

คุณภาพของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

QUALITIES OF BROWN SUGAR FROM CHOK TREE (*Arenga pinnata* Merr.)

รัชชัย จิตวารินทร์¹, บุญชัย เมฆแก้ว¹, สุวิชญา ภูทับทิม¹, ชุฟเฟียณี สนิ¹, ภักดิ์นภัส ศรีคำ¹
และ ลภัสรดา จิตวารินทร์^{2,*}

Tawatchai Jitwarin¹, Boonchat Mekkaeo¹, Suwichaya Putubtim¹, Sufianee Sani¹,
Paknapas Srikhum¹ and Lapasrada Jitwarin^{2,*}

¹วิทยาลัยชุมชนพังงา, ²คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹Phang nga Community College, ²Faculty of Social Sciences and Humanities, Mahidol University

Received: 20 August 2024

Revised: 3 November 2024

Accepted: 12 November 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก (*Arenga pinnata* Merr.) และ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลผง ตัวอย่างในการวิจัย คือน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตโดยเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงา จำนวน 3 ตัวอย่าง ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 40.05±7.59 15.02±1.58 และ 31.36±4.28 ตามลำดับ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 5.20±1.02 ค่า aw 0.66±0.21 ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลผงเล็กน้อย เถ้าร้อยละ 0.97±0.25 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.09±0.04 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 252.18±48.73 mgGAE/100gฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ร้อยละ 20.13±4.13 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 83.43±2.27 โดยพบน้ำตาลซูโครสมากที่สุด รองลงมาคือกลูโคสและฟรุคโตส ตามลำดับ คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเป็นไปตามมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลผง

คำสำคัญ: คุณภาพ, น้ำตาลทรายแดง, ต้นชก (*Arenga pinnata* Merr.), ผลิตภัณฑ์ชุมชน

* Corresponding author: ลภัสรดา จิตวารินทร์

E-mail: lapasrada.jit@mahidol.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to: 1) study the physical, chemical, and microbiological qualities of Chok (*Arenga pinnata* Merr.) brown sugar and 2) compare the qualities of Chok brown sugar with the community product standards for powdered sugar. The research samples consisted of three samples of Chok brown sugar produced by sugar palm processing farmers in Phang Nga province. The results showed that the physical qualities including color values L^* , a^* , and b^* of 40.05 ± 7.59 , 15.02 ± 1.58 , and 31.36 ± 4.28 , respectively. The chemical qualities included a moisture content of $5.20 \pm 1.02\%$, water activity (a_w) of 0.66 ± 0.21 , which is slightly higher than the community product standard for powdered sugar, ash content of $0.97 \pm 0.25\%$, pH value of 5.09 ± 0.04 , total phenolic compounds of 252.18 ± 48.73 mgGAE/100g, antioxidant activity (DPPH) of $20.13 \pm 4.13\%$, and total sugar content of $83.43 \pm 2.27\%$, with sucrose was present in the highest, followed by glucose and fructose, respectively. The microbiological quality tests showed that the total plate count and yeast and mold counts complied with the microbiological standards for community powdered sugar products.

Keywords: Qualities, Brown Sugar, Chok Tree (*Arenga pinnata* Merr.), Community Products

บทนำ

ต้นชก (*Arenga pinnata* Merr.) เป็นพืชยืนต้นวงศ์ Arecaceae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับต้นปาล์ม พืชปาล์มสกุล *Arenga* ของประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 2 สายพันธุ์ย่อย คือ ต้นชก (*Arenga pinnata* Merr.) ซึ่งพันธุ์นี้จะใช้ทำน้ำตาลชก พบกระจายอยู่ในภาคใต้เท่านั้น ส่วนต้นตาวหรือต้นชิด (*Arenga westerhoutii* Griff.) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศจะให้ผลผลิตคือลูกชิดที่บริโภคกันทั่วไป (รวีศ ทศคร, 2564) ส่วนของต้นชกที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ ผลนำมารับประทานโดยนำไปแช่อิ่ม น้ำหวานนำมาทำเป็นน้ำตาลทรายแดง ใบนำมาจักสานและตัดเย็บ มุงหลังคา ยอดนำไปทำอาหาร (เกษรอินทรีย์, 2565) นอกจากนี้ยังมีส่วนต่างๆ

ของต้นชกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ เช่น ใช้ก้านช่อดอกชกเป็นวัสดุแทนเชือกเส้นใยจากก้านช่อดอกชกสามารถนำไปทอเป็นผ้าทอได้ (ธวัชชัย จิตวารินทร์ และคณะ, 2565) ต้นชกถือได้ว่าเป็นพืชท้องถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดพังงาที่พบได้ตามธรรมชาติในพื้นที่บริเวณภูเขาหินปูนตำบลบ่อแสน อำเภอทับปุด และชุมชนบางเตย อำเภอเมือง จังหวัดพังงา อีกทั้งเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน และกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกในพื้นที่ดังกล่าวซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรเพียงกลุ่มเดียวในจังหวัดพังงาที่ผลิตน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกจะมีราคาขายอยู่ที่ 150 บาทต่อกิโลกรัม โดยในแต่ละปีเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกแต่ละรายจะมีรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลชกประมาณปีละ 160,000-200,000 บาท ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชนเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้กลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก ได้เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสนใจจำนวน 3 ราย จากทั้งหมด จำนวน 5 ราย

