต้มหน่อไม้ในสารละลายผสมระหว่างเกลือร้อยละ 0.3 และกรดซิตริกร้อยละ 0.4 ($pH=2.4$) ก่อให้เกิดการสลายตัวของสารทาร์ซิฟอสฟีนได้ดีกว่าการต้มในน้ำปกติ ($pH=7.5$) และผลการศึกษาของ Ngamriabsakul and Kommen (2009) ที่พบว่าการต้มสามารถลดปริมาณไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ (amygdalin) ในลูกประจาก 660 ppm เหลือเพียง 25 ppm ขณะที่การต้มลูกประในน้ำเดือดนาน 15 นาที ให้ลูกประที่มีปริมาณไซยาโนจินิกไกลโคไซด์คงเหลือถึง 100 ppm ทั้งนี้เป็นเพราะลูกประต้องผ่านกระบวนการต้มเพื่อลดปริมาณสารไซยาไนด์บางส่วน และสารไซยาไนด์ที่เหลือจะลดลงจากกรดที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในกระบวนการหมัก ซึ่งจะไปย่อยสลายสารไซยาโนจินิกไกลโคไซด์ไปเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Singhal *et al.*, 2021) แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เป็นกรดสามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประได้ ซึ่งการต้มลูกประในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ร้อยละ 12.85, 27.43, 29.44 และ 33.25 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณไซยาไนด์ในลูกประสดเริ่มต้น ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้น เมื่อพิจารณาคุณภาพของลูกประภายหลังการต้มในสารละลายเกลือผสมกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า สารละลายที่เหมาะสมสำหรับใช้ต้มลูกประ คือ สารละลายที่มีส่วนผสมของเกลือร้อยละ 2 และกรดซิตริกร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เนื่องจากให้ลูกประภายหลังการต้มที่มีค่าความสว่าง (L^*) ที่ดี ทั้งยังมีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณไซยาไนด์ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับลูกประที่ต้มในสารละลายผสมที่ระดับความเข้มข้นอื่น ๆ โดยยังคงรักษาปริมาณโปรตีนและไขมันไว้ได้

3.2 ผลของระยะเวลาในการต้มต่อคุณภาพของลูกประ

การต้มลูกประในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ระยะเวลาในการต้มส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของลูกประเพียงเล็กน้อย โดยเมื่อระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ลูกประมีแนวโน้มค่าความเป็นเหลือง (b^*) ลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของลูกประ ($p > 0.05$) ลูกประหลังต้มมีค่าความสว่าง (L^*)

Table 2 Physical and chemical qualities of Pra seed boiled in 2% salt and 1% citric acid solution at various times

Qualities	Raw	Time (min)		
		15	20	30
- Color				
L*	51.66±0.18 ^b	70.79±0.09 ^a	70.68±0.23 ^a	70.84±0.07 ^a
a*	2.91±0.03 ^a	0.74±0.01 ^b	0.74±0.08 ^b	0.75±0.02 ^b
b*	17.14±0.03 ^c	19.23±0.04 ^a	19.06±0.18 ^{ab}	18.98±0.08 ^b
- Moisture (%)	23.66±0.18 ^d	31.49±0.01 ^c	32.68±0.09 ^b	34.73±0.32 ^a
- pH	6.31±0.01 ^a	5.80±0.01 ^b	5.63±0.01 ^c	5.27±0.01 ^d
- NaCl (%)	0.46±0.03 ^b	0.67±0.07 ^a	0.71±0.01 ^a	0.73±0.04 ^a
- Fat (% dw)	26.73±0.19 ^c	31.42±0.67 ^b	32.16±0.35 ^b	33.18±0.25 ^a
- Protein (% dw)	13.88±0.09 ^b	14.24±0.12 ^a	14.19±0.06 ^a	14.36±0.20 ^a
- Total cyanide content (mg/kg dw)	121.10±0.30 ^a	88.08±0.35 ^b	55.88±0.36 ^d	56.78±0.08 ^c
Reduction of cyanide (%)		27.27	53.86	53.11

Remark: Values with different letters in the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

อยู่ในช่วง 70.68-70.84 มีค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 0.74-0.75 และ 18.98-19.23 ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวเป็นผลมาจากคุณสมบัติของกรดซิตริกในการช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และการสุกของลูกประที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhojen and Suwonsichon (2013) ที่พบว่าการเตรียมแก่นตะวันด้วยลูกในน้ำเดือดหรือแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ก่อนการอบแห้งสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของแก่นตะวันผงได้ โดยระยะเวลาการลวกหรือแช่ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ของแก่นตะวันผงเพียงเล็กน้อย

