

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

Product Development of Toddy Palm Seeds in Sugar Palm Juice Packed in Retort Pouch

สุภัทรา กล่ำสกุล^{1,*}, กัญญา รัชตชัยยศ¹, บำเพ็ญ นิ้มเขียน¹ และ ประกาศ ชมภูทอง¹
Supatra Klamsakul^{1,*}, Kanya Ratchatachaiyos¹, Bumpen NimKian¹ and Prakard Chomphuthong¹

Received: January 9, 2024

Revised: June 4, 2024

Accepted: June 6, 2024

บทคัดย่อ

ปัจจุบันตาลโตนดถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิดมากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ โดยการศึกษาระยะเวลาการเจริญของผลลูกตาลที่เหมาะสมในการผลิต 2 ระยะ พบว่าระยะเวลาการเจริญของผลตาลอ่อนระยะที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 7.96 คะแนน ค่าความแข็ง 208.83 นิวตัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 7.03 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.43 การศึกษาปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสดที่ร้อยละ (10, 20 และ 30) พบว่าที่ระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดที่ 7.90 คะแนน การศึกษาระยะเวลาการแทรกผ่านความร้อนที่ระดับ F_0 ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที พบว่าที่ F_0 ที่ 6.6 นาที ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 7.88 สี 7.78 กลิ่น 6.98 รสชาติ 7.94 และเนื้อสัมผัส 7.42 คะแนน และตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่าเมื่ออายุการเก็บเพิ่มขึ้น การทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนลดลงในทุกคุณลักษณะ โดยมีคะแนนในช่วง 8.62-7.12 คะแนน อยู่ในระดับชอบมากถึงชอบปานกลาง และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ ทั้ง 4 ชนิด ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน

คำสำคัญ : น้ำตาลสด ลูกตาลอ่อน รีทอร์ทเพาซ์

ABSTRACT

Nowadays, palm sugar is increasingly processed into various products. This research aims to increase the product value of palm sugar seeds in sugar palm juice packed in retort pouches. Analysis results of toddy palm seed maturation 2 stages showed that young palm exhibited favorable characteristics with the highest liking score of 7.96 points, hardness value 208.83 newtons, soluble solids 7.03 °Brix, pH 7.43. The study of adding fruit pulp at 10, 20 and 30% into fresh palm juice resulted in the highest liking score of 7.90 points at a 20% fruit pulp. Furthermore, optimal heat penetration conditions, defined by F_0 at temperature of 121°C for 6.6, 8.5 and 10.9 minutes at F_0 6.6 minutes presented superior sensory attributes, including color, smell, taste, and texture at of 7.88, 7.78, 6.98, 7.94 and 7.42 points, respectively. Microbiological analysis revealed the absence of total microorganisms, yeast and mold, heat-tolerant microorganisms, and microorganisms associated with sour taste. Sensory evaluation scores showed a decline in ratings as the storage time of palm sugar increased. Scores ranged from 8.62 to 7.12 points for characteristics rated as 'very like' to 'like moderately' and none of microorganisms were detected during 4 month of storage.

Keywords: sugar palm juice, toddy palm seeds, retort pouch

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

บทนำ

น้ำตาลสดหรือน้ำตาลโตนดเป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนด ที่มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า Palmyra palm ต้นตาลโตนดเป็นพืชในตระกูลปาล์มมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* Linn. สำหรับประเทศไทย ต้นตาลโตนดในแถบภาคใต้ของประเทศนับตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีถึงจังหวัดสงขลา [1] โดยจังหวัดเพชรบุรีมีจำนวนต้นตาลประมาณ 1,444,954 ตาลตัวผู้ 833,394 ตาลตัวเมีย 611,560 ต้นและในปี พ.ศ. 2548 เพชรบุรีเหลือต้นตาลโตนดประมาณ 440,535 ต้น และประชากรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 เป็นเกษตรกรที่มีอาชีพปลูกพืชผลผลิตหลักได้แก่ ต้นตาลโตนด ชมพู่ กระเทียม มะนาว กล้วยน้ำว่า กล้วยหอม และกล้วยไข่ เป็นต้น [2] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแหล่งในการผลิตน้ำตาลโตนดสดจะมีปริมาณมาก แต่พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดสดยังมีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยต่อปีอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ต่อหัวทั่วทั้งประเทศ [3]

โดยปกติ น้ำตาลโตนดสด หากเก็บอย่างระมัดระวังในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว สามารถเก็บไว้โดยไม่เน่าเสียในชั่วระยะเวลาหนึ่ง แต่ถ้าเก็บโดยปราศจากความระมัดระวังน้ำตาลโตนดสด จะเน่าเสียอย่างรวดเร็ว โดยมีจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมเข้าไปเจริญเติบโตในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวซึ่งใช้เวลานานในการเก็บน้ำตาลโตนดลงกระบอกจากต้นตาลที่อุณหภูมิห้องในสภาพบรรยากาศปกติ จะทำให้เกิดการหมักขึ้นระหว่างการเก็บน้ำตาลสดในกระบอก ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นปัญหาสำคัญในการทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลสดนั้นมีพวกแบคทีเรีย ยีสต์และรา [4] จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสดซึ่งไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ลูกตาลอ่อน คือ ผลตาล เป็นส่วนของผลสามารถเก็บเกี่ยวหลังจากออกจั่นแล้ว 2 ½ - 3 เดือน นำมาฉะเอาเมล็ดข้างในที่ยังอ่อนอยู่ออกมาเรียกว่า ลอนตาล ในลูกตาล 1 ลูกจะมีลอนตาลประมาณ 3 ลอน ลอนตาลอ่อนเมื่อปอกเปลือกหุ้มเมล็ดออกจะเป็นเนื้อ