น้ำตาลทรายแดงเป็นน้ำตาลที่ผลิตโดยใช้กระบวนการแปรรูปน้อยที่สุดและไม่ผ่านกระบวนการฟอกขาวหรือทำให้บริสุทธิ์เหมือนน้ำตาลทรายขาว จึงทำให้การบริโภคน้ำตาลทรายแดงมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าน้ำตาลทรายขาว โดยงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ งานวิจัยของ Haniyah & Purwani (2022); Azrina et al. (2020); Jong et al. (2018); Munawar et al. (2017); ยุพารัตน์ โพธิ์เศษ และ เนวิชญา นูณินิธินันท์ (2564) และ Kongkaew, et al. (2014) ระบุว่าน้ำตาลทรายแดงมีสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) ที่มีฤทธิ์เป็นสารฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) มากกว่าน้ำตาลทรายขาว ทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระจะเป็นสารที่ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้น้ำตาลทรายแดงยังมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์และมีปริมาณแร่ธาตุต่างๆ สูงกว่าน้ำตาลทรายขาวอีกด้วย ทั้งนี้น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกถือเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้รับการถ่ายทอดภูมิปัญญาในการแปรรูปมาจากรุ่นสู่รุ่นกว่า 50 ปี อย่างไรก็ตามน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตเพื่อจำหน่ายโดยกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงานั้นยังไม่เคยผ่านการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางจุลินทรีย์มาก่อน ทำให้ไม่มีข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้เพื่อการพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายแดงจากต้นชก ทั้งนี้ภาพของต้นชกและน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตโดยกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชก แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ต้นชก และน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

ที่มา: ธวัชชัย จิตวารินทร์ และคณะ (2565ข: 4)

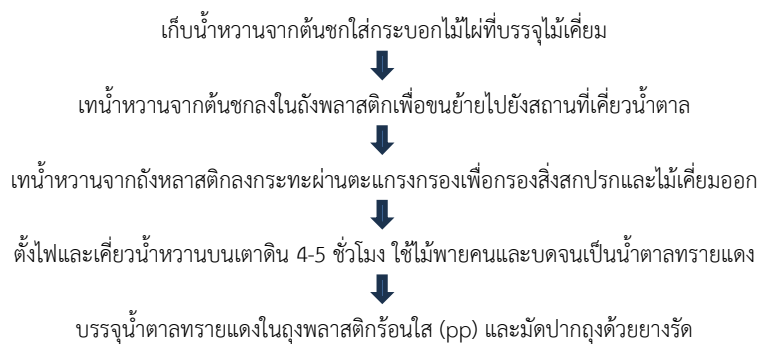
จากประโยชน์และความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 เพื่อการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพเคมี และจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก และเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลผง โดยข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้จะนำไปใช้พัฒนาและยกระดับคุณภาพของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ได้รับการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นมาอย่างยาวนาน อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชก และมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชุมชนให้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่มีคุณภาพสูงขึ้นต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตด้านวัตถุดิบ

น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผลิตโดยเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในพื้นที่ตำบลบ่อแสน และตำบลบางเตย จังหวัดพังงา จำนวน 3 ราย จากทั้งหมด 5 ราย ซึ่งใช้น้ำหวานจากต้นชกที่พบตามธรรมชาติในพื้นที่ดังกล่าวเป็นวัตถุดิบจึงส่งผลให้วัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตน้ำตาลทรายแดงของเกษตรกรแต่ละรายมีส่วนประกอบที่ไม่เหมือนกัน การผลิตน้ำตาลทรายแดงของกลุ่มเกษตรกรเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้ภูมิปัญญาแบบพื้นบ้าน

จึงทำให้ วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตจะแตกต่างกันออกไปตามความพร้อมของเกษตรกร เช่น ขนาดกระทะที่เคี้ยวน้ำตาล ขนาดของเตาดินที่ใช้เคี้ยวน้ำตาล ตะแกรงสำหรับกรองน้ำหวานจากต้นชก ระยะเวลาในการคั้นน้ำหวานในกระทะ ขนาดไม้พาย สถานที่ในการผลิตและเก็บผลิตภัณฑ์น้ำตาล เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกของกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกของกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในพื้นที่ตำบลบ่อแสน อำเภอทับปุด และตำบลบางเตย อำเภอเมือง จังหวัดพังงา