ด้านคุณภาพทางเคมี พบว่า ระยะเวลาในการต้มส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณไขมัน และปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นทำให้ลูกประได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เอื้อต่อการถายโอนมวลสารได้มากขึ้น (Yuenyongputtakal, 2013; Charoenphun and Meemuk, 2018) จึงมีผลให้สารละลายที่ใช้ต้มแพร่เข้าไปภายในเซลล์ของลูกประได้มากขึ้น ขณะที่น้ำและสารประกอบภายในเซลล์แพร่ออกมาในสารละลายที่ใช้ต้มได้มากขึ้นทำให้ลูกประภายหลังการต้มมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นและมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สารไซยาไนด์ในลูกประถูกทำลายได้มากขึ้น โดยเมื่อระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้นจาก 15 นาที เป็น 20 นาที การลดลงของปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 27.27 เป็นร้อยละ 53.86 เมื่อเทียบกับปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประดิบเริ่มต้น และไม่พบความแตกต่างปริมาณ

ไซยาไนด์ทั้งหมดในลูกประที่ต้มที่เวลา 20 นาทีและ 30 นาที สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhang *et al.* (2019) ที่พบว่าอัลมอนต์ขมมีปริมาณไฮโดรเจนไซยาไนด์ลดลงตามระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้นที่ทุกระดับอุณหภูมิ (90, 100 และ 130 องศาเซลเซียส) เนื่องจากความร้อนจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้ไซยาโนจินไกลโคไซด์ (amygdalin) เปลี่ยนไปอยู่ในรูปไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ได้มากขึ้น ซึ่งไฮโดรเจนไซยาไนด์เป็นกรดอ่อนที่ระเหยได้ง่ายและเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อต้มในน้ำเดือด โดยการต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ถึงร้อยละ 98.3 และผลการศึกษาของ Pokhariya *et al.* (2018) ที่พบว่าการต้มหน่อไม้ในน้ำเดือดส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนไซยาไนด์ในหน่อไม้ลดลงตามระยะเวลาในการต้มที่เพิ่มขึ้น โดยการต้มหน่อไม้ นาน 5 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ร้อยละ 63.56 เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการต้มเป็น 15 และ 25 นาที สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ร้อยละ 83.35 และ 94.72 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณไขมันพบว่าปริมาณไขมันในลูกประมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากความร้อนจากการต้มในสภาวะที่เป็นกรดไปทำลายผนังเซลล์รวมถึงพันธะต่าง ๆ ภายในเซลล์ของลูกประ จึงทำให้เกิดการปลดปล่อยไขมันให้อยู่ในรูปอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ตรวจวัดปริมาณไขมันในลูกประได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือและโปรตีนในลูกประที่ต้มที่ระยะเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhojen and Suwonsichon (2013) ที่พบว่าการเตรียมแก่นตะวันก่อนการอบแห้งด้วยการลวกในน้ำเดือด เมื่อระยะเวลาในการลวกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไขมันในแก่นตะวันผงเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีน ดังนั้น จากผลการศึกษาข้างต้น เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสม

ในการต้มลูกประจากคุณภาพด้านต่าง ๆ พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการต้มลูกประ คือ 20 นาที เนื่องจากให้ลูกประที่มีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดต่ำสุด ทั้งยังมีค่าสีและคุณภาพในระดับที่ดีเมื่อเทียบกับการต้มที่ระยะเวลาอื่น ๆ รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการต้มที่ไม่นานมากนัก

3.3 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อคุณภาพของลูกประ

การทำแห้งลูกประที่ผ่านการต้มในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นาน 20 นาที ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส จนมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.6 พบว่า การทำแห้งลูกประด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งต่างกัน โดยการทำแห้งลูกประที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 360, 210 และ 90 นาที ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในการทำแห้งทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น ส่งผลให้น้ำในอาหารที่ทำแห้งถูกระเหยออกมาได้มากขึ้น จึงใช้

ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยลง (Sirijariyawat *et al.*, 2015; Suphamityotin, 2018) เมื่อนำมาตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพและเคมีได้ผลแสดงดังตารางที่ 3 ด้านค่าสี พบว่า การทำแห้งส่งผลให้ลูกประเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากเดิมที่มีสีเขียวคล้ำเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล และจะมีสีเข้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้น โดยลูกประอบแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง แต่จะมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นตามระดับอุณหภูมิในการทำแห้งที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับลูกประสด อันเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนโดยมีความร้อนเป็นตัวเร่ง (Siyunglek *et al.*, 2019) ซึ่งอุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นจะส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี (Sirijariyawat *et al.*, 2015) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pichairat *et al.* (2016) ที่ศึกษาการทำแห้งเห็ดแครงด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้เห็ดแครงแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากการได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง

Table 3 Physical and chemical qualities of dried Pra seed at various drying temperatures

Qualities	Raw	Drying temperature ($^{\circ}\text{C}$)		
		60	80	100
- Color				
L^*	67.33 $\pm$ 0.07 ^c	73.00 $\pm$ 0.03 ^a	72.21 $\pm$ 0.16 ^b	64.69 $\pm$ 0.45 ^d
a^*	2.18 $\pm$ 0.03 ^c	1.31 $\pm$ 0.01 ^d	3.48 $\pm$ 0.10 ^b	8.55 $\pm$ 0.13 ^a
b^*	22.73 $\pm$ 0.06 ^c	21.14 $\pm$ 0.02 ^d	25.36 $\pm$ 0.05 ^b	28.41 $\pm$ 0.18 ^a
- a_w	0.970 $\pm$ 0.01 ^a	0.420 $\pm$ 0.01 ^c	0.429 $\pm$ 0.01 ^b	0.431 $\pm$ 0.03 ^b
- Moisture (%)	26.58 $\pm$ 0.18 ^a	3.73 $\pm$ 0.14 ^b	3.78 $\pm$ 0.08 ^b	3.84 $\pm$ 0.12 ^b
- Fat (% dw)	25.12 $\pm$ 0.42 ^c	29.69 $\pm$ 0.16 ^a	29.43 $\pm$ 0.03 ^a	27.76 $\pm$ 0.31 ^b
- Protein (% dw)	14.06 $\pm$ 0.05 ^b	14.19 $\pm$ 0.05 ^a	14.10 $\pm$ 0.02 ^{ab}	14.19 $\pm$ 0.06 ^a
- Total cyanide content (mg/kg dw)	150.89 $\pm$ 0.15 ^a	48.49 $\pm$ 0.04 ^b	47.79 $\pm$ 0.01 ^c	43.46 $\pm$ 0.20 ^d
Reduction of cyanide (%)		67.86	68.33	71.20
- Total phenolic content (mg GAE/100 g dw)	42.48 $\pm$ 0.11 ^c	38.40 $\pm$ 0.03 ^d	46.52 $\pm$ 0.19 ^b	52.23 $\pm$ 0.12 ^a
- DPPH (mg AAE/100 g dw)	8.57 $\pm$ 0.06 ^c	6.84 $\pm$ 0.03 ^d	8.83 $\pm$ 0.03 ^b	16.45 $\pm$ 0.04 ^a
- FRAP (mg GAE/100 g dw)	6.52 $\pm$ 0.02 ^b	5.34 $\pm$ 0.04 ^d	5.92 $\pm$ 0.03 ^c	6.77 $\pm$ 0.07 ^a

Remark: Values with different letters in the same row are significantly different ($p \leq 0.05$).