สีขาว อ่อนนุ่ม มีรสหวานมัน ใช้บริโภคหรือนำไปเชื่อมคุณค่าทางโภชนาการของลูกตาลอ่อน ต่อ 100 กรัม พลังงาน 47 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 9.0 กรัม โปรตีน 0.5 กรัม เส้นใย 0.5 กรัม ไขมัน 1.0 กรัม น้ำ 88.5 กรัม วิตามินบี 1 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.01 มิลลิกรัม วิตามินบี 3 0.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 2 มิลลิกรัม ธาตุแคลเซียม 6 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.7 มิลลิกรัม และธาตุฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัม [5]

รีทอร์ทเพาซ์ เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้ (flexible packaging) ประกอบด้วยวัสดุ เช่น พลาสติก อลูมิเนียม และวัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ใช้สำหรับบรรจุอาหาร ทนต่อความร้อนและความดัน ใช้ในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว รีทอร์ทเพาซ์ที่นิยมใช้บรรจุอาหารโดยทั่วไป ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นาน ตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 2 ปี มีน้ำหนักเบากว่าขวดแก้วและกระป๋อง ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและขนส่ง สะดวกในการใช้งาน และยังช่วยลดเวลาในการฆ่าเชื้อจึงรักษาคุณภาพอาหารและคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่า [6]

ในปัจจุบันมีการนำน้ำตาลโตนดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้แก่ น้ำตาลสดพาสเจอร์ไรส์บรรจุขวด วุ้นน้ำตาลสด น้ำตาลโตนดแบบผงสำหรับเป็นสารให้ความหวาน ไซรับน้ำตาลโตนด และอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลโตนดและผลตาลอ่อนที่มีในจังหวัดเพชรบุรี ที่มีการจำหน่ายแบบบริโภคสดเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ราคาต่ำ และอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โดยนำมาพัฒนาเป็นลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่มีการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นและสะดวกในการบริโภค โดยนำมาศึกษาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อในเครื่องรีทอร์ทโดยบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาซ์เพื่อทำลายสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* โดยใช้เวลาน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและปลอดภัยกับผู้บริโภค และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะนำไปสู่แนวทางการผลิตในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสมและการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ศึกษากระบวนการเจริญของผลลูกตาลที่เหมาะสมในการผลิตลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

นำผลลูกตาลอ่อนที่เก็บจากต้นตาลโตนดใหม่ ๆ ระยะเวลาการเจริญเติบโตของผล โดยเลือกผลที่มีเปลือกนอกมีสีเขียวเข้ม แต่ครึ่งบนยังมีสีเขียวอ่อน และผลที่มีสีเขียวค่อนข้างทึบเปลือกด้านนอกออก เฉาะเอาผลตาลข้างในออกมานำมาสุ่มวัดจำนวน 10 ผล โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสและแบ่งระยะของผลตาลดังนี้

ระยะการเจริญของผลที่ 1 ผลตาลเนื้อมีลักษณะสีขาวใส เนื้อแน่นและนิ่ม มีปริมาณน้ำในเนื้อมาก เนื้อมีลักษณะอ่อน นุ่ม สีใสเหมือนวุ้น มีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน รสหวานหอม และเปลือกมีสีขาวนวล

ระยะการเจริญของผลที่ 2 ผลตาลเนื้อมีลักษณะสีขาวขุ่นเนื้อแน่นและแข็ง มีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีน้ำเปลือกมีสีขาวขุ่นอมเหลือง และนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย

1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1.1.1 คุณภาพด้านสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab ใช้ ระบบ CIE วัดค่าในรูป L^* , a^* , b^* รุ่น UltraScan VIS, ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ใช้เทตัวอย่างใส่ในควอทซ์ ขนาด 100 มิลลิเมตร ปริมาณ 3/4 ตั้งค่า Illuminant Observers ที่ D65/10

1.1.2 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA.XT Plus บริษัท Stable Micro Systems, ประเทศอังกฤษ) วัดความแข็ง (hardness) ใช้หัว (P/2N) หัวรูปทรงกระบอกปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ตั้งค่า Pre - Test speed :3.00 mm/sec, Test speed : 1.00 mm/sec, Post-Test Speed :10.00 mm/sec ระยะทาง % โดยนำผลลูกตาลอ่อนทั้ง 2 ระยะ ปอกเปลือก วัด 10 ผล จำนวน 3 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

1.1.3 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (refractometer รุ่น RX-5000 α บริษัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น) วัดค่าโดยการปอกเปลือกและปั่นเนื้อลูกตาลอ่อนและนำมาทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) รุ่น Ph 700 EUTECH ประเทศสิงคโปร์

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.3.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-point hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เสิร์ฟตัวอย่างอาหารให้กับผู้ทดสอบจำนวนลูกตาลอ่อนคนละ 1 เมล็ด โดยให้ทำการตรวจคุณลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2. ศึกษาปริมาณเนื้อลูกตาลที่เติมลงในน้ำตาลสดอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด

นำผลลูกตาลอ่อนที่เลือกจากตอนที่ 1 (ผลตาลอ่อนระยะที่ 1) มาทำการศึกษาในขั้นตอนที่ 2 ปอกเปลือกล้างทำความสะอาด แล้วนำมาหั่นเต๋า ขนาด 3×3 มิลลิเมตร นำไปแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 นาน 5 นาที ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำเนื้อลูกตาลอ่อนไปเชื่อมกับน้ำตาลทรายให้ได้ 10 องศาบริกซ์ (ลูกตาลอ่อนมีค่าความหวานเริ่มต้นเท่ากับ 6 องศาบริกซ์) ปรับค่าความหวานตามหลักวิธีเพียร์สัน สแควร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตักเนื้อลูกตาลอ่อนให้สะเด็ดน้ำ นำมาใส่ถ้วยตามอัตราส่วนที่มีน้ำตาลโดนดสดพาสเจอร์ไรซ์ที่ความหวานเท่ากับ 17 บริกซ์ ใช้น้ำตาลโดนดสดถ้วยละ 50 มิลลิตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-point hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) โดยนำตัวอย่างอาหารที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ใช้ผู้บริโภคนับรวมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคนชอบมากที่สุดมา 1 สูตร

3. ศึกษาระยะเวลาการแทรกผ่านความร้อนที่ F_0 เป้าหมาย 3 ระดับ (6, 8 และ 10 นาทีและจำนวน F_0 ที่ได้)

ทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในระหว่างการทำเชื้อ วัดอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางของถุงทดสอบจำนวน 3 ตำแหน่ง การคำนวณค่า F_0 โดยใช้โปรแกรม ElabVal Suite Pro กำหนดค่า F_0 ในช่วง 6, 8 และ 10 นาทีตามลำดับ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่า F_0 คือเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการฆ่าเชื้อซึ่งได้มาจากการคำนวณค่าของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อและค่าคงที่ (Z) โดยทั่วไป F อยู่ที่ 121.11 องศาเซลเซียสกับ $Z = 10$ องศาเซลเซียส จะได้ค่า $F_{121.1}^{10}$ ค่า F_0 ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่า 3 นาทีในอาหารที่เป็นกรดต่ำ เพื่อให้เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* โดยใช้เวลานับที่สั้นที่สุดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และจุลินทรีย์กลุ่มที่ทนความร้อนสูง (thermophile) ซึ่งมีค่า D-value ($D_{250^\circ\text{F}} = 4.0\text{-}5.0$ นาที) มากกว่า *C. botulinum* [6]

เลือกสูตรที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุดจากตอนที่ 2 มาทำการแปรรูปโดยนำลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุถุงรีโอร์ทเพาซ์ โดยการเตรียมวัตถุดิบใช้เนื้อลูกตาลร้อยละ 20 ที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด (เนื้อลูกตาลจำนวน 40 กรัม และน้ำตาลสด 160 กรัม) คือ ลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 และน้ำตาลสด ร้อยละ 80 ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที น้ำตาลสดความหวานเท่ากับ 17 บริกซ์ บรรจุใส่ถุงรีโอร์ทเพาซ์ชนิดทึบแสง (PET 12/NY15/AI9/CP80) ขนาดถุง

120x170x35 มิลลิเมตร บรรจุ 200 มิลลิลิตร ปิดผนึกถุงด้วยความร้อน อุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส เพื่อไล่อากาศก่อนการปิดผนึก ตรวจสอบรอยรั่วของถุง ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันเกจที่ 0.2 เมกกะปาสคาล process time เท่ากับ 10, 12 และ 14 นาที ที่ F_0 เป้าหมายเท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที CUT (min) เท่ากับ 14 นาที cooling (min) เท่ากับ 20 นาที และคำนวณ F_0 ที่ได้ และนำผลิตภัณฑ์มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 คุณภาพด้านสี วิธีการวิเคราะห์เหมือนข้อ 1.1.1

3.1.2 วิเคราะห์ค่า F_0 ในทุกอุณหภูมิโดยเครื่องฆ่าเชื้อแบบไอน้ำ (Hot Water Spray Retort รุ่น RCS-60SPXTG บริษัทชิคาเกะ, ประเทศญี่ปุ่น) ที่ F_0 เป้าหมายเท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และคำนวณ F_0 ที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด วิธีการวิเคราะห์เหมือนข้อ 1.1.3 โดยการปั่นเนื้อลูกตาลและน้ำตาลสดเข้าด้วยกันและนำมาวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

3.2.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิธีการวิเคราะห์เหมือนข้อ 1.2.1

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ด้วยวิธีการของ BAM [7] ปริมาณ thermophilic anaerobe และปริมาณ flat sour thermophilic ด้วยวิธีการของ AOAC [8]

3.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-point hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด)โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการประเมิน

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

คุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของน้ำตาลสด รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ใช้ผู้บริโภคมทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดมา 1 สูตร

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากตอนที่ 3 มาทำการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-35 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 120 วัน (4 เดือน) และทำการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุก 30 วัน โดยนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา วิธีการวิเคราะห์เหมือนวิธีการข้อ 3.3

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสทำเหมือนวิธีการข้อ 2.1 แต่ในขั้นตอนนี้ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 30 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

5. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ประสาทสัมผัสและเคมี วิเคราะห์สถิติโดยใช้ t-test แบบ Independent (Table 1) และการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Table 3)

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA

และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16 (Table 2, 5 และ 7)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาระยะเวลาการเจริญของผลลูกตาลที่เหมาะสมในการผลิตลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

จาก Table 1 การวัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ของการเจริญของผลลูกตาลโดนระยะเวลาที่ 1 (ผลลูกตาลอ่อน) และระยะที่ 2 (ผลลูกตาลแก่) พบว่าค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลลูกตาลระยะที่ 2 มีค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็งเท่ากับ 960.24 นิวตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลลูกตาลอ่อนระยะที่ 1 เท่ากับ 208.83 นิวตัน เพราะผลลูกตาลแก่คือระยะที่ 2 จะมีเส้นใยละเอียด เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง สีขาวขุ่น มีน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีอยู่ภายในผล ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jaiboon and Pliansri (2007) [9] รายงานว่า เนื้อลูกตาลแก่จะมีลักษณะเนื้อแข็ง เนื้อสัมผัสแน่น น้ำด้านในมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อลูกตาลอ่อน

ค่าสี (L^* , a^* , b^*) พบว่าค่าสีของผลลูกตาลอ่อนและแก่ มีค่าความสว่าง (L^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งพบว่า ผลลูกตาลอ่อนและแก่ มีค่า L^* เท่ากับ 33.81 และ 25.53 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ -0.86 และ -1.88 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ -4.96 และ -5.10 โดยลูกตาลอ่อนมีค่าความสว่างเท่ากับ 33.81 มากกว่าลูกตาลแก่ สัมพันธ์กับค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว a^* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งอยู่ในช่วงลบ เป็นค่าความเป็นสีเขียว มีค่าเท่ากับ -0.86 และค่าความเป็นสีเหลือง และสีน้ำเงิน b^* มีแนวโน้มลดลงซึ่งอยู่ในช่วงลบ ส่วนใหญ่เป็นค่าความเป็นสีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ -4.96 แสดงว่าลูกตาลอ่อนมีสีค่อนข้างใส อาจเป็นผลเนื่องมาจากเนื้อที่มีลักษณะอ่อน นุ่ม สีใสเหมือนวุ้น และมีน้ำอยู่ภายในผลของลูกตาลอ่อน

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Table 1 Physical, chemical and sensory qualities of toddy palm seeds

Various qualities	Stage 1	Stage 2
Physical quality		
Hardness (N)	208.83±103.40 ^b	960.24±105.93 ^a
L*	33.81±0.30 ^a	25.53±3.74 ^b
a*	-0.86±1.09 ^b	-1.88±0.51 ^a
b*	-4.96±1.43 ^b	-5.10±1.18 ^a
Chemical quality		
Total soluble solid (°Brix)	7.03±0.39 ^a	6.44±0.09 ^b
pH ^{ns}	7.43±0.27	7.44±0.29
Sensory quality		
Texture (Hardness)	7.88±0.96 ^a	7.88±0.96 ^a
overall likeness	7.96±1.06 ^b	6.38±1.62 ^b

Remark: ^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

^{ns} Means not significantly different within the same row ($P > 0.05$)

Data analysis using Independent-Sample t-Test

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของระยะการเจริญของผลตาลโตนด พบว่าระยะที่ 1 และระยะที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยทดสอบคุณลักษณะต่างๆกับผู้บริโภคนได้แก่ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคนให้คะแนนความชอบเนื้อลูกตาลระยะที่ 1 ด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.88 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.96 คะแนนและผู้บริโภคนให้คะแนนความชอบเนื้อลูกตาลระยะที่ 2 คะแนนเนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.88 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.38 คะแนน เพราะการที่ผู้บริโภคนชอบเนื้อลูกตาลระยะที่ 1 มากกว่าเนื้อลูกตาลระยะที่ 2 อาจเป็นเพราะเนื้อที่มีลักษณะนุ่มใสเหมือนวุ้นมากกว่าเนื้อที่มีลักษณะแน่น แข็งของเนื้อลูกตาลระยะที่ 2

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของระยะการเจริญของผลลูกตาลโตนดระยะที่ 1 และระยะที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลลูกตาลโตนดระยะที่ 1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีแนวโน้มสูงกว่าผลลูกตาลระยะที่ 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 7.03 °Brix

และ 6.44 °Brix อาจเป็นเพราะเนื้อลูกตาลระยะที่ 1 เนื้อมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน และมีรสชาติหวาน แต่ส่วนเนื้อลูกตาลระยะที่ 2 จะมีเส้นใยละเอียด เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง สีขาวขุ่น และมีน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่อยู่ภายในผล [10]

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งเนื้อลูกตาลโตนดระยะที่ 1 และระยะที่ 2 มีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย

2. ศึกษาระดับเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสดอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ที่ผู้บริโภคนยอมรับมากที่สุด

จาก Table 2 การคัดเลือกระดับเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด พบว่า ระดับเนื้อลูกตาลอ่อนที่อัตราส่วนร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด 7.90 คะแนน และคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสมีคะแนนที่ 8.84 คะแนน มีคะแนนสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิติกับทุกสูตร อาจเป็นเพราะเนื้อลูกตาลอ่อนอยู่ในระดับที่เหมาะสมระหว่างน้ำตาลสดและเนื้อลูกตาลอ่อน ทำให้ผู้