ทั้งนี้เกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกที่เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้ง 3 รายประสงค์ที่จะแสดงชื่อ-สกุลและสถานที่ในการผลิตน้ำตาลทรายแดงที่ใช้เป็นตัวอย่างในงานวิจัย คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างจากเกษตรกรแต่ละรายจำนวน 3 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design: CRD) เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ณ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ

คุณภาพทางกายภาพที่ศึกษา คือ วิเคราะห์ค่าสี $L^* a^* b^*$ โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา สภาวะการทดสอบ CIE Lab Scale D65/10° port size 1.25 นิ้ว

การศึกษาคุณภาพทางเคมี

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น (ใช้ Vacuum Oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น VO49 ผลิตที่ประเทศเยอรมนีที่อุณหภูมิ 70 °C, pressure ≤ 100 mmHg.) ปริมาณเถ้า (ใช้ Ashing Furnace ยี่ห้อ Nabertherm รุ่น LTV15/11 ผลิตที่ประเทศเยอรมนี ที่อุณหภูมิ 550-600 °C)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตสโดยเครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent 1100 ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา (In-house method TE-CH-164 based) ใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC 2023 (AOAC, 2023) ค่า aw โดยใช้เครื่อง Water Activity Meter ยี่ห้อ Aqualab รุ่น 4TE ผลิตที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ค่า pH ใช้ pH Meter ยี่ห้อ SUNTEX รุ่น SP-2300 ผลิตที่ประเทศไต้หวัน) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content :TPC) วิเคราะห์โดยใช้สารละลาย Folin-ciocalteu's phenol reagent และวัดค่าการดูดกลืนแสงตามวิธีของ Felix & Manuel (2020) ด้วย Spectrophotometer ยี่ห้อ Hitachi รุ่น U-2900 ผลิตที่ประเทศญี่ปุ่น และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging) ด้วยวิธี 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl; DPPH) ดัดแปลงจากวิธีของ Yen & Hsieh (1995) ใช้ตัวอย่างสารละลายน้ำตาล 400 ไมโครลิตรผสมกับสารละลาย DPPH จำนวน 2 มิลลิลิตร (ที่เตรียมจากสารละลาย DPPH 0.12 mM ในเมทานอล 95%) แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer ใช้เมทานอล 80% เป็นสารละลายควบคุม ฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ) คำนวณจากสูตรของ Singh & Rajini (2004) ตามสมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{Free Radical Scavenging Activity} = [1 - (As/Ac)] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ As คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

Ac คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายควบคุมที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์

คุณภาพทางจุลินทรีย์ที่ศึกษา ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) ยีสต์ และรา (Yeast and Mold) วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2012) Coliform bacteria *Escherichia Coli* ตามวิธีของ U.S. Food and drug administration (2020)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าข้อมูลทีวิเคราะห์แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least-Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 25.0

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงที่ผลิต กลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในพื้นที่ตำบลบ่อแสน อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดพังงา จำนวน 3 ราย พบว่า มีคุณภาพทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมีแสดงดังตารางที่ 2-4 และ คุณภาพทางจุลินทรีย์แสดงดังตารางที่ 5-6 ดังนี้

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

ตัวอย่าง	ค่าสี (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.)		
	L*	a*	b*
1	31.08 $\pm$ 0.43 ^a	15.24 $\pm$ 0.95 ^a	25.86 $\pm$ 0.91 ^a
2	40.53 $\pm$ 0.60 ^b	16.56 $\pm$ 0.62 ^a	35.08 $\pm$ 0.87 ^b
3	48.52 $\pm$ 1.00 ^c	13.25 $\pm$ 0.61 ^b	33.15 $\pm$ 0.90 ^c
เฉลี่ยรวม	40.05 $\pm$ 7.59	15.02 $\pm$ 1.58	31.36 $\pm$ 4.28

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่า L* ซึ่งแสดงถึงความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 และค่า b* ซึ่งแสดงถึงค่าแกนสีจากสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงสีเหลือง (+b*) ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกทั้ง 3 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนค่า a* ซึ่งแสดงถึงค่าแกนสีจากสีเขียว (-a*) จนถึงสีแดง (+a*) ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกในตัวอย่างที่ 1 และ 2 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ค่าสีน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงา มีค่า L* a* และ b* เฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 40.05 $\pm$ 7.59 15.02 $\pm$ 1.58 และ 31.36 $\pm$ 4.28 ตามลำดับ

ทั้งนี้ค่าสี L* a* b* ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลโดยใช้ภูมิปัญญาแบบพื้นบ้านจึงทำให้ วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตแตกต่างกันออกไปตามความพร้อมของเกษตรกร อีกทั้งน้ำหวานจากต้นชกที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายแดงเก็บได้จากต้นชกตามธรรมชาติจึงทำให้น้ำหวานจากต้นชกที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายแดงมีสีและส่วนประกอบต่างๆ มีปริมาณที่แตกต่างกันดังที่กล่าวมาข้างต้นในเรื่องขอบเขตของวัตถุดิบ เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณ

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณสารแทนนินจากไม้เคี่ยมในกระบอกเก็บน้ำตาล ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณแร่ธาตุ เป็นต้น ทั้งนี้ปัจจัยที่กล่าวมาจะส่งผลต่อค่าสี $L^* a^* b^*$ ซึ่งเกิดขึ้นจากการปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้ง 2 แบบ คือ 1. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหวานที่อยู่ในช่วง 6-8 จะเร่งให้เกิดการเพิ่มของดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning intensity) (Vissers et al., 2017; Karseno et al., 2018) การสัมผัสกับออกซิเจน (Nayaka et al., 2022) ปริมาณเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) (Ogut, 2017; Han et al., 2022) รวมทั้งปริมาณสารแทนนิน (Han et al., 2022) และ 2. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ด้วยการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ซึ่งมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นหรือความหวานของน้ำหวานวัตถุดิบ อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน Jie et al., 2024) อุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล ซึ่งหากเคี่ยวในระยะเวลาสั้นและสามารถทำให้น้ำตาลเย็นตัวลงได้เร็วจะทำให้สีน้ำตาลที่ได้มีสีอ่อนกว่า (Jie et al., 2021; Jie et al., 2022) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกอาจขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหวานจากต้นชกอีกด้วย จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสีของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก จึงส่งผลให้สีของน้ำตาลทรายแดงที่ผลิตได้มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เมื่อศึกษางานวิจัย ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีสีเข้มกว่าน้ำตาลทรายแดงที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีค่า $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 59.38 ± 0.70 3.25 ± 0.02 และ 16.28 ± 0.09 ตามลำดับ (Azrina et al., 2020) และยังมีสีเข้มกว่าน้ำตาลจากที่ผลิตโดยเกษตรกรในอำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา ที่มีค่า $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 56.43 ± 0.35 9.03 ± 0.12 และ 26.87 ± 0.15 ตามลำดับ (ดวงเดือน สงฤทธิ์, 2558) นอกจากนี้พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใกล้เคียงกับน้ำตาลจากตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าวซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.0-6.0 (ดวงเดือน สงฤทธิ์, 2558; วริศชนม์ นิลนนท์ และ บุญทริกา สมะนา, 2559) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำตาลทรายแดงที่อยู่ระหว่าง 6.0-8.0 จะส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้เร็วขึ้น (Karseno et al., 2018) ซึ่งจะส่งผลให้น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกจะมีสีเข้มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาได้

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

ตัวอย่าง	คุณภาพทางเคมีของน้ำตาลทรายแดง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.)			
	ความชื้น (%)	aw	เถ้า (%)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
1	5.86 $\pm$ 0.02 ^a	0.68 $\pm$ 0.01 ^a	1.30 $\pm$ 0.08 ^a	5.08 $\pm$ 0.03 ^{a,b}
2	5.91 $\pm$ 0.05 ^a	0.64 $\pm$ 0.01 ^b	0.78 $\pm$ 0.02 ^b	5.13 $\pm$ 0.04 ^a
3	3.84 $\pm$ 0.05 ^b	0.64 $\pm$ 0.02 ^b	0.83 $\pm$ 0.07 ^b	5.06 $\pm$ 0.03 ^b
เฉลี่ยรวม	5.20 $\pm$ 1.02	0.66 $\pm$ 0.21	0.97 $\pm$ 0.25	5.09 $\pm$ 0.04

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงามีค่าความชื้น ค่า aw ปริมาณเถ้า และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 5.20 $\pm$ 1.02, 0.66 $\pm$ 0.21, 0.97 $\pm$ 0.25 และ 5.09 $\pm$ 0.04 ตามลำดับ ค่าความชื้นของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกตัวอย่างที่ 1 และ 2 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่า aw ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกตัวอย่างที่ 1 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกตัวอย่างที่ 1 ไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกตัวอย่างที่ 2 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2561ก, 2561ข, 2561ค, 2561ง) พบว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนดังกล่าวไม่ได้กำหนดค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) รวมทั้งปริมาณเถ้าที่ต้องการไว้แต่จะกำหนดเฉพาะค่า aw ให้มีค่าไม่เกิน 0.6 เท่านั้น อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าความชื้นของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Orlandi et al. (2017) ที่พบว่าน้ำตาลทรายแดงจากอ้อยมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.3–7.4 แต่อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีค่าความชื้นสูงกว่าน้ำตาล ทรายแดงที่ผลิตในระบบอุตสาหกรรมจากบริษัท Central Sugars Refinery SDN BHN ซึ่งเป็นบริษัทผลิตน้ำตาลรายใหญ่ของประเทศมาเลเซีย (Azrina et al., 2020) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย Maryani et al. (2021) ที่พบว่าน้ำตาลจากตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าวที่ผลิตในระดับครัวเรือนในเขตจังหวัดบันเติน (Banten) ประเทศอินโดนีเซียมีค่าความชื้นเพียงร้อยละ 1.49 และร้อยละ 0.78 ตามลำดับ ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ค่าความชื้นของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีค่าสูงกว่าอาจเนื่องมาจากการ

ไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการเคี้ยวน้ำตาลส่งผลให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งตอนท้ายของกระบวนการผลิตมีการยกกระทะเคี้ยวน้ำตาลลงจากเตาเพื่อมาบดให้เป็นน้ำตาลผงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Orlandi et al. (2017) ที่พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำเกินไปในช่วงท้ายของการผลิตน้ำตาลทรายแดงส่งผลให้น้ำตาลมีปริมาณความชื้นและค่า aw ที่สูงขึ้น นอกจากนี้พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกับงานวิจัยของมยุรา วชิรศักดิ์ชัย (2559) Maryani et al. (2021) และ Orlandi et al. (2017) ทั้งนี้ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่า aw และปริมาณเถ้าของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตของเกษตรกรแต่ละรายแตกต่างกันออกไป อีกทั้งน้ำหวานจากต้นชกที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายแดงเก็บได้จากต้นชกตามธรรมชาติจึงทำให้น้ำหวานมีสีและส่วนประกอบต่างๆ แตกต่างกันดังที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

ตัวอย่าง	สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.)	
	TPC (mgGAE/100g)	DPPH radical scavenging activity (%)
1	317.07 $\pm$ 1.27 ^a	25.61 $\pm$ 0.71 ^a
2	219.92 $\pm$ 3.38 ^b	17.57 $\pm$ 0.16 ^b
3	219.56 $\pm$ 3.31 ^b	16.20 $\pm$ 0.22 ^b
เฉลี่ยรวม	252.18 $\pm$ 48.73	20.13 $\pm$ 4.13

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงามีค่าสารประกอบฟีนอลิก (TPC) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) เฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 252.18 $\pm$ 48.73 และ 20.13 $\pm$ 4.13 ตามลำดับ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกตัวอย่างที่ 1 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับน้ำตาลทรายแดงจากประเทศมาเลเซียแต่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่า (Azrina et al., 2020) อีกทั้งพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก มีปริมาณมากกว่าน้ำตาล

ทรายดิบจากต้นตาลโตนดที่ผลิตในแคว้นสิน (Sindh) และแคว้นปัญจาบ (Punjab) ประเทศปากีสถาน (Munawar et al., 2017) อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจะเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งจะส่งผลให้น้ำตาลมีสีเข้มขึ้น ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Han et al., 2022) ทั้งนี้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Azrina et al. (2020) Jong et al. (2018) และ Munawar et al. (2017) ที่พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ที่มีในน้ำตาล

ตารางที่ 4 ปริมาณของน้ำตาลที่พบในน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก

ตัวอย่าง	ปริมาณของน้ำตาลที่พบในน้ำตาลทรายแดง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.)			
	Total sugar (%)	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)
1	82.90 $\pm$ 1.00 ^a	1.74 $\pm$ 0.08 ^a	2.39 $\pm$ 0.04 ^a	78.77 $\pm$ 0.67 ^a
2	81.10 $\pm$ 0.49 ^b	2.18 $\pm$ 0.07 ^b	3.06 $\pm$ 0.09 ^b	75.86 $\pm$ 0.41 ^b
3	86.03 $\pm$ 0.78 ^c	1.68 $\pm$ 0.06 ^{a,c}	1.45 $\pm$ 0.05 ^c	82.90 $\pm$ 0.53 ^c
เฉลี่ยรวม	83.43 $\pm$ 2.27	1.87 $\pm$ 0.24	2.30 $\pm$ 0.71	79.18 $\pm$ 3.10

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกที่ผลิตจากกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปน้ำตาลชกในจังหวัดพังงามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลฟรุคโตส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครส เท่ากับร้อยละ 83.43 $\pm$ 2.27, 1.87 $\pm$ 0.24, 2.30 $\pm$ 0.71, 79.18 $\pm$ 3.10 ตามลำดับ ทั้งนี้ น้ำตาลทรายแดงจากต้นชกทั้ง 3 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลซูโครสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่า น้ำตาลที่พบมากที่สุด คือซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากน้ำหวานจากต้นชกที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเก็บได้จากต้นชกตามธรรมชาติจึงทำให้น้ำหวานส่วนประกอบของชนิดน้ำตาลที่แตกต่างกัน อีกทั้งระยะเวลาที่เก็บน้ำตาลจากต้นชกและระยะเวลาในการเคี้ยวน้ำตาลก็จะส่งผลต่อการไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) ของน้ำตาลซูโครส ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่พบในน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำตาลจากตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าว (Maryani et al., 2021) ที่พบน้ำตาลซูโครสมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำตาลทรายแดงจากต้นขกมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส น้อยกว่าน้ำตาลจากตาลโตนดและน้ำตาลมะพร้าว ดังนั้นการบริโภคน้ำตาลทรายแดงจาก น้ำตาลขกจะเป็นประโยชน์ และเกิดผลดีต่อสุขภาพมากกว่า เนื่องจากงานวิจัยของ Bettina et al. (2020) Beatriz et al. (2020) และ Hieronimus et al. (2020) ที่พบว่า น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตสเป็นสาเหตุให้เกิดไขมันพอกตับ ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดโรคตับแข็งและมะเร็ง ตับต่อไป ทั้งยังเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจอีกด้วย