ด้านคุณภาพทางเคมี พบว่าการทำแห้งส่งผลให้ลูกประมามีค่าวอเตอร์แอคติวิตีและปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับลูกประสด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการระเหยน้ำออกในระหว่างการทำแห้ง โดยลูกประอบแห้งทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) และปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.420-0.431 และร้อยละ 3.73-3.84 โดยน้ำหนักตามลำดับ ขณะเดียวกันการทำแห้งส่งผลให้ลูกประอบแห้งที่ได้มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับลูกประสด และจะมีปริมาณไขมันลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) อันเป็นผลเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการทำแห้ง (Singhal *et al.*, 2022) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Supanpayak *et al.* (2020) ที่พบว่าการทำแห้งสำหรับผักกาดทะเลด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไขมันของสาหร่ายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนในลูกประ อันเป็นผลเนื่องมาจากการทำแห้ง ($p > 0.05$) และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณโซเดียมในตัวอย่างพบว่าการทำแห้งส่งผลให้ลูกประมีปริมาณโซเดียมในตัวอย่างทั้งหมดลดลง เนื่องจากการสลายตัวด้วยความร้อน และลูกประจะมีปริมาณโซเดียมในตัวอย่างทั้งหมดลดลงตามระดับอุณหภูมิในการทำแห้งที่เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ลูกประมีปริมาณโซเดียมในตัวอย่างทั้งหมดลดลงร้อยละ 67.86, 68.33 และ 71.20 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณโซเดียมในตัวอย่างทั้งหมดในลูกประสด ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Thaweewong and Anuntagool (2022) ที่พบว่าการอบแห้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่มีปริมาณโซเดียมไม่แตกต่างกัน แต่จะมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิในการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น โดยการอบแห้งมันสำปะหลังในช่วงแรก (0-40 นาที) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปเป็นไฮโดรเจนโซเดียม ขณะที่การอบแห้งช่วงหลัง (40-240 นาที) ทำให้เกิดการระเหยน้ำและสลายตัวของไฮโดรเจนโซเดียม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจึงมีปริมาณโซเดียมลดลง และ Zhang *et al.* (2019) ที่พบว่าการอบอัลมอนต์ขมที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณโซเดียมในอัลมอนต์ลดลง เนื่องจากความร้อนมีผลต่อการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโซเดียมไนโตรเจนไกลโคไซด์ให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปไฮโดรเจนโซเดียม และทำให้น้ำอัลมอนต์เกิดการระเหยออก ซึ่งไฮโดรเจนโซเดียมที่ถูกกำจัดออกไปพร้อมกับการระเหยของน้ำ ปริมาณโซเดียมจึงลดลง ด้านปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า การทำแห้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของลูกประอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับลูกประสด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากความ

ร้อนทั้งจากการต้มและการทำแห้งรวมถึงระยะเวลาที่ได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในทิศทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยพบว่าลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ขณะที่ลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ที่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้การทำแห้งที่อุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้เกิดความร้อนเพียงพอในการทำลายพันธะสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในรูปที่จับอยู่กับสารอื่น (bound form) ให้อยู่ในรูปอิสระหรือในรูปที่ละลายได้มากขึ้น รวมทั้งก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนโพลีฟีนอลในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดในระหว่างการทำแห้ง จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงทำให้คุณสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย (Yuenyongputtakal *et al.*, 2017) ลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าและเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงมากกว่า จึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า ขณะที่การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกอันเนื่องมาจากความร้อนและการเกิดออกซิเดชัน (Singhal *et al.*, 2022) ลูกประที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้งนานที่สุด จึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำสุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Singhal *et al.* (2022) ที่ศึกษาการทำแห้งหน่อไม้ด้วยวิธีที่ต่างกัน ได้แก่ การทำแห้งด้วยการตากแดด (30-37 องศาเซลเซียส) การทำแห้งด้วยเตาอบ (60 องศาเซลเซียส) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (70 องศาเซลเซียส) และการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 พบว่า การทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดให้หน่อไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานจึงทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกอันเนื่องมาจากการเกิดออกซิเดชันสูงสุด ขณะที่การทำแห้งด้วยไมโครเวฟแม้จะใช้เวลาน้อย แต่ทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิสูง จึงให้หน่อไม้ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำและมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำที่สุด ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้น เมื่อพิจารณาคุณภาพของลูกประอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งลูกประ คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ลูกประที่มีสีไม่เข้มจนเกินไป มีปริมาณไขมันและ

โปรตีนที่ระดับสูง และมีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับลูกประที่แห้งที่อุณหภูมิอื่น ๆ ทั้งยังใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่ไม่นานเกินไป โดยปริมาณไซยาไนด์ที่ได้รับจากการบริโภคลูกประอบแห้งที่เตรียมจากการต้มในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กก./วัน ซึ่งต่ำกว่าข้อกำหนดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ที่กำหนดให้รับสารไฮโดรเจนไซยาไนด์ได้ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กก./วัน (Teerapapthamkul *et al.*, 2011) (กำหนดปริมาณการบริโภคลูกประอบแห้งที่ 60 กรัม/วัน และใช้ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่ 60 กิโลกรัม) อย่างไรก็ตาม ลูกประอบแห้งผลิตขึ้นเพื่อต้องการยืดอายุการเก็บรักษาของลูกประและเพื่อให้ได้ลูกประที่มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งกระบวนการผลิตดังกล่าวอาจช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ในลูกประลง ทำให้มีความปลอดภัยในการบริโภคเพิ่มขึ้น

