

ผลของระยะการสุกต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไซรัป จากอินทผลัมพันธุ์ ‘สยามเอสวัน’

ภาสุรี ฤทธิเลิศ^{1*}

Received : July, 12, 2025

Revised : January 22, 2026

Accepted : April 17, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสด พันธุ์สยามเอสวัน (*Phoenix dactylifera* L., cv. Siam S1) ในสองระยะการสุก ได้แก่ ระยะ Khalal (เปลือกสีเหลืองทั้งผล) และระยะ Rutab (เปลือกเริ่มปรากฏให้เห็นสีน้ำตาลบางส่วน) และศึกษาผลของระยะการสุกต่อคุณภาพของไซรัปอินทผลัม โดยการสกัดน้ำอินทผลัมด้วยเอนไซม์เพกตินเนส ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (v/w) ผลการวิจัยพบว่าผลอินทผลัมระยะ Khalal มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าระยะ Rutab แต่มีค่าสีแดง (a^*) ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าผลอินทผลัมระยะ Khalal มีสีเหลืองสดใสมากกว่าระยะ Rutab ซึ่งมีสีโดยรวมเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม/แดงน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระยะ Rutab มีแนวโน้มเป็นด่างเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดลดลง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis) ของผลอินทผลัมทั้งสองระยะ พบความแตกต่างที่ชัดเจน โดยผลระยะ Khalal มีปริมาณเส้นใยหยาบมากกว่าผลระยะ Rutab ในขณะที่ผลระยะ Rutab มีปริมาณโปรตีนมากกว่าผลระยะ Khalal และผลของระยะสุกแก่ต่อคุณภาพของไซรัป พบว่าไซรัปที่เตรียมจากผลระยะ Khalal มีค่า L^* สูงกว่าและค่า a^* ต่ำกว่าไซรัปจากผลระยะ Rutab แสดงให้เห็นว่าไซรัปจากผลระยะ Khalal มีสีเหลืองสดใส ในขณะที่ไซรัปที่ผลิตจากผลระยะ Rutab มีสีเหลืองอมส้มแดงหรือมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ไซรัปอินทผลัมมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.42 ± 0.01 ถึง 0.44 ± 0.02 ค่า pH อยู่ในช่วง 5.06 ± 0.06 ถึง 5.18 ± 0.02 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 65°Brix และมีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 0.10 ± 0.01 ถึง 0.11 ± 0.01 Pa.s ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าไซรัปที่ผลิตจากผลอินทผลัมระยะ Khalal ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลางสูงกว่าไซรัปที่ผลิตจากผลระยะ Rutab โดยเฉพาะในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งได้รับคะแนนในระดับชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ไซรัปอินทผลัม เพกตินเนส ระยะการสุก อินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: pasuree@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pasuree@vru.ac.th

EFFECT OF MATURITY STAGES ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND SENSORY QUALITY OF SYRUP FROM ‘Siam S1’ DATE PALM (*Phoenix dactylifera* L.)

Pasuree Rittilert^{1*}

Abstract

This study aimed to investigate the physical and chemical qualities of fresh Siam S1 date fruits (*Phoenix dactylifera* L., cv. Siam S1) at two ripening stages: the Khalal stage (dates with fully yellow peel) and the Rutab stage (with partial brown coloration beginning to appear on the peel), and to evaluate the effect of ripening stage on date syrup quality. Date juice was extracted using 0.5% (v/w) pectinase enzyme. The results showed that Khalal stage fruits exhibited higher lightness (L^*) and yellowness (b^*) values, but lower redness (a^*) values compared with Rutab stage fruits. This indicated that Khalal stage fruits displayed a brighter yellow color, whereas Rutab stage fruits showed an overall color transition toward yellowish-orange/reddish-brown. Regarding chemical quality, Rutab stage fruits tended to exhibit higher pH values, while total acidity was lower, and total soluble solids were significantly higher ($p \leq 0.05$). Proximate composition analysis revealed distinct differences between the two ripening stages: Khalal stage fruits contained higher crude fiber content than Rutab stage fruits, whereas Rutab stage fruits had higher protein content than Khalal stage fruits. For syrup quality, syrup prepared from Khalal stage fruits exhibited higher L^* and lower a^* values compared with syrup from Rutab stage fruits, indicating that syrup from Khalal stage fruits displayed a bright yellow color, while syrup from Rutab stage fruits showed yellowish-orange to reddish-brown coloration. Date syrups had water activity ranging from 0.42 ± 0.01 to 0.44 ± 0.02 , pH values ranging 5.06 ± 0.06 to 5.18 ± 0.02 , a total soluble solids of 65°Brix , and viscosity ranging from 0.10 ± 0.01 to 0.11 ± 0.01 Pa.s. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale revealed that syrup produced from Khalal stage fruits received higher acceptability scores for color, aroma, flavor, texture, and overall liking-rated at a moderate liking level-compared with syrup from Rutab stage fruits. Notably, for aroma, flavor, and overall liking, the Rutab syrup was rated at a slight liking level, with the differences between the two syrups being statistically significant ($p \leq 0.05$).

Keywords: Date syrup, Pectinase, Ripening stage, Siam S1 date palm

¹ Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: pasuree@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: pasuree@vru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกอินทผลัม (*Phoenix dactylifera* L.) สามารถเพาะปลูกได้ดีในหลายภูมิภาคของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชทนแล้ง ดูแลง่าย ให้ผลผลิตสูง อินทผลัมจึงเป็นพืชเศรษฐกิจใหม่ที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรไทย ประกอบกับมีการพัฒนาสายพันธุ์ของอินทผลัมอย่างต่อเนื่อง โดยอินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน (Siam S1) เป็นพันธุ์ลูกผสมที่เหมาะสมสำหรับบริโภคผลสด โดยการนำสายพันธุ์แม่โจ้ 36 (KL1) ผสมกับสายพันธุ์บาร์ฮีจากต่างประเทศ ทำให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตดี รสชาติดี และต้านทานโรคได้ดี ผลมีลักษณะรูปทรงเป็นผลกึ่งกลมกึ่งรี ผลดิบจะมีสีเขียว เมื่อผลเริ่มแก่ จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วจะมีสีเหลืองเข้มเมื่อแก่จัด รสชาติจะหวาน กรอบ เมล็ดร่อน และจะหวานจัดเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลจะนิ่มลง มีกลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้ง ทำให้นิยมปลูกแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกในจังหวัดเลย ผลผลิตจะออกช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง กันยายน ของทุกปี (อิทธิธรรม พิลาดง, สัมภาษณ์, 12 ธันวาคม 2563)