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

ทดสอบชอบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ และผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น (น้ำตาลโตนด) และรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในสูตรที่เติมเนื้อลูกตาลอ่อนร้อยละ 10, 30 และสูตรควบคุม (0)

Table 2 Sensory acceptability score of toddy palm seeds in sugar palm juice by different levels of toddy palm seeds

Attributes	Control (0)	level of toddy palms (percent)		
		10	20	30
Color ^{ns}	6.44±1.18	6.42±1.14	6.30±1.12	6.42±1.19
Sugar palm juice odor ^{ns}	6.21±1.28	6.26±1.21	6.28±1.18	6.25±1.27
Taste ^{ns}	7.64±1.16	7.62±1.01	7.60±1.17	7.65±1.18
Texture likeness	2.88±1.88 ^d	6.08±1.47 ^c	8.84±0.99 ^a	6.30±1.50 ^b
Overall likeness	6.48±1.16 ^c	6.24±0.98 ^d	7.90±1.19 ^a	6.96±0.15 ^b

Remark: ^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P\leq0.05$).

^{ns} Means not significantly different within the same row ($P>0.05$).

3. ศึกษาระยะเวลาการแทรกผ่านความร้อนของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด (ที่ F_0 เป้าหมายเท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที)

ผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุเทอร์มopak ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลา F_0 เป้าหมาย คือ 6, 8 และ 10 นาที ผลดัง Table 3

คุณภาพทางกายภาพของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์เทอร์มopak ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ต่างๆ พบว่า ค่า F_0 เป้าหมายที่ 6 นาทีได้ค่า F_0 จากการคำนวณเท่ากับ 6.6 นาที F_0 เป้าหมายที่ 8 นาทีได้ค่า F_0 จากการคำนวณเท่ากับ 8.5 นาที และ F_0 เป้าหมายที่ 10 นาทีได้ค่า F_0 จากการคำนวณเท่ากับ 10.9 นาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P\leq0.05$) ค่าสี ความสว่าง (L^*) มี

แนวโน้มลดลงคือมีสีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการฆ่าเชื้อเพิ่มสูงขึ้น ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ค่า a^* เท่ากับ -1.44, -1.39 และ -1.21 ตามลำดับค่า a^* เท่ากับ -1.44 มีแนวโน้มสูงขึ้น อยู่ในช่วงค่าลบแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกสีเขียว และ ค่า b^* เท่ากับ 7.74 มีแนวโน้มสูงขึ้น อยู่ในช่วงค่าบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกเหลือง เมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงขึ้นทำให้ค่าของสีเหลืองมีแนวโน้มลดลง จากการศึกษาของ Meenun (2004) [11] พบว่าสีของน้ำตาลสดมีสีเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาลเมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงขึ้น อาจเป็นเพราะการให้ความร้อนหรือการฆ่าเชื้อในระดับสเตอริไลซ์ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน และพบว่าค่าสีของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์นั้นจะมีสีเหลืองปนน้ำตาล

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Table 3 Physical quality and chemical quality of toddy palm seeds in sugar palm juice packed in retort pouch at various F_0

Various qualities	Product sterilization time (minutes)		
	F_0 calculate = 6.6	F_0 calculate = 8.5	F_0 calculate = 10.9
Physical quality			
L^*	23.01±0.29 ^a	22.79±0.33 ^b	20.11±0.53 ^c
a^*	-1.44±0.09 ^c	-1.39±0.10 ^b	-1.21±0.11 ^a
b^*	7.74±0.07 ^a	6.12±0.22 ^b	5.54±0.11 ^c
Chemical quality			
Total soluble solid (°Brix) ^{ns}	17.40±0.05	17.44±0.01	17.47±0.00
pH ^{ns}	5.63±0.05	5.62±0.01	5.63±0.01

Remark: ^{a, b, c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

^{ns} Means not significantly different within the same row ($P > 0.05$).

F_0 target equals 6, 8 and 10 minutes : Initial temperature of food (°C) equal to 70, CUT (min) equal to 14, Press (MPa) equal to 0.2 MPa, Sterilized at a temperature of 121 °C, Cooling (min) equal to 20

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุถุงรีทอร์ทเพาซ์ ที่ฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 17.40, 17.44 และ 17.47 °Brix พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ F_0 เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อาจเป็นเพราะเกิดจากกระบวนการถายโอนมวลสารในขั้นตอนการฆ่าเชื้อที่มีเพิ่มขึ้น อุณหภูมิและความดันมีผลทำให้ผนังเซลล์ของอาหารเกิดการขยายตัว สารละลายในอาหารเคลื่อนที่สู่ภายนอกมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลง ส่งผลให้ปริมาณของแข็งเพิ่มสูงขึ้น [12] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phaichamnan (2009) [13] ได้รายงานว่าคุณค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ มีค่าเท่ากับ 12.0 °Brix ค่าความหวานจะสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลโตนดสด เพราะระยะเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อและ