ตารางที่ 5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นขก

ตัวอย่าง	คุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดง (ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	Yeast and Mold	Coliform bacteria	E. Coli
	(Total viable count) (CFU/g)	(CFU/g)	(CFU/g)	(MPN/g)
1	5.33 $\pm$ 1.15 ^a	5.33 $\pm$ 0.58 ^a	2.44 $\pm$ 0.58 ^a	2.33 $\pm$ 0.58 ^a
2	32.67 $\pm$ 2.08 ^b	5.33 $\pm$ 1.53 ^a	2.33 $\pm$ 1.53 ^a	2.33 $\pm$ 0.58 ^a
3	21.33 $\pm$ 3.06 ^c	4.33 $\pm$ 0.58 ^a	2.67 $\pm$ 0.58 ^a	2.00 $\pm$ 1.00 ^a
เฉลี่ยรวม	19.78 $\pm$ 12.05	5.00 $\pm$ 1.00	2.44 $\pm$ 0.88	2.22 $\pm$ 0.67

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำตาลทรายแดงจากต้นขกเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

น้ำตาลทรายแดง	คุณภาพของน้ำตาลทรายแดงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน		
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา	aw
	(Total viable count)	(Yeast and Mold)	
น้ำตาลทรายแดงจากต้นขก	< 100 CFU/g	< 10 CFU/g	0.66 $\pm$ 0.21
น้ำตาลโตนด			
น้ำตาลจากผง			
น้ำตาลมะพร้าวผง และน้ำตาล	< 500 CFU/g	< 100 CFU/g	ต้องไม่เกิน 0.6
อ้อยผง (มผช. 113, 758, 5, 759/2561)			

จากตารางที่ 5 และตารางที่ 6 พบว่า น้ำตาลทรายแดงจากต้นขกมีปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำตาลผง ส่วนค่า aw ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยจะมี

ความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษานั้นมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดอยู่เล็กน้อย ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าอาจเนื่องมาจากอากาศและความชื้นผ่านเข้าสู่บรรจุภัณฑ์ที่เกษตรกรผู้แปรรูปใช้บรรจุน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกซึ่งเป็นเพียงถุงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) แล้วมัดด้วยยางรัดที่ปากถุงเท่านั้น อีกทั้งการส่งตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ ณ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งไปถึงกระบวนการตรวจวิเคราะห์รวมทั้งสิ้น 8-10 วัน จึงอาจทำให้ค่าความชื้นและค่า aw สูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกกับประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร, 2560) ที่กำหนดให้อาหารผ่านกรรมวิธีต้องมี *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งจากผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชก พบว่า คุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามระเบียบและข้อบังคับที่กล่าวมาทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามเหตุที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกในตัวอย่างที่ 1 แตกต่างกับตัวอย่างที่ 2 และ 3 นั้นอาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความแตกต่างของวัสดุ อุปกรณ์สถานที่ผลิตและบรรจุ สุขอนามัยส่วนบุคคล วิธีการล้างทำความสะอาดมือ อุปกรณ์ ความสะอาดของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า aw ร่วมกับคุณภาพ ด้านจุลินทรีย์ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำตาลผงแล้วถือว่าน้ำตาลทรายแดง จากต้นชกยังมีความปลอดภัยในการบริโภค แต่อาจจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่าน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกมีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้ คุณภาพทางกายภาพด้านค่าสี (L^* , a^* , b^*) มีค่าเท่ากับ 40.05 ± 7.59 , 15.02 ± 1.58 และ 31.36 ± 4.28 ตามลำดับ ด้านคุณภาพทางเคมี พบความชื้นร้อยละ 5.20 ± 1.02 ค่า aw 0.66 ± 0.21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.09 ± 0.04 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 252.18 ± 48.73 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ร้อยละ 20.13 ± 4.13 ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 83.43 ± 2.27 ประกอบด้วยซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส (ร้อยละ 79.18 ± 3.10 , 2.30 ± 0.71 และ 1.87 ± 0.24 ตามลำดับ) ด้านจุลินทรีย์พบว่าปริมาณ

จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อย่างไรก็ตามค่า aw ที่สูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อยอาจส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา และส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ทั้งนี้การยกระดับคุณภาพของน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกควรมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตและสุขลักษณะการผลิต โดยใช้ผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการยกระดับคุณภาพการผลิตน้ำตาลทรายแดงจากต้นชกของผู้ประกอบการในจังหวัดพังงาเพื่อการผลิตที่มีคุณภาพและยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 สำหรับโครงการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรอินทรีย์. (2565). *ลูกชกผลไม้โบราณนานกว่าจะออกลูก*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 มกราคม 2567, จาก www.kasetorganic.com/knowledge/sugar-palm/#:~:text=วันก่อนเขียนเรื่อง%20มะพร้าว,ต้องรออีก%207%20ปี.
- ดวงเดือน สงฤทธิ์. (2558). *การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำตาลจากต้นจาก*. (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- ธวัชชัย จิตวารินทร์, ลภัสรา จิตวารินทร์, บุญชัย เมฆแก้ว, เบญจกาญจน์ นิรติศัย, กัญญลักษณ์ นันทชัย, ภัทรวรรต ศรีบุญจิต และ ชุฟเพียนี สนิ. (2565ก). การพัฒนาผ้าทอผสมเส้นใยก้านช่อดอกชก. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 17(3), 75-85.
- ธวัชชัย จิตวารินทร์, ลภัสรา จิตวารินทร์, บุญชัย เมฆแก้ว, เบญจกาญจน์ นิรติศัย, กัญญลักษณ์ นันทชัย, ภัทรวรรต ศรีบุญจิต และ ชุฟเพียนี สนิ. (2565ข). *การพัฒนาเส้นใยก้านช่อดอกชกต่อยอดภูมิปัญญาสู่การพัฒนานวัตกรรมเพื่อชุมชน*. (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ: สถาบันวิทยาลัยชุมชน.
- มยุรา วชิรศักดิ์ชัย. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากผลตะขบเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).

- ยุพรัตน์ โปธิเศษ และ เนวิชญาณี วุฒินิธินันท์. (2564). ชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแยมลูกหม่อน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 39(2), 165-171.
- วิศ ทศคร. (2564). *สารระวิทย์ โดย สวทช : ชิตเฮย ชิตชม ลูกชิตต้นตำว ต้นไม้มหัศจรรย์*. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2567, จาก <https://www.nstda.or.th/sci2pub/areceae/>.
- วิเศษณ์ นิลนนท์ และ บุญทริกา สุธะนา. (2559). การพัฒนาการผลิตน้ำตาลมะพร้าวในระดับอุตสาหกรรมท้องถิ่น. *วารสารวิจัยไร่ไพพรรณี*, 10(3), 49-54.
- สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. (2560). *เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหาร และภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: บริษัทพีทู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์ จำกัด.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561ก). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลโตนด มผช. 113/2561*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2567, จาก [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0113_61\(น้ำตาลโตนด\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0113_61(น้ำตาลโตนด).pdf).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561ข). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลจาก มผช. 758/2561*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2567, จาก [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0758_61\(น้ำตาลจาก\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0758_61(น้ำตาลจาก).pdf).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561ค). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลมะพร้าว มผช. 5/2561*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2567, จาก [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0005_61\(น้ำตาลมะพร้าว\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0005_61(น้ำตาลมะพร้าว).pdf).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561ง). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลอ้อย มผช. 759/2561*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2567, จาก [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0759_61\(น้ำตาลอ้อย\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0759_61(น้ำตาลอ้อย).pdf).
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. (19th ed). Washington DC: AOAC.
- AOAC. (2023). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International*. (22nd ed). Washington DC: AOAC.

- Azrina, A., Hock, E. K., Azliana, A. B. S., Noor, A. A. K., Barakatun, N. M. Y., Zhafarina, M., & Sultana, S. (2020). Antioxidant activity, nutritional and physicochemical characteristics, and toxicity of minimally refined brown sugar and other sugars. *Food Science and Nutrition*, 8(9), 5048–5062.
- Beatriz, M., Cristina, M. F., Irene, C., & German, P. (2020). Intestinal fructose and glucose metabolism in health and disease. *Nutrients*, 12(1), 94-129.
- Bettina, H., Valentina, M., Andrew, A. B., Vivien, L., Marinelle, V. N., Desiree, M. S., Keim, N. L., Havel, P. J. & Stanhope, K. L. (2020) et al. Synergistic effects of fructose and glucose on lipoprotein risk factors for cardiovascular disease in young adults. *Metabolism Clinical and Experimental*, 112(11), 1-9.
- Felix, B. & Manuel, G. (2020). *Total Phenolics*. In: Felix, B., Gessner, M. O., & Manuel, G. (Eds.), *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*, (p. 157-161). Cham: Springer International Publishing.
- Han, Z., Zhu, M., Wan, X., Zhai, X., Ho, C. T., & Zhang, L. (2022). Food polyphenols and Maillard reaction: regulation effect & chemical mechanism. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(11), 1-17.
- Haniyah, F. and Purwani, E. (2022). The Effect of Brown Sugar Addition on Total Acid, pH, and Antioxidant Activity of Young Coconut Water (*Cocos nucifera* L.) Probiotic Drinks. In: *Proceedings of the International Conference on Health and Well-Being*. 5-6 December 2022, Muhammadiyah University of Surakarta, Indonesia. 120-132.
- Hieronimus, B., Medici, V., Bremer, A. A., Lee, V., Nunez, M. V., Sigala, D. M., Keim, N. L., Havel, P. J. & Stanhope, K. L. (2020). Synergistic effects of fructose and glucose on lipoprotein risk factors for cardiovascular disease in young adults. *Metabolism Clinical and Experimental*, 112(9), 1-22.
- Jie, L., Peng, W., Caifeng, X., Qinzhi, W., & De-Wei, C. (2024). Brown sugar aroma: Key aroma-active compounds, formation mechanisms and influencing