เมื่อผลผลิตมีปริมาณมากทำให้ประสบปัญหาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อรอจำหน่าย เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสดที่มีเปลือกสีเหลืองเปลี่ยนเป็นผลสุกที่มีเปลือกสีน้ำตาลและมีเนื้อสัมผัสนิ่ม ทำให้ราคาต่ำและไม่ใช่ที่ต้องการของตลาด ทั้งนี้อินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันเป็นสายพันธุ์ใหม่จึงยังไม่มีพบข้อมูลการรายงานถึงระยะการสุกของผล ซึ่งการแบ่งระยะการสุกของอินทผลัมสายพันธุ์ทั่วไป แบ่งระยะการสุกของผลเป็น 5 ระยะ ได้แก่ Hababouk, Kimri, Khalal หรือ Bisir, Rutab และ Tamer ซึ่งจะเก็บเกี่ยวและจำหน่ายในระยะ Khalal, Rutab และ Tamer หรือ Tamar ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และความต้องการของตลาด (Al-Quarashi and Awad, 2011; Abdelkarim et al., 2022) ส่วนการรายงานของ Altaheri et al. (2019b) แบ่งระยะการเจริญเติบโตของอินทผลัมพันธุ์บาร์ฮี (Barhee หรือ Barhi) ซึ่งเป็นพันธุ์สำหรับบริโภคผลสดเป็นระยะผลอ่อน (immature stage) ผลมีสีเขียวถึงเขียวอมเหลือง และระยะผลสุก (mature stage) โดยระยะผลสุกจะแบ่งระดับการสุกตามลักษณะของผล ได้แก่ ระยะ Khalal ผลมีลักษณะแข็ง กรอบ เนื้อแน่น และมีสีเหลืองทั้งผล (yellow) ระยะ Rutab ผลเริ่มนิ่ม เนื้อนุ่ม ชุ่มน้ำ มีสีเปลือกเปลี่ยนจากเหลืองเป็นน้ำตาลทอง มีสีน้ำตาลที่ปลายผล และค่อยๆ แผ่ขยายไปทั่วทั้งผล (apricot yellow) โดยระยะนี้เป็นระยะการพัฒนาด้านเนื้อเยื่อ และระยะ Tamer ผลมีสีน้ำตาลอ่อน (light brown) ซึ่งเป็นระยะสุดท้ายของการพัฒนา ส่วนงานวิจัยของ Al-Quarashi and Awad (2011) กล่าวว่าอินทผลัมพันธุ์บาร์ฮีมีความแตกต่างจากพันธุ์อื่นที่ความบริบูรณ์ของผล ผลจะมีเปลือกสีเหลืองทั้งผล เนื้อกรอบ ปริมาณแทนนินต่ำ และจะเกิดการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกที่มีสีเหลืองทั้งผลในระยะ Khalal เข้าสู่ระยะ Rutab ซึ่งทั้งสองระยะนี้เป็นระยะผลสุกที่สามารถบริโภคได้ เมื่อเข้าสู่ระยะ Rutab ผลจะนิ่ม มีสีน้ำตาล หวานขึ้นแต่ไม่นิยมบริโภค และมีราคาต่ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลเข้าสู่กระบวนการเสื่อมสภาพ จึงสูญเสียมูลค่าทางการตลาด (Ahmed et al., 2021) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานข้อมูลคุณภาพของอินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน ซึ่งเป็นพันธุ์ที่บริโภคผลสดเช่นเดียวกับอินทผลัมพันธุ์บาร์ฮี ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาของงานวิจัยนี้เพื่อลดการสูญเสียผลผลิต (zero waste) ภายหลังการเก็บเกี่ยวให้เกิดการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน โดยการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรและเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งอินทผลัมเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมาก เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงาน เพราะมีปริมาณน้ำตาลสูงร้อยละ 70-85 ของน้ำหนักสด โดยน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโทส และซูโครส (Zhang et al., 2015) อีกทั้งยังเป็นแหล่งของใยอาหาร แร่ธาตุ วิตามิน และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Kari et al., 2022) จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะนำผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในระยะผลสดและระยะผลสุกที่มีราคาต่ำโดยอ้างถึงการเรียกชื่อระยะการสุกของผลตามงานวิจัยของ

Altaheri et al. (2019b) มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ไซรัปหรือน้ำเชื่อมเข้มข้นที่ปราศจากการเติมน้ำตาลซูโครส ซึ่งการผลิตไซรัปอินทผลัมด้วยวิธีแบบดั้งเดิมนั้น ใช้การต้มเคี่ยวเพื่อระเหยน้ำ ทำให้ได้ไซรัปที่มีความข้นหนืด มีสีน้ำตาลเข้ม และ มีกลิ่นคาราเมล (Gourchala et al., 2022) นอกจากนี้ยังมีวิธีการผลิตไซรัปอินทผลัมโดยใช้เอนไซม์ในขั้นตอนการสกัดน้ำผลไม้ เช่น การใช้เอนไซม์เพกตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ในขั้นตอน การสกัดน้ำอินทผลัมพันธุ์บริโกผลแห่งในระยะ Tamer ที่ผลมีสีน้ำตาลเข้ม ได้แก่ พันธุ์ Deglet Nour, Allig และ Kentichi (Abbès et al., 2011) พันธุ์ Barhi และ Safri ในระยะ Tamer ซึ่งการใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำอินทผลัมนั้นจะช่วยให้ผลไม้มีความใสและช่วยเพิ่มผลผลิต (Al-Hooti et al., 2002) ช่วยเพิ่มคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Julai et al., 2023) ซึ่งเอนไซม์เพกตินเนสเป็นเอนไซม์สำหรับใช้ในการผลิตอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 443 พ.ศ. 2566 (กองอาหาร, 2566) อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาคุณภาพของไซรัปจากอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวัน โดยเฉพาะการเปรียบเทียบผลของระยะการสุกที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในระยะที่ผลมีสีเหลืองทั้งผล (Khalal) และระยะที่ผลเริ่มเปลี่ยนสีผิวเปลือกเป็นสีน้ำตาล (Rutab) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไซรัปโดยใช้เอนไซม์เพกตินเนสในขั้นตอนการสกัดน้ำอินทผลัม จากนั้นศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของไซรัปที่ผลิตได้ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและเพิ่มมูลค่าให้กับอินทผลัมพันธุ์ที่บริโภคผลสดและผลสุกให้กับเกษตรกรผู้ปลูกเลี้ยงอินทผลัม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในระยะ Khalal และระยะ Rutab
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตได้จากผลในระยะ Khalal และระยะ Rutab