อุณหภูมิที่สูง เวลาที่ต่างกันจะทำให้น้ำตาลโตนดมีค่าความเข้มข้นสูงขึ้น และอาจเป็นเพราะปริมาณความหวานในน้ำตาลโตนดและน้ำตาลในลูกตาลอ่อนเริ่มต้นมีปริมาณที่สูง ส่งผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อและบรรจุถุงรีทอร์ทเพาซ์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ได้ค่า F_0 จากการคำนวณเท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.63, 5.62 และ 5.63 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meenun (2004) [11] ที่ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ มีค่าเท่ากับ 5.7

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Table 4 The quality of microorganisms toddy palm seeds in sugar palm juice packed in retort pouch at various F_0

Microbial quality	Product sterilization time (minutes)		
	F_0 calculate = 6.6	F_0 calculate = 8.5	F_0 calculate = 10.9
Aerobic plate count (cfu/ml)	Not found	Not found	Not found
Yeast and mold (cfu/ml)	Not found	Not found	Not found
Thermophile anaerobe (cfu/2ml)	Not found	Not found	Not found
Flat sour thermophilic (cfu/2ml)	Not found	Not found	Not found

Remark: F_0 target equals 6, 8 และ 10 minutes , Initial temperature of food ($^{\circ}\text{C}$) equal to 70, CUT (min) equal to 14, Press (MPa) equal to 0.2 MPa, Sterilized at a temperature of 121 $^{\circ}\text{C}$, Cooling (min) equal to 20

จาก Table 4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (thermophile anaerobe) และ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว (flat sour thermophilic) ในลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ที่ฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ *C. botulinum* และจุลินทรีย์กลุ่มทนความร้อนสูง (thermophile) โดยมีค่า F_0 อย่างน้อย 3 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wattanasin (2002) [14] ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแปรรูปน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์บรรจุกระป๋อง โดยกำหนดค่า F_0 เท่ากับ 3.5 นาที ที่อุณหภูมิ 114 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 25 นาที ซึ่งเมื่อนำน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์มาตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มทนร้อน Yoowithaya (1992) [15] กำหนดว่ากลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ($\text{pH} > 4.6$) จะต้องกำหนดค่าเวลาที่ใช้ในฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ (F_0) อย่างน้อยเท่ากับ 3 นาที และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Intharak (2007) [16] ศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องหุงสุกในถุงรีทอร์ทเพาซ์ โดยทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์รวมในข้าวหุงสุกได้ทั้งหมด ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 เดือน และ Suwanprasert and Insampao (2005) [17] ได้รายงานว่าการใช้อุณหภูมิสูง 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 4.3 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์

B. stearothermophilus ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงสุด ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียแบบ flat sour ในอาหารบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ จากงานวิจัยพบว่าการฆ่าเชื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส ค่า F_0 เท่ากับ 6.6 นาทีตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทุกชนิด

จาก Table 5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ และผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที ตามลำดับ ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น (น้ำตาลโตนด) รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมพบว่า

คะแนนสี ผู้บริโภคให้คะแนนที่เวลา F_0 เท่ากับ 6.6, 8.5 และ 10.9 นาที เท่ากับ 7.78, 6.86 และ 6.82 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยผู้บริโภคให้คะแนนสีของผลิตภัณฑ์ ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที มากที่สุดและอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นและเวลาที่ใช้มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอน ได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัวเรียกว่าคาราเมล [18] สอดคล้องกับคะแนนความชอบของกลิ่นของน้ำตาลโตนด มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาการฆ่าเชื้อเพิ่มสูงขึ้น มีคะแนนเท่ากับ (6.98-7.26) คะแนน อยู่ในชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลางพบว่าที่เวลา F_0 ที่ 6.6

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

นาที่ มีคะแนนความชอบสูงที่สุดเท่ากับ 7.26 คะแนน และรสชาติที่คะแนนเท่ากับ 7.94 คะแนน

คะแนนเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มลดลงเท่ากับ 6.74-7.42 คะแนน เมื่อเวลาการให้ความร้อนยาวนานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yimto (2007) [19] พบว่าเมื่อความร้อนในการแปรรูปส่งผลต่อลักษณะของ

เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ให้นิ่มลงซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของเพคตินหรือเกิดการเจลลาคีโนซิสของสตาร์ชซึ่งเซลล์จะสูญเสียความเต่ง

จากการทดลองเลือกการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส F_0 เท่ากับ 6.6 นาที่ มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนที่ 4

Table 5 Sensory acceptability score of toddy palm seeds in sugar palm juice packed in retort at various F_0

Attributes	Product sterilization time (minutes)		
	F_0 calculate = 6.6	F_0 calculate = 8.5	F_0 calculate = 10.9
Color	7.78±1.05 ^a	6.86±1.55 ^b	6.82±1.47 ^b
Sugar palm juice odor	6.98±1.44 ^b	6.92±1.53 ^b	7.26±1.69 ^a
Taste	7.94±1.01 ^a	7.20±1.24 ^b	6.96±1.16 ^c
Texture	7.42±1.14 ^a	7.16±1.51 ^b	6.74±1.34 ^c
overall likeness	7.88±0.45 ^a	7.28±1.34 ^b	6.80±1.23 ^c

Remark: ^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$).