4. สรุป

การศึกษาผลของสภาวะการต้มและการทำแห้งต่อคุณภาพลูกประ เพื่อทราบกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตลูกประอบแห้งที่มีคุณภาพและเก็บรักษาไว้ได้นาน พบว่ากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตลูกประอบแห้ง คือ การต้มลูกประที่แยกเอาเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดออกแล้วในสารละลายผสมระหว่างเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนของลูกประและสารละลายที่ใช้ต้ม 1: 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำลูกประมาหั่นเป็นชิ้นบางและทำแห้งในตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 210 นาที ซึ่งการต้มและการทำแห้งส่งผลให้ลูกประมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ปริมาณความชื้นและปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดลดลง โดยมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับ 0.429 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.78 โดยน้ำหนัก มีปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมด 47.79 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ลูกประอบแห้งที่ผลิตได้จึงมีคุณภาพและความปลอดภัยที่เหมาะสมกับการบริโภค และเก็บรักษาไว้ได้นาน

5. เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC international** (17thed). AOAC International, Arlington.

- Bolarinwa, I.F., Orfila, C. and Morgan, M.R.A. 2015. Determination of amygdalin in apple seeds, fresh apples and processed apple juices. **Food Chemistry** 170: 437-442.
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power : The frap assay. **Analytical Biochemistry** 239(1): 70-76.
- Bhoyen, K. and Suwonsichon, S. 2013. Effects of blanching and acid treatments on chemical and physical properties of Jerusalem artichoke powder. pp.178-185. *In The 51st Kasetsart University Annual Conference*. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Charoenphun, N. and Meemuk, N. 2018. Effects of different blanching methods on quality of orange sweet potatoes. **Thai Science and Technology Journal** 26(6): 981-992. (in Thai)
- Charoensuk, A. , Jaroensutasinee, M. , Srisang, W. and Jaroensutasinee, K. 2012. Parah forest clusters at Khao Nan national park, Thailand. **Walailak Journal of Science and Technology** 9(4): 475-480.
- Chinnasarn, S. and Krasaechol, N. 2020. Effect of pretreatment and drying conditions on quality of dried Green Caviar product. **The Journal of KMUTNB** 30(4): 668-677. (in Thai)
- Choonhahirun, A. 2010. Proximate composition and functional properties of Pra (*Elaterrispermum tapos* Blume) seed flour. **African Journal of Biotechnology** 9(36) : 5946-5949.
- Jaiwunglok, P. 2009. Effects of temperature and pH on taxiphyllin degradation in bamboo shoot. Master thesis (Food Engineering), King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)
- Jantarit, S., Wattanasit, S. and Sotthibandhu, S. 2009. Canopy ants on the briefly deciduous tree (*Elaterrispermum tapos* Blume) in a tropical rainforest, southern Thailand. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 31(1): 21-28.
- Jitnupong, S. 2016. Changes in rights of access and withdrawal in Pra forest, and conflict: A case study of Pra forest, Khao Nan national park, Noppitam district, Nakhon Si Thammarat province. **Asian Journal of Arts and Culture** 16(1): 115-142. (in Thai)
- Kaewsuwan, W. and Nuichan, L. 2018. Effect of blanching time on characteristic of dried Pra seed. pp. 1117-