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในระยะ Khalal และระยะ Rutab

ผลอินทผลัมสดสายพันธุ์สยามเอสวัน (Siam S1) ได้รับจากศูนย์ส่งเสริมเกษตรรักษาดินอินทผลัมจังหวัดเลย ซึ่งเก็บเกี่ยวผลผลิตในสัปดาห์ที่ 20 หลังดอกบานของฤดูการผลิต (เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2565) โดยการสุ่มจากข้อผลที่สมบูรณ์จำนวน 10 ข้อ สุ่มเก็บผลจากส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนปลายของข้อ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากร โดยมี ลักษณะผลในระยะ Khalal คือเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี โดยใช้เวลาขนส่งประมาณ 8 ชั่วโมง จากนั้นคัดเลือกผลที่สมบูรณ์และปราศจากตำหนิเพื่อใช้ในการทดลอง

การแบ่งระยะการสุกของผลอินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน อ้างอิงตาม Altaheri et al. (2019b) ได้แก่ ระยะ Khalal (ผลมีเปลือกสีเหลืองทั้งผล) และระยะ Rutab ได้จากการเก็บรักษาผลอินทผลัมในระยะ Khalal

ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (ผลมีสีเปลือกเริ่มเปลี่ยนจากเหลืองเป็นสีน้ำตาลที่ปลายผล) การทดลองดำเนินการในรูปแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละการวิเคราะห์ใช้ตัวอย่างจำนวน 20 ผล ต่อซ้ำ สำหรับการวัดค่าทางกายภาพ และตัวอย่างเนื้อผลบดผสมรวม ปริมาณ 200 กรัม ต่อซ้ำ สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพตามรายละเอียดดังนี้

1. ค่าสีด้วยระบบ CIE L* a* b* โดยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Ultrascan VIS (ยี่ห้อ HunterLab, USA) โหมด TTRAN (total transmission) โดยสุ่มวัดจากผลอินทผลัมจำนวน 15 ผลต่อซ้ำ และวัดตำแหน่งของผลจำนวน 3 จุดรอบผล แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยสุ่มเนื้อผลอินทผลัมจากหลายส่วนของผล น้ำหนักรวม 200 กรัม สกัดน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก (Hurom รุ่น H320n, Seoul, Korea) กรองน้ำสกัดด้วยผ้าขาวบางชั้นเดียว หยดน้ำสกัด 2-3 หยด ลงบนพื้นผิววัดของเครื่อง digital refractometer (Model PAL-1; Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan) อ่านค่าเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) ทำการวัด 3 ซ้ำ ล้างทำความสะอาดเครื่องด้วยน้ำกลั่นระหว่างการวัดแต่ละครั้ง นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นำน้ำสกัดอินทผลัมที่ได้จากข้อ 2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ วัดค่า pH ด้วยเครื่อง Microprocessor pH meter รุ่น CyberScan PC 510 (Eutech Instruments, Singapore) ที่อุณหภูมิ 25±1°C โดย calibrate เครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.0 และ 7.0 ก่อนการวัดทุกครั้ง ล้างขั้วอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษซับน้ำระหว่างการวัดแต่ละตัวอย่าง วัดซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

4. ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ปิบน้ำสกัดอินทผลัม 10.0 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาเลอินเป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ไทเทรตจนถึงจุดยุติที่สีเขียวเข้ม แล้วคำนวณปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ) ตามสมการ:

$$\text{กรดซิตริก} = \frac{(\text{ml NaOH}) (N \text{ NaOH}) (\text{meq.wt. acid})}{(\text{ml sample})} \times 100$$

โดยที่

ml NaOH หมายถึง ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกับน้ำอินทผลัม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

N NaOH หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต มีหน่วยเป็นนอร์มอล (Normal, N)

meq.wt. (milliequivalent weight) acid หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของกรดซิตริก มีค่าเท่ากับ 0.064 กรัม

5. คุณค่าทางอาหารโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน (N × 6.25) ไขมัน เกล็ด เส้นใย (AOAC, 2000) คาร์โบไฮเดรตและพลังงานคำนวณโดย ดังสมการ

$$(\%) \text{ คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{เถ้า} + \% \text{ความชื้น} + \% \text{เส้นใย})$$

$$\text{พลังงาน (Kcal/100 g)} = (\% \text{ไขมัน} \times 9) + (\% \text{โปรตีน} \times 4) + (\% \text{คาร์โบไฮเดรต} \times 4)$$

วิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รายงานผลเป็นกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (g/100 g) บนพื้นฐานน้ำหนักสด (wet weight basis) และปริมาณพลังงานเป็น กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม (kcal/100 g)

2. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไซรป์อินทผลัมที่ผลิตได้จากผลในระยะเวลา Khalal และระยะ Rutab

การเตรียมน้ำอินทผลัมและการสกัดน้ำอินทผลัมด้วยเอนไซม์เพกทิเนส

การทดลองดำเนินการในรูปแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมีทรีตเมนต์ 2 ระดับ คือ ระยะการสุกของผลอินทผลัม (ระยะ Khalal และระยะ Rutab) ทำการผลิตไซรป์ทรีตเมนต์ละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 6 batches (Khalal 3 batches และ Rutab 3 batches) โดยแต่ละ batch ใช้ผลอินทผลัม 1 กิโลกรัม

นำผลอินทผลัมทั้ง 2 ระยะ ได้แก่ ระยะ Khalal และระยะ Rutab มาล้างทำความสะอาด ผ่าผลและแกะเมล็ดออก คั้นน้ำอินทผลัมโดยการนำเนื้อผลมาปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่น รุ่น EM-SMART4 (ยี่ห้อ Sharp, ประเทศไทย) ที่ความเร็วระดับ 2 นาน 3 นาที โดยมีอัตราส่วนระหว่างเนื้อผลและน้ำเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก ตามวิธีการของ ภาสุรี ฤทธิเลิศ (2562) จะได้น้ำอินทผลัมที่มีลักษณะขุ่นมีเนื้ออยู่ในน้ำอินทผลัม นำน้ำอินทผลัมที่ได้มาเติมเอนไซม์เพกทิเนส (pectinase) เป็นเอนไซม์ที่ผลิตจาก *Aspergillus niger* ของบริษัทแวลู อินดัสเตรียล โปรดักส์ จำกัด ปริมาณร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร/น้ำหนัก บ่มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที หลังจากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยการแช่ในน้ำเดือดนาน 10 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จากนั้นแยกน้ำอินทผลัมด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง Centrifuge รุ่น Universal 320R (Hettich, Germany) ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 อีกครั้งจะได้น้ำอินทผลัมที่มีลักษณะใส จากนั้นนำน้ำอินทผลัมที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพกทิเนสที่ได้มาตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณผลผลิต (% yield) ซึ่งคำนวณจากสมการ