F_0 target equals 6, 8 และ 10 minutes, Initial temperature of food ($^{\circ}\text{C}$) equal to 70, CUT (min) equal to 14, Press (MPa) equal to 0.2 MPa, Sterilized at a temperature of 121 $^{\circ}\text{C}$, Cooling (min) equal to 20

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

คัดเลือกเวลาการแทรกผ่านความร้อน F_0 เท่ากับ 6.6 นาที่ มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 เดือน Table 6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (thermophile anaerobe) และปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว (flat sour thermophilic) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6.6 นาที่ เก็บรักษา 4 เดือน ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ คือจุลินทรีย์รวม ยีสต์และรา จุลินทรีย์ชนิดทนร้อนและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว อาจเป็นเพราะอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดทนร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Intharak (2007) [16] ศึกษากระบวนการการผลิตข้าวกล้องหุงสุกในถุง

รีทอร์ทเพาซ์ โดยทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที่ สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์รวมในข้าวหุงสุกได้ทั้งหมดตลอดอายุการเก็บรักษา 4 เดือน และงานวิจัยของ Klamsakul et al. (2016) [20] ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำตาลสดในถุงรีทอร์ทเพาซ์ ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 14 นาที่ ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทุกชนิดตลอดระยะเวลา 4 เดือน

งานวิจัยของ Mahannopkul et al. (2009) [21] ศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตข้าวสำเร็จรูปในถุงรีทอร์ทพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหอมมะลิในถุงรีทอร์ทใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส นาน 16 นาที่ มีค่า F_0 เท่ากับ 3.5 นาที่ และข้าวเสริมสุขภาพใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 116 องศาเซลเซียส นาน 18 นาที่ มีค่า F_0 เท่ากับ 5.6 และ 6.3 นาที่ สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ที่เป็นพิษได้ทั้งหมด

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Table 6 The quality of microorganisms toddy palms in palmyra sugar in retort pouch at F_0 equal to 6.6 minute storage period 4 months.

Type of microorganism	Storage Time (months)				
	0	1	2	3	4
Aerobic plate count (cfu/ml)	Not found	Not found	Not found	Not found	Not found
Yeast and mold (cfu/ml)	Not found	Not found	Not found	Not found	Not found
<i>Thermophile anaerobe</i> (cfu/2ml)	Not found	Not found	Not found	Not found	Not found
<i>Flat sour thermophilic</i> (cfu/2ml)	Not found	Not found	Not found	Not found	Not found

Remark: Initial temperature of food ($^{\circ}\text{C}$) equal to 70, CUT (min) equal to 14, Press (MPa) equal to 0.2 MPa, Sterilized at a temperature of 121 $^{\circ}\text{C}$, Cooling (min) equal to 20

Table 7 แสดงผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะ มีคะแนนความชอบลดลง คะแนนสี มีค่าอยู่ในช่วง 8.30-7.12 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษามากขึ้น ผู้บริโภคจึงให้คะแนนลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอาจเป็นเพราะปฏิกิริยาเมลลาร์ด พบระหว่างการเก็บรักษาส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนอยู่ในระดับชอบมากถึงชอบปานกลาง

คะแนนกลิ่นของน้ำตาลโตนดมีคะแนนความชอบเท่ากับ 8.26 - 7.37 คะแนนอยู่ในระดับชอบมากถึงชอบปานกลาง รสชาติ 8.43-7.32 คะแนน อยู่ในระดับความชอบมากถึงชอบปานกลาง เนื้อสัมผัส 7.68-7.63 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง

ความชอบโดยรวม มีคะแนนอยู่ในช่วง 8.62-7.74 คะแนนอยู่ในระดับความชอบมากถึงชอบปานกลางตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์มีคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมในทุกเดือน อาจเป็นเพราะมีลักษณะสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของตัวอย่างโดยภาพรวมแล้วชอบมากกว่าตัวอย่างควบคุม

Table 7 Sensory acceptability score of toddy palms in palmyra sugar in retort pouch at F_0 equal to 6.6 minute storage period 4 months

Storage time (months)	Attributes				
	Color	Sugar palm juice odor	Taste	Texture	overall likeness
Control (0)	5.88±1.00 ^d	6.08±1.32 ^e	5.98±0.71 ^d	5.24±0.85 ^b	6.28±0.75 ^e
Sample (0)	8.30±0.54 ^a	8.26±0.66 ^a	8.43±0.55 ^a	7.68±0.47 ^a	8.62±0.49 ^a
Control (0)	6.46±1.51 ^d	6.46±1.28 ^d	5.60±1.73 ^e	5.20±1.74 ^b	6.02±1.25 ^e
Sample (1)	7.74±1.35 ^a	7.46±1.43 ^b	8.24±1.53 ^b	7.65±1.30 ^a	8.04±0.69 ^b
Control (0)	7.44±0.81 ^b	6.76±0.74 ^c	6.80±1.12 ^d	5.22±0.90 ^b	6.98±0.79 ^d
Sample (2)	7.28±1.27 ^c	7.46±0.83 ^b	7.54±0.95 ^c	7.63±1.09 ^a	7.94±0.82 ^c
Control (0)	7.52±0.93 ^a	8.54±0.81 ^a	7.12±1.15 ^c	5.28±0.09 ^b	6.64±1.06 ^d
Sample (3)	7.16±1.18 ^c	7.42±0.97 ^b	7.42±1.25 ^c	7.63±0.16 ^a	7.74±0.69 ^c
Control (0)	7.59±0.03 ^a	8.74±0.11 ^a	7.32±0.05 ^c	5.08±0.19 ^b	6.11±0.05 ^e
Sample (4)	7.12±1.00 ^c	7.37±0.97 ^b	7.38±0.02 ^c	7.59±1.16 ^a	7.51±1.07 ^c

Remark: ^{a, b, c, d, e} Means within the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

Sample (0-4) is toddy palms in palmyra sugar in retort pouch storage time in months.