- factors during processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 128(4), 12-21.
- Jie, L., Peng, W., Wenjie, Z., Caifeng, X., Qinzhi, W., & De-Wei, C. (2022). Investigation on taste-active compounds profile of brown sugar and changes during lime water and heating processing by NMR and e-tongue. *LWT-Food Science and Technology*, 165(8), 1-11.
- Jie, L., Peng, W., Caifeng, X., & De-Wei C. (2021). Key aroma-active compounds in brown sugar and their influence on sweetness. *Food Chemistry*, 345(5), 240-247.
- Jong, S. L., Srinivasan, R., Il G. J., Ye, S. K., Ashutosh, B., Young, S. O., O-Jun, K., & Kim, M. (2018). Comparative study of the physicochemical, nutritional, and antioxidant properties of some commercial refined and non-centrifugal sugars. *Food Research International*, 109(3), 159-167.
- Karseno, K., Erminawati, W., Yanto, T., Setyowati R., & Haryanti, P. (2018). Effect of pH and temperature on browning intensity of coconut sugar and its antioxidant activity. *Food Research*, 2(1), 32-38.
- Kongkaew, S., Chaijan, M., & Riebroy, S. (2014). Some Characteristics and Antioxidant Activity of Commercial Sugars Produced in Thailand. *Journal KMUTL Science and Technology*, 14(1), 1-9.
- Maryani, Y., Rochmat, A., Khastini, R., Kurniawan, T. and Saraswati, I. (2021) Identification of Macro Elements (Sucrose, Glucose and Fructose) and Micro Elements (Metal Minerals) in the Products of Palm Sugar, Coconut Sugar and Sugar Cane. In: *Joint proceedings of the 2nd and the 3rd International Conference on Food Security Innovation 2018-2019*, 8-9 September 2019, Ledian Hotel Serang Banten, Indonesia. 271-274.
- Munawar. I., Afzal Q. M., Tanveer, H. B., Mazhar, A., Fida, H., Nasir, M., Ali, K., Naseem, Q., & Arif, N. (2017). Total phenolic, chromium contents and antioxidant activity of raw and processed sugars. *Information Processing in Agriculture*, 4(1), 83-89.

- Nayaka, V. S. K., Tiwari, R. B., Narayana, C. K., Ranjitha, K., Shamina, A., Vasugi, C. R., Venugopalan, C. R., Bhuvaneswari, S., & Sujayasree, O. J. (2022). Comparative effect of different sugars instigating non-enzymatic browning and Maillard reaction products in guava fruit leather. *Journal of Horticultural Sciences*, 17(1), 174-183.
- Ogut, B., Kim, Y. J., Kim, D. W., Oh, S. C., Hong, D. L., & Lee, Y. B. (2017). Optimization of maillard reaction between glucosamine and other precursors by measuring browning with a spectrophotometer. *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(3), 211-215.
- Orlandi, R., Verruma-Bernardi, M., Sartorio, S., & Borges, M. T. (2017). Physicochemical and sensory quality of brown sugar: Variables of processing study. *Journal of Agricultural Science*, 9(2), 1115-1121.
- Singh, N. & Rajini, P. S. (2004). Free radical scavenging activity of anaqueous extract of potato peel. *Food Chemistry*, 85(4), 611-616.
- U.S. Food and drug administration. (2020). *Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*. Retrieved March 29, 2024 from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>.
- Vissers, A., Kiskini, A., Hilgers, R., Marinae, M., Wierenga, P. A., Gruppen, H., & Vincken, J. P. (2017). Enzymatic browning in sugar beet leaves (*Beta vulgaris* L.): Influence of caffeic acid derivatives, oxidative coupling, and coupled oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(24), 4911-4920.
- Yen, G. C., & Hsieh, P. P. (1995). Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine Maillard reaction-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(3), 415-420.