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\% yield)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำอินทผลัมที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักน้ำอินทผลัมปั่นผสมน้ำ}} \times 100$$

การทำให้เข้มข้น

นำน้ำอินทผลัมที่สกัดได้ไประเหยทำให้เข้มข้นโดยวิธีระเหยแบบสูญญากาศ ด้วยเครื่อง Rotary Evaporator รุ่น R-210 (ยี่ห้อ Buchi, Switzerland) ภายใต้ความดัน 20-50 มิลลิบาร์ (mbar) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที โดยกำหนดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 65°Brix บรรจุไซรป์อินทผลัมลงในขวดแก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์คุณภาพของไซรป์ ได้แก่

1. ปริมาณผลผลิต (% yield) ของไซรัป คำนวณจากน้ำหนักของไซรัปที่ได้ ดังสมการ

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\% yield)} = \frac{\text{น้ำหนักไซรัป}}{\text{น้ำหนักน้ำอินทผลัมปั่นผสมน้ำ}} \times 100$$

2. ค่าสีด้วยระบบ CIE L* a* b* โดยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Ultrascan VIS (ยี่ห้อ HunterLab, USA) โหมด TTRAN (total transmission)

3. ความใสโดยวัดค่าการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Ultrascan VIS (ยี่ห้อ HunterLab, USA) (Shahaden and Abdullah, 1995)

4. ค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดพฤติกรรมการไหล (Rheometer) Brookfield รุ่น RST-CPS Rheometer (Middleboro, USA) ใช้หัววัด RPT-50 plate spindles กำหนดการหมุนของหัววัดด้วยความเร็ว 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 180 วินาที (ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องที่ 25 องศาเซลเซียส) อ่านค่าความหนืดเป็นพาสคัล.วินาที (Pa.s)

5. ค่ากิจกรรมของน้ำ (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง Aqualab รุ่น 3 (ยี่ห้อ Decargon, USA)

6. ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, ค่าความเป็นกรด-ด่าง และองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไซรัปอินทผลัมตามวิธีการข้างต้น

7. การยอมรับทางประสาทสัมผัสของไซรัปอินทผลัมด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ใช้ตัวอย่างไซรัปปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อคนทดสอบ ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นเกษตรกรผู้ปลูกอินทผลัมและบุคคลที่มีความคุ้นเคยกับลักษณะปรากฏและรสชาติของอินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน จำนวน 20 คน ซึ่งผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นว่ามีประสบการณ์หรือความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มหวาน

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent t-test ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบชิมเป็นบล็อก (Block) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 23

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในระยะ Khalal และระยะ Rutab

ลักษณะปรากฏ

ผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวัน มีลักษณะผลกึ่งกลมถึงรี ในระยะ Khalal เปลือกผลมีสีเหลืองทั่วทั้งผล เนื้อแน่นและกรอบ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน ผลเข้าสู่ระยะ Rutab โดยเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเนื้อนิ่มลง ดังแสดงในภาพที่ 1 ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Khodabakhshian and Khojastehpour (2021) รายงานว่าระยะการสุกของอินทผลัมสายพันธุ์ Mazafati ตั้งแต่ระยะ Kimri (ผลสีเขียวอมเหลือง), Khalal (ผลสีแดง), Rutab (ผลสีน้ำตาลอมแดง) จนถึง Tamr (ผลสีน้ำตาลเข้ม) มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกจากเขียวอมเหลืองไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม พร้อมทั้งมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มตามลำดับ



(a)



(b)

ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันที่มีระยะการสุกต่างกัน (a) ผลอินทผลัมระยะ Khalal และ (b) ผลอินทผลัมระยะ Rutab

ค่าสีของเปลือกผล

การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของผลอินทผลัมสดเมื่อเข้าสู่ระยะการสุกที่เพิ่มขึ้น สีผลเปลือกเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาล โดยเมื่อวัดค่าสีของผลซึ่งแสดงค่าที่วัดได้ออกมา คือ ค่า L^* เป็นค่าความสว่าง ค่า a^* เป็นค่าสีเขียว ($-a^*$) และมีสีแดง ($+a^*$) ค่า b^* เป็นค่าสีน้ำเงิน ($-b^*$) และค่าสีเหลือง ($+b^*$) โดยผลในระยะ Khalal มีค่า L^* สูง และค่า b^* เป็นบวก บ่งชี้ถึงความสว่างและสีเหลืองเด่นชัด ขณะที่ระยะ Rutab ค่า L^* ลดลง และค่า a^* เป็นบวก แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของสีแดงและการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีน้ำตาล ดังแสดงในตารางที่ 1 ในทำนองเดียวกับ Pénicaud et al. (2011) รายงานว่าผลไม้ทั่วไปเมื่อผลสุกงอมเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการสูญเสียแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะ β -แคโรทีน ถูกออกซิไดซ์เมื่อสัมผัสกับออกซิเจน แสง หรืออุณหภูมิสูงทำให้เกิดสารประกอบที่มีสีเข้มขึ้น เช่น คีโตน หรืออัลดีไฮด์ การเกิดปฏิกิริยานี้ร่วมกับเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผลไม้ที่สุกงอมจะทำให้เกิดสีน้ำตาลส่งผลกระทบต่อรสชาติ ซึ่งการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) เร่งการออกซิเดชันของสารพอลิฟีนอล (Polyphenol) ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นสารให้สีน้ำตาล (ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน, 2556)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ผลในระยยะ Khalal และระยยะ Rutab มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.93 และ 6.43 ตามลำดับ มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกลดลงเท่ากับร้อยละ 2.11 และร้อยละ 1.54 ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 16.33°Brix เป็น 30.67°Brix ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่พบในการศึกษานี้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกของผลอินทผลัม โดย Serrano et al. (2001) รายงานว่าระหว่างการสุกของอินทผลัมมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเอทิลีน อย่างไรก็ตาม ลักษณะการหายใจของผลอินทผลัมแตกต่างกันตามพันธุ์ โดยบางพันธุ์แสดงลักษณะการหายใจแบบไคลแมคเทอริก (Climacteric) ในขณะที่บางพันธุ์โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีสีเหลืองแสดงลักษณะการหายใจแบบนอนไคลแมคเทอริก (Non-climacteric) (Serrano et al., 2001) การจำแนกประเภทการหายใจของผลอินทผลัมจำเป็นต้องพิจารณาทั้งรูปแบบอัตราการหายใจและรูปแบบการผลิตเอทิลีนประกอบกัน ศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์ และคณะ (2567) รายงานว่าอินทผลัมสดพันธุ์บาฮีมีอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 5-25 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (33 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกของผล การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกระบวนการหายใจและเอนไซม์เปลี่ยนโพลีแซคคาไรด์ของน้ำตาลชนิดไม่รีดิวซ์ (Non reducing) เป็นน้ำตาลชนิดรีดิวซ์ (Reducing sugar) ในทำนองเดียวกับ Haider et al. (2014) วิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของน้ำตาลชนิดต่างๆ ในอินทผลัมจำนวน 8 สายพันธุ์ ที่มีระยะการสุก ได้แก่ Khalal, Rutab และ Tamar พบว่าแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณซูโครสมากในระยยะ Khalal และมีกลูโคส ฟรุคโทส และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นเมื่อระยะการสุกเปลี่ยนจากระยยะ Khalal เป็นระยยะ Rutab และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงมากในระยยะ Tamar ส่วน Ghnimi et al. (2017) รายงานว่าอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีเป็นสายพันธุ์ที่มีน้ำตาลฟรุคโทสและซูโครสเป็นองค์ประกอบหลัก จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงระยะการสุกของผลอินทผลัมพันธุ์สยามเอสวัน ทำให้ชนิดน้ำตาลและสัดส่วนชนิดของน้ำตาลเปลี่ยนไป จึงส่งผลต่อรสชาติของผลอินทผลัมที่มีรสหวานเพิ่มขึ้นและมีปริมาณกรดลดลง