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

สรุปผล

การศึกษาระยะของผลลูกตาลที่เหมาะสมในการผลิตลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ พบว่าระยะที่เหมาะสมได้แก่ผลลูกตาลอ่อนในระยะที่ 1 ระดับของเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด พบว่าระยะที่เหมาะสมคือใส่เนื้อลูกตาลอ่อนร้อยละ 20 จะมีคะแนนความชอบสูงที่สุด การศึกษาระยะเวลาการแทรกผ่านความร้อนของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ค่า F_0 เท่ากับ 6.6 นาทีที่มีคุณภาพเหมาะสมมากที่สุด และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 4 เดือน พบว่าคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีคะแนนลดลงทุกคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นของน้ำตาล โตนด รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม เมื่ออายุการเก็บเพิ่มสูงขึ้น มีคะแนนเท่ากับ 8.62-7.12 คะแนนอยู่ในระดับชอบมากถึงชอบปานกลางตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว การพัฒนาลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นในครั้งนี้ ได้ 4 เดือน จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำไปสู่แนวทางการจัดการผลิตในเชิงพาณิชย์เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากตาลโตนดได้อย่างยั่งยืนต่อไป และในงานวิจัยนี้ควรมีการศึกษาสภาวะเร่งในเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เพื่อทำนายอายุของผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนแหล่งทุนและมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีหน่วยงานต้นสังกัดที่สนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Trebul, K. (1984). Types and mechanisms of operation of Sathing Phra's agricultural production system at present. Agricultural

production system research project. University of Prince of Songkla, Songkla. (in Thai).

[2] Phetchaburi Provincial Agriculture Office. (2012). Tan Mueang Phet. Phetchaburi Provincial Agriculture Office. Phetchaburi. (in Thai).

[3] Chanthum, B. (2005). Palmyra palm and the way of life of the Khu Khut people. Kasikorn Newspaper. 78(5): 97-101. (in Thai).

[4] Faparusi, S. and Bassir, O. (1971). Microflora of fermenting palm sap. Journal of Food Science and Technology. 8: 206.

[5] Suan Sunandha Rajabhat University, Samut Songkhram Campus (2021). Palm: 30 properties and benefits of the Palmyra Palm. [Online] Available from <https://skm.ssru.ac.th/th/news/view/a155> [Accessed December 1, 2023]. (in Thai).

[6] Lowithun, N. (2004). Ready-to-eat food in retort pouch packaging. Food Journal. 34(4): 284- 286. (in Thai).

[7] BAM Online. (2001). Bacteriological analytical manual. [Online] Available from <http://www.fda.gov/Food/Food Science Research/Laboratory Methods> [Accessed August 5, 2023].

[8] A.O.A.C. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. (17thed). Gaithersburg, Maryland, USA.

[9] Jaiboon, N. and Pliansri, P. (2007). Development of crispy jelly from palmyra sugar to enhance toddy palms. Bachelor's degree research, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi. (in Thai).

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University

- [10] Lertkitsomboon, K. (2004). Effects of membrane use and heat on the quality of palmyra sugar. Master's thesis. University of Prince of Songkla, Songkla. (in Thai).
- [11] Meenun, M. (2004). Stability of flavoring substances in palmyra sugar during the treatment process pressure heating and storage. Research project. University of Prince of Songkla, Songkla. (in Thai).
- [12] Chotitanom, P. (2008). Mass transfer during osmotic process. Food Journal (Thailand). 38(2): 105-112. (in Thai).
- [13] Phaichamnan, M. (2009). Results of practices during and after harvesting palmyra sugar to the quality of concentrated palmyra sugar. Master's thesis. University of Prince of Songkla, Songkla. (in Thai).
- [14] Wattanasin, S. (2002). Microorganisms and fermentation in food microbiology. (1sted). Thammasat University Press, Bangkok. (in Thai).
- [15] Yoowitthaya, T. (1992). Defining the heat sterilization process. Food Journal (Thailand). 22(4): 39-50. (in Thai).
- [16] Intharak, N. (2007). Study of the production process of cooked brown rice in sterilized bags. Master's thesis. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachin Buri. (in Thai).
- [17] Suwanprasert, C. and Insampao, P. (2005). Appropriate process for produce crab rice packaged in retort pouches. Master's thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai).
- [18] Rattanapanon, N. and Pornchalearmpong, P. (2001). Maillard reaction. [Online] Available from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/maillard-reaction> [Accessed March 8, 2024].
- [19] Yimto, C. (2007). Food Preservation. (1st ed). Odeonstore Press, Bangkok. (in Thai).
- [20] Klamsakul, S., Chomphuthong, P. and NimKian, B. (2016). Guidelines Develop and add value to palmyra sugar products, Year 1. Research project. Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi. (in Thai).
- [21] Mahamnopkul, W., Jiyiphon, P. and Wongsanga, K. (2009). Technology for producing instant rice in retort pouch. Journal of the Department of Science Services, Department of Science Services. 52(181): 36-43. (in Thai).

*Corresponding author e-mail: sklamsakul24@gmail.com

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University