1125. In **The 8th Phayao Research Conference**. University of Phayao, Phayao. (in Thai)
- Kunjaetong, T., Sangnark, A. and Siriwong, N. 2018. Effect of boiling and steaming time of unripen banana on their physicochemical and functional properties, pp. 797-804. In **The 56th Kasetsart University Annual Conference**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Makpan, W. 2018. Survey of quantity and valuation of Pra at Buddha cave community: A boundary between Nakhon Si Thammarat and Trang provinces. **KKU Science Journal** 46(2): 317-323. (in Thai)
- Mompiboon, P., kaewsuwan, W., Tripatch, A. and Wattananavin, T. 2018. Development of food processing technology from Pra seed (*Elateriospermum tapos* Blume) for commercial. **Wichcha Journal** 37: 114-128. (in Thai)
- Ngamriabsakul, C. and Kommen, H. 2009. The preliminary detection of cyanogenic glycosides in Pra (*Elateriospermum tapos* Blume) by HPLC. **Walailak Journal of Science and Technology** 6(1): 141-147.
- Nounmusig, J., Detchphetchtharak, P., Kongthong, J., Pethuan, S. and Yodpijit, S. 2023. Development of alternative milk from Parah seed (*Elateriospermum tapos*) . **Wichcha Journal** 42(2): 80-93. (in Thai)
- O'Brien, G.M., Taylor, A.J. and Pouler, N.H. 1991. Improved enzymatic assay for cyanogen in fresh and processed cassava. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 56(3): 277-289.
- Pichairat, D., Mahae, N. and Lohalaksnadech, S. 2016. **Research Reports on Nutritional Value and Optimum Condition for the Production of Dried Split Gill (*Schizophyllum commune* Fr.)**. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang. (in Thai)
- Pokhariya, P., Tangariya, P., Sahoo, A., Awasthi, P. and Pandey, A. 2018. Reducing hydrocyanic acid content, nutritional and sensory quality evaluation of edible bamboo shoot based food products. **International Journal of Chemical Studies** 6(4): 1079-1084.
- Prakash, A., Vadivel, V., Banu, S.F., Nithyanand, P., Lalitha, C. and Brindha, P. 2018. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of solvent extracts of agro-food by-products (cashew nut shell, coconut shell and groundnut hull). **Agriculture and Natural Resources** 52: 451-459.
- Rana, B., Awasthi, P. and Kumbhar, B.K. 2012. Optimization of processing conditions for cyanide content reduction in fresh bamboo shoot during NaCl treatment by response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**. 49(1):10-109.
- Rawat, K., Nirmala, C. and Bisht, M.S. 2015. Processing techniques for reduction of cyanogenic glycosides from bamboo shoots, pp. 818-829. In **The 10th World Bamboo Congress**. World Bamboo, Korea.
- Singhal, P., Satya, S. and Naik, S.N. 2021. Fermented bamboo shoots: A complete nutritional, anti-nutritional and antioxidant profile of the sustainable and functional food to food security. **Food Chemistry: Molecular Sciences** 3: 100041.
- Singhal, P., Satya, S. and Naik, S.N. 2022. Effect of different drying techniques on the nutritional, antioxidant and cyanogenic profile of bamboo shoots. **Applied Food Research** 2: 100036.
- Sirijariyawat, A., Phuetsing, S. and Polviluy, C. 2015. Effect of drying temperature on quality of *Spirogyra* sp. **KKU Science Journal** 43(3): 459-468. (in Thai)
- Siyunglek, M., Techakriengkrai, T. and Siriwong, N. 2019. Preparation and application of dried almond residue for substitution of almond flour in macaron. **Thai Science and Technology Journal** 28(9): 1572-1584. (in Thai)
- Suphamityotin, P. 2018. Drying of carrot pomace and utilization in the bread for improving nutrition values. **KKU Science Journal** 46(1): 93-101. (in Thai)
- Supanpayak, J., Chalermchaiwat, P. and Limsuwan, T. 2020. Effect of drying condition on the quality of Sea Lettuce (*Ulva rigida*) and its application in crispy snack. **KKU Science Journal** 48(2): 227-235. (in Thai)
- Teerapapthamkul, S., Thongpho, S., Jamsri, W., Promprasit, P., Unahalekhaka, J. and Chinwattanawong, P. 2011. Risk assessment of cyanide in bamboo shoots. **Bulletin of the department of medical science** 53(2): 67-79. (in Thai)
- Thaweewong, P. and Anuntagool, J. 2022. Effect of drying on cyanide content in cassava, pp. 92-100. In **The 60th Kasetsart University Annual Conference**. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

- Thammachai, K. 2006. Quality of common figs dehydrated by tray dryer. Master thesis (Food Science and Technology), Chiang Mai University. (in Thai)
- Yuenyongputtakal, W. 2013. Factors influencing on dewatering by osmotic dehydration of fruits and vegetables. **Burapha Science Journal** 18(1): 226-223. (in Thai)
- Yuenyongputtakal, W., Thimthong, D. and Bangsri, W. 2013. Effect of Pre-treatment Method and Iron Content Enrichment on Sea Lettuce (*Ulva rigida*) in Osmosis Process. **Thai Science and Technology Journal** 21(5): 461-473. (in Thai)
- Yuenyongputtakal, W., Limroongreungrat, K., Chaipanand, P. and Srimuang, T. 2017. Effect of hot air drying temperature and time on qualities of enoki mushroom (*Flammulina velutipes*) powder produced from uncommonly consumed part. **Thai Science and Technology Journal** 25(6): 1001-1014. (in Thai)
- Zhang, R., Zeng, Q., Deng, Y., Zhang, M., Wei, Z., Zhang Y. and Tang, X. 2013. Phenolic profiles and antioxidant activity of litchi pulp of different cultivars cultivated in southern China. **Food Chemistry** 136(3-4): 1169-1176.
- Zhang, L., Zhao, M., Chen, J., Wang, M. and Yu, X. 2019. Reduction of cyanide content of bitter almond and its oil using different treatments. **International Journal of Food Science and Technology** 54: 3083-3090.