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสดที่มีระยะการสุกต่างกัน

พารามิเตอร์	ผลอินทผลัมระยยะ Khalal	ผลอินทผลัมระยยะ Rutab
ค่าสี		
ความสว่าง (L*)	76.33 $\pm$ 0.04 ^a	54.21 $\pm$ 5.78 ^b
สีแดง (a*)	2.19 $\pm$ 0.01 ^b	16.23 $\pm$ 0.02 ^a
สีเหลือง (b*)	86.23 $\pm$ 0.01 ^a	41.53 $\pm$ 0.02 ^b
ค่าความเป็น กรด-ด่าง	5.93 $\pm$ 0.06 ^b	6.43 $\pm$ 0.06 ^a
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	2.11 $\pm$ 0.03 ^a	1.54 $\pm$ 0.03 ^b
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	16.33 $\pm$ 0.58 ^b	30.67 $\pm$ 1.15 ^a

^{a-b} ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจากการทดสอบ 3 ซ้ำ ตัวอักษรยกที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธี Independent t-test

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลอินทผลัมสด พบว่าผลในระยษ Rutab มีปริมาณโปรตีนสูง ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าผลในระยษ Khalal อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลไม้มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับของเอนไซม์ (วิลโลว์ รังสาทอง, 2559) ผลไม้ส่วนใหญ่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพียงเล็กน้อย โปรตีนส่วนหนึ่งอยู่ในรูปของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของผลสุกงอม เอนไซม์อะไมเลส (amylase) เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล เอนไซม์พอลิกลาแล็กทูโรเนส (polygalacturonase) เอนไซม์เพกทินเอสเทอเรส (pectin esterase) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เกี่ยวข้องกับการทำให้เนื้อเยื่อผลไม้อ่อนตัว (ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน, 2556) ดังนั้นจึงอาจเป็นเหตุผลที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลอินทผลัมสดพันธุ์สุยามเอสวันในระยษ Khalal เป็นผลในระยษ Rutab

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (% โดยน้ำหนักสด) ของผลอินทผลัมในระยษการสุกที่ต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมี	ผลอินทผลัมระยษ Khalal	ผลอินทผลัมระยษ Rutab
ความชื้น (%)	26.02±0.37 ^b	34.55±0.52 ^a
โปรตีน (%)	1.60±0.05 ^b	2.76±0.12 ^a
ไขมัน (%)	0.54±0.11 ^a	0.05±0.00 ^b
เถ้า (%)	0.46±0.03 ^{ns}	0.48±0.02 ^{ns}
เส้นใย (%)	4.32±0.37 ^a	2.56±0.28 ^b
คาร์โบไฮเดรต (%)	67.06±0.69 ^a	59.60±0.12 ^b
พลังงาน (Kcal/g)	279.52±3.11 ^a	249.88±0.94 ^b

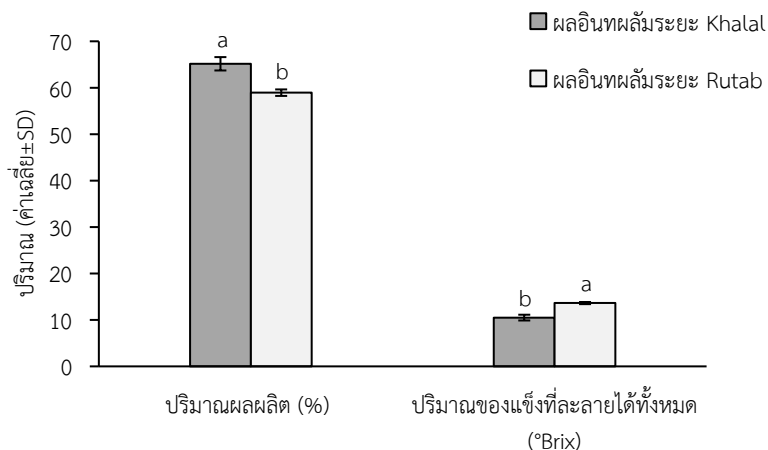
หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจากการทดสอบ 3 ซ้ำ ตัวอักษรยกที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธี Independent t-test

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

2. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไซรปอินทผลัมที่ผลิตได้จากผลในระยษ Khalal และระยษ Rutab

ปริมาณผลผลิต และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

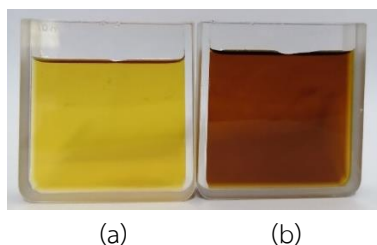
จากการสกัดน้ำอินทผลัมด้วยเอนไซม์เพกทินเนส พบว่าผลอินทผลัมระยษ Khalal ให้ปริมาณผลผลิต (% yield) ของน้ำอินทผลัมที่สกัดได้สูงกว่าผลระยษ Rutab โดยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 65.16 และร้อยละ 58.94 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) (ภาพที่ 2) อาจเนื่องมาจากผลในระยษ Khalal มีเนื้อสัมผัสที่แน่นและกรอบ ทำให้แยกกากได้ง่ายกว่า ในขณะที่ผลระยษ Rutab มีเนื้อนิ่ม เมื่อบั่นผสมกับน้ำจึงแยกกากออกได้ยาก ส่งผลให้ปริมาณของเหลวที่สกัดได้ลดลง นอกจากนี้ผลการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำอินทผลัมที่สกัดได้จากผลระยษ Khalal และ Rutab มีค่าเท่ากับ 10.50°Brix และ 13.63°Brix ตามลำดับ (ภาพที่ 2) โดยมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ปริมาณผลผลิต (%) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ของน้ำอินทผลัมที่สกัดด้วย เอนไซม์เพกทิเนสในแต่ละระยะการสุก [^{a-b} ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่มีตัวอักษรที่ต่างกันของการ วิเคราะห์แต่ละทรีตเมนต์หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)]

ลักษณะปรากฏ

เมื่อนำน้ำอินทผลัมที่สกัดได้มาทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ พบว่าไซรัปอินทผลัมเข้มข้นที่ได้จากผลระยะ Khalal มีลักษณะเป็นของเหลวใส สีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับสีธรรมชาติของผลอินทผลัม ในขณะที่ไซรัปจากผลระยะ Rutab มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีสีโทนน้ำตาล (ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ลักษณะของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตจากผลในระยะเวลาการสุกต่างกัน (a) ไซรัปจากผลระยะ Khalal และ (b) ไซรัปจากผลระยะ Rutab

ปริมาณผลผลิต ค่าสี และการส่องผ่านแสง

ปริมาณผลผลิตของไซรัปอินทผลัมที่ได้จากผลระยะ Khalal สูงกว่าผลระยะ Rutab อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 3) เนื่องจากปริมาณผลผลิตของไซรัปที่สกัดได้จากผลในระยะเวลา Khalal มีปริมาณมากกว่าผลในระยะเวลา Rutab เพราะผลในระยะเวลา Khalal มีเนื้อกรอบทำให้การคั้นน้ำและการกรองแยกตะกอนแข็งออกได้ง่ายกว่าผลในระยะเวลา Rutab ที่มีเนื้อนิ่ม ทำให้การคั้นน้ำและการกรองแยกตะกอนนิ่มออกได้ยากกว่าจึงให้น้ำ

อินทผลัมน้อย เมื่อนำน้ำอินทผลัมไปทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศจึงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของไซรัปแปรรูปตามปริมาณน้ำอินทผลัมเริ่มต้นก่อนการทำเข้มข้น

ไซรัปอินทผลัมนี้อาจมีลักษณะปรากฏเป็นของเหลวใส เนื่องจากการใช้เอนไซม์เพกทินเนสช่วยทำให้การกรองตะกอนได้ดี เอนไซม์ไปย่อยสลายเพกทินให้เปิดออก เพื่อให้โมเลกุลโปรตีนคอลลอยด์และเพกทินมารวมกันเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น ทำให้ตกตะกอนและกรองได้ง่าย (ปราณี อานปรื่อง, 2547) ทำให้ได้ไซรับน้ำที่มีความใส โดยไซรัปจากผลระยะ Khalal มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูง และมีค่าความใส (Transmittance, %T₆₇₀) มากกว่าไซรัปจากผลระยะ Rutab ที่มีค่าสีแดง (a^*) สูง ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะเอนไซม์เพกทินเนสย่อยพอลิแซคคาไรด์ของเพกทินที่ผนังเซลล์ของผลไม้ ทำให้โครงสร้างของผลไม้จากที่มีความแข็ง อ่อนนุ่มลง และสกัดง่ายขึ้น สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ผลไม้จะถูกปลดปล่อยออกมาได้ รวมทั้งสารแคโรทีนอยด์ที่เป็นรงควัตถุให้สารสีเหลืองในผลจากระยะ Khalal และสารให้สีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของพอลิฟีนอลจากผลระยะ Rutab

ความหนืด

ไซรัปที่ผลิตจากผลอินทผลัมทั้งสองระยะมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 0.10–0.11 พาสคัล-วินาที (Pa.s) โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับสารให้ความหวานชนิดอื่น เช่น น้ำผึ้ง ไซรัปกล้วย และน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตส มีค่าความหนืดเท่ากับ 9.32, 0.31 และ 0.06 Pa.s ตามลำดับ (นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่, 2566) แสดงให้เห็นว่าไซรัปอินทผลัมนี้นั้นมีความหนืดต่ำกว่า หรือลักษณะการไหลดีกว่าน้ำผึ้งและไซรัปกล้วย แต่มีความหนืดสูงกว่าน้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตส

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตจากผลในระยะการสุกต่างกัน

พารามิเตอร์	ไซรัปจากผลระยะ Khalal	ไซรัปจากผลระยะ Rutab
ปริมาณผลผลิต (%) ของไซรัป	34.45±2.27 ^a	23.62±0.70 ^b
สี		
ความสว่าง (L^*)	80.06±0.02 ^a	46.85±0.04 ^b
สีแดง (a^*)	4.02±1.16 ^b	32.80±0.02 ^a
สีเหลือง (b^*)	71.64±0.01 ^a	68.11±0.34 ^b
ค่าความใส (%T ₆₇₀)	86.92±0.02 ^a	58.63±0.11 ^b
ความหนืด (Pa.s) ^{ns}	0.10±0.01	0.11±0.01

หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจากการทดสอบ 3 ซ้ำ ตัวอักษรยกที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธี Independent t-test

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ไซรัปอินทผลัมที่ผลิตได้จากผลทั้งสองระยะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.06-5.18 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) โดยไซรัปจากผลระยะ Khalal มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกสูงกว่าไซรัปจากผลระยะ Rutab อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.60-0.95 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 65°Brix ดังแสดงในตารางที่ 4

ค่ากิจกรรมของน้ำ

ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เป็นตัวบ่งชี้ความปลอดภัยและช่วยในการคาดการณ์อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร จากการวัดค่า a_w ของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตจากผลอินทผลัมทั้งสองระยะ พบว่ามีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.42–0.44 ($p>0.05$) ซึ่งต่ำกว่า 0.6 ที่เชื้อจุลินทรีย์ รา ยีสต์ และแบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่งผลให้ไซรัปอินทผลัมมีความเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียต่ำ (Chirife and Buera, 1994)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตจากผลในระยะการสุกต่างกัน

พารามิเตอร์	ไซรัปจากผลระยะ Khalal	ไซรัปจากผลระยะ Rutab
ความเป็นกรด-ด่าง	5.06±0.06 ^b	5.18±0.02 ^a
ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	0.95±0.02 ^a	0.60±0.03 ^b
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ^{ns}	65.00±0.00	65.00±0.00
ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ^{ns}	0.44±0.02	0.42±0.01

หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจากการทดสอบ 3 ซ้ำ ตัวอักษรยกที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยวิธี Independent t-test

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

ผลิตภัณฑ์ไซรัปอินทผลัมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งที่ให้พลังงานหลัก มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำ (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลอินทผลัมสดในแต่ละระยะการสุก (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ตรงไม่พบปริมาณเส้นใยหยาบในผลิตภัณฑ์ไซรัป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Al-Hooti et al. (2002) ที่พบว่าการใช้เอนไซม์เพกทินเอสและเซลลูเลสในการสกัดไซรัปอินทผลัมช่วยลดปริมาณกากและสารแขวนลอยที่ไม่ละลายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพกทินเอสที่เข้าไปย่อยสลายโครงสร้างเพกทินในผนังเซลล์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารคอลลอยด์ที่ให้ความคงตัวแก่สารแขวนลอย เมื่อโครงสร้างเหล่านี้ถูกทำลาย สารแขวนลอยจะสูญเสียความคงตัวและเกิดการรวมตัว (Aggregation) และตกตะกอนได้ดีขึ้น ส่งผลให้การกรองกากหรือเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำออกทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น สอดคล้องกับกลไกการใส (Clarification) ของน้ำผลไม้ด้วยเอนไซม์ที่อธิบายโดย Abbès et al. (2011)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (% โดยน้ำหนักสด) ของไช้รปอินทผลัมที่ผลิตจากผลในระหว่างการสุกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมี	ไช้รปจากผลระยะ Khalal	ไช้รปจากผลระยะ Rutab
ความชื้น (%)	33.23±0.12 ^b	34.32±0.45 ^a
โปรตีน (%)	0.26±0.00 ^b	0.29±0.01 ^a
ไขมัน (%)	0.20±0.08 ^{ns}	0.001±0.001 ^{ns}
เถ้า (%)	0.03±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b
เส้นใย (%)	ตรวจไม่พบ	ตรวจไม่พบ
คาร์โบไฮเดรต* (%)	66.29±0.19 ^a	65.38±0.45 ^b
พลังงาน (Kcal/g)	267.97±0.06 ^a	262.71±1.80 ^b

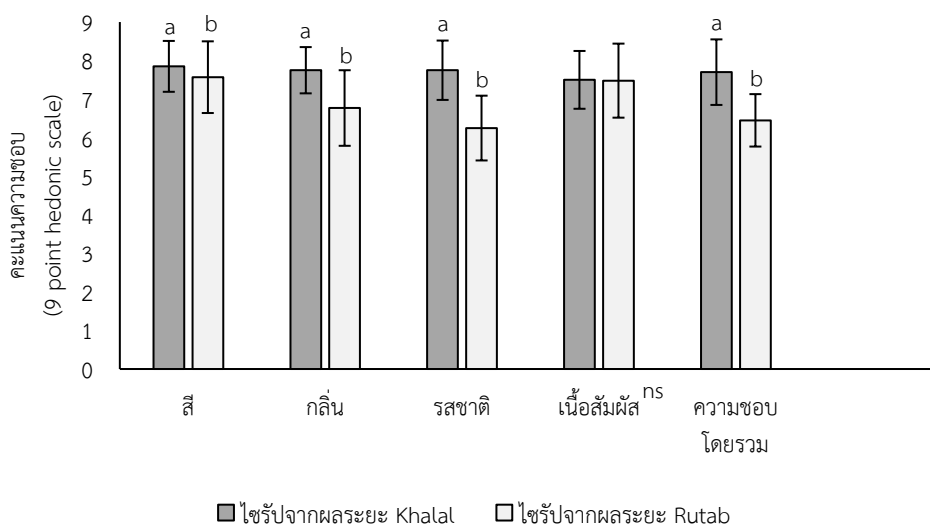
หมายเหตุ: ^{a-b} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาจากการทดสอบ 3 ซ้ำ ตัวอักษรยกที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวิธี Independent t-test

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* คำนวณคาร์โบไฮเดรต (%) = $100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{เถ้า} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน})$

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไช้รปที่ผลิตจากอินทผลัมในระยะ Khalal และ Rutab พบว่าไช้รปจากระยะ Khalal ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง สูงกว่าไช้รปน้ำจากระยะ Rutab ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อย ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะไช้รปจากระยะ Khalal มีสีเหลืองสวย มีความใส และมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของอินทผลัมผลสด ในขณะที่ไช้รปจากผลในระยะ Rutab ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับคะแนนชอบเล็กน้อยนั้นเป็นเพราะมีกลิ่นรสของผลไม้สุกงอม ความแตกต่างนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีตามระยะการสุกของผลอินทผลัม เช่น ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรสชาติและกลิ่นของไช้รปที่ผลิตได้ ทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบที่แตกต่างกัน โดยไช้รปจากระยะ Khalal มีสีส้มสวยงาม มีรสชาติและกลิ่นรสอินทผลัมที่ดีกว่าไช้รปจากระยะ Rutab (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 คะแนนความชอบของไซรัปอินทผลัมที่ผลิตจากผลในระยะการสุกต่างกัน

[^{a-b} ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรที่ต่างกันของแต่ละทรีตเมนต์แต่ละคุณลักษณะหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)]

สรุป

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวัน ในระยะ Khalal เป็นระยะ Rutab โดยผลมีสีผิวเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาล ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ($p \leq 0.05$) ผลในระยะ Rutab มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}\text{Brix}$) ปริมาณกรดทั้งหมดลดลง ผลในระยะ Rutab มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าระยะ Khalal ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกของผลไม้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงระยะการสุกของอินทผลัมจากผลสดเป็นผลสุกส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไซรัปอินทผลัมที่ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านสี กลิ่น รสชาติ และลักษณะทางประสาทสัมผัส ไซรัปจากผลในระยะ Khalal ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าไซรัปจากระยะ Rutab โดยผู้บริโภคให้เหตุผลว่าไซรัปจากระยะ Khalal มีสีเหลืองใสและกลิ่นหอมตามธรรมชาติของผลไม้ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและมีผลต่อความชอบต่อผลิตภัณฑ์ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวันในผลระยะ Khalal มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ผลิตไซรัปอินทผลัมมากกว่าระยะ Rutab ทั้งในด้านปริมาณน้ำสกัด คุณภาพทางกายภาพ เคมี และความชอบของผู้บริโภค จึงมีศักยภาพต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์ไซรัปอินทผลัมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ยังไม่ได้รายงานข้อมูลเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องเกี่ยวกับความคงตัวของไซรัปภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เช่น การเก็บที่อุณหภูมิห้องและการเก็บแบบแช่เย็น รวมถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารพิษและเคมีที่มี

ฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งอาจมีศักยภาพต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพหรือเป็นส่วนประกอบในอาหารฟังก์ชัน ทั้งนี้ควรประเมินอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมเพื่อรองรับการจำหน่ายเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เกษตรรักษดินอินทผลัม จังหวัดเลย สำหรับการสนับสนุนวัตถุดิบผลอินทผลัมสดพันธุ์สยามเอสวัน (Siam S1) รวมถึงคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหาร. (2566). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 443) พ.ศ. 2566 ออกตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง เอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตอาหาร. สืบค้นจาก <https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-443>
- อิทธิธรรม พิลาดง. (2563, 12 ธันวาคม). ผู้ก่อตั้ง บริษัท เกษตรรักษดิน จำกัด. **สัมภาษณ์**.
- นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่. (2566). การวิเคราะห์ความเหนียวและพฤติกรรมการไหลของอาหารแปรรูปไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 28(3), 1600-1619.
- ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. (2556). **เทคโนโลยีผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ปราณี อานเป็ร้อง. (2547). **เอนไซม์ในอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภาสุรี ฤทธิเลิศ. (2562). **เอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีอาหาร**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี.
- วิไล รังสาดทอง. (2559). **เทคโนโลยีการแปรรูปผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี: บริษัท ยูโอเพน จำกัด.
- ศิริกานต์ ศรีธัญรัตน์, สุมิตร วิลัยพร, คมจันทร์ สรงจันทร์, และปรางค์ทอง กวานห้อง. (2567). ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอินทผลัมสดระหว่างการเก็บรักษา. **วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการเกษตร**, 55(1)(ฉบับพิเศษ), 135-138.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis of the association of analytical chemists International** (17th ed., Vols.1-2). AOAC International.
- Abbès, F., Bouaziz, M. A., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H., & Besbes, S. (2011). Effects of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physico-chemical characteristics, sensory and functional properties. **LWT-Food Science and Technology**, 44, 1827-1834.
- Abdelkarim, D. O., Ahmed, I. A. M., Ahmed, K. A., Younis, M., Yehia, H. M., El-Abedein, A. I. Z., & Alhamdan, A. (2022). Extending the shelf life of fresh khalal barhi dates via an optimized postharvest ultrasonic treatment. **Plants**, 11, 1-17.

- Ahmed, Z. F. R., Al-Shaibani, F. Y. Y., Kaur, N., Maqsood, S. & Schmeda-Hirschmann, G. (2021). Improving fruit quality, bioactive compounds, and storage life of date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Barhi) using natural elicitors. **Horticulturae**, 7(9), 1-16.
- Al-Qurashi, A. D., & Awad, M. A. 2011. Quality characteristics of bisir “Barhee” date during cold storage as affected by postharvest dipping in gibberellic acid, naphthalenacetic acid and benzyladenine. **EDP Sciences**, 66(5), 343-352.
- Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M., & Al-Othman, A. (2002). Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. **Food Chemistry**, 79(2), 215-220.
- Altaheri, H., Alsulaiman, M., & Muhammad, G. (2019a). Date fruit classification for Robotic Harvesting in a natural environment using deep learning. **IEEE Access**, 7, 117115-117133. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8807111>
- Altaheri, H., Alsulaiman, M., Muhammad, G., Amin, S.U., Bencherif, M., & Mekhtiche, M. (2019b). Date fruit dataset for intelligent harvesting. **Data in Brief**, 26, 104514.
- Chirife, J., & Buera, M. P. (1994). Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimoist food systems. **Journal of Food Science**, 59(5), 921-927.
- Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A. & Kamal-Eldin, A. (2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. **NFS Journal**, 6, 1-10.
- Gourchala, F., Mihoub, F., Lakhdar-Toumi, S., & Taibi. K. (2022). From waste to a sustainable ingredient: Date (*Phoenix dactylifera* L.) pits incorporation enhances the physicochemical and sensory properties of Algerian date syrups. **Food Bioscience**, 48, 1-10.
- Haider, M. S., Khan, I. A., Jaskami, M. J., Naqvi, S. A., & Khan, M. M. (2014). Biochemical attributes of dates at three maturation stages. **Emirates Journal of Food & Agriculture**, 26(11), 953-962.
- Julai, K., Sridonpai, P., Ngampeerapong, C., Tongdonpo, K., Suttisansanee, U., Kriengsinyos, W., On-Nom, N., & Tangsuphoom, N. (2023). Effects of extraction and evaporation method on physico-chemical, functional, and nutritional properties of syrups from Barhi dates (*Phoenix dactylifera* L.). **Foods**, 12, 1-21.
- Kari, Z. A., Goh, K. W., Edinur, H. A., Mat, K., Khalid, H. N. M. Rusli, N. D., Sukri, S. A. M., Harun, H. C., Wei, L. S., Ali Hanafiah, M. H. B. M, Rahman, M. M., Razb, M. K. A. A. R., Wee, W., Ariff, N. S. N. A. A., & Dawood, M. A. O. (2022). Palm date meal as a non-traditional ingredient for feeding aquatic animals: a review. **Aquaculture Report**, 25, 1-11.

- Khodabakhshian, R., & Khojastehpour, M. (2021). Characteristics changes of date fruits during ripening period on palm. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 23(4), 243-255.
- Pénicaud, C., Achir, N., Dhuique-Mayer, C., Cornier, M., & Bohuon, P. (2011). Degradation of β -carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: a review. **Fruits**, 66(6), 417-440.
<https://doi.org/10.1051/fruits/2011058>
- Shahaden, M. A., & Abdullah, H. A. (1995). Clarification of date syrup (dibs). **Date Palm Journal**, 4(1), 163–174.
- Serrano, M., Pretel, M. T., Botella, M. A., & Amoros, A. (2001). Physicochemical changes during date ripening related to ethylene production. **Food Science and Technology International**, 7(1), 31-36.
- Zhang, C. R., Aldosari, S. A., Vidyasagar, P. S. P. V., Shukla, P., & Nair, M. G. (2015). Determination of the variability of sugars in date fruit varieties. **Journal of Plantation Crops**, 43(1), 53-61.