การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี คุณค่าทางโภชนาการ และจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำหวานจากสด

A Comparative Study of the Physicochemical, Nutritional Characteristics and Microbiological Contamination of Fresh Nipa Palm (*Nypa fruticans*) Sap

ธณิกานต์ ธรสินธุ์*

Thanikan Thorasin*

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Srivijaya

Received : 18 June 2018

Accepted : 18 August 2018

Published online : 14 September 2018

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนี้ต้องการศึกษาจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีด้านต่าง ๆ และคุณค่าทางโภชนาการ ในน้ำหวานจากสดจำนวน 10 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำหวานจากสดในจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ ตำบลขนาบนาก และตำบลเสือหึง ตามสภาพแวดล้อมในพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่น้ำเค็ม พื้นที่น้ำกร่อย พื้นที่นากุ้งร้าง และพื้นที่น้ำจืด จากผลการทดลองพบว่าระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำหวานจากสดอยู่ระหว่าง 4.3 – 6.9 และค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 13.6-22.5 องศาบริกซ์ พบว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ตำบลขนาบนากมีระดับความเป็นกรดและปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าพื้นที่ ต.เสือหึง ส่วนปริมาณกรดทั้งหมดและแอลกอฮอล์ทั้งสองพื้นที่ต่ำกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ จำนวนจุลินทรีย์มีปริมาณแตกต่างกันไปในแต่ละตัวอย่างและบางตัวอย่างตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียปนเปื้อน น้ำตาลที่พบในน้ำหวานจากคือ น้ำตาลซูโครส (3.4-18.8 เปอร์เซ็นต์) กลูโคส (1.7-3.9 เปอร์เซ็นต์) และฟรุกโตส (0.5-2.8 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ยังตรวจพบปริมาณวิตามินซีในช่วง 6-14 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร โซเดียม 66-121 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และโพแตสเซียม 116-188 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร แต่ไม่พบวิตามินเอในทุกตัวอย่าง สรุปได้ว่าน้ำหวานจากสดมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างส่วนใหญ่อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในระหว่างการรองรับตัวอย่างน้ำหวาน

คำสำคัญ : คุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี, คุณค่าทางโภชนาการ, จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน, น้ำหวานจากสด

*Corresponding author. E-mail : thanikan.t@rmutsv.ac.th

Abstract

Aim of this research was to study the microbial contaminants, physiochemical properties and nutritional values present in ten fresh nipa palm sap samples from different places of Nakhon Si Thammarat province (Khanap Nak Sub-District and Suea Hueng Sub-District). The fresh nipa palm sap samples were collected from different environments such as salt water, brackish water, abandoned shrimp pond and fresh water. The results showed that the pH values of nipa palm samples was ranged between 4.3 to 6.9, and the average of total soluble solids was varied from 13.6 to 22.5 ^{o}Brix. Interestingly, the nipa palm sap collected from Khanap Nak Sub-District showed both higher acidity and total soluble solids than samples from Suea Hueng Sub-District. Despite of that, the total acidity and alcohol content of samples from both areas were below 0.3 percent. With regard to the microbiological characteristics, the result showed the difference in number of microorganisms among samples and coliform bacteria can also be detected in some samples. The sucrose, glucose and fructose contents were varied within a range from 3.4 - 18.8%, 1.7-.39% and 0.5-2.8%, respectively. Furthermore, amounts of vitamin C, sodium and potassium ranged between 6-14 mg/100 ml, 66-121 mg/100 ml and 116-188 mg/100 ml respectively; however, vitamin A could not be detected in any samples. In conclusion, we observed that a large variation property of fresh nipa palm sap was mainly due to microbiological contamination during nipa palm collecting time.

Keywords: physicochemical characteristics, nutritional characteristics, microbiological contamination, nipa palm sap

บทนำ

ต้นจาก (nipa palm: *Nypa fruticans*) เป็นพืชตระกูลปาล์มเพียงชนิดเดียวที่เจริญตามริมชายฝั่งของป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นน้ำลงและบริเวณปากแม่น้ำออกสู่ทะเลตั้งแต่ริมฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกจนถึงมหาสมุทรอินเดีย (Ebana *et al*., 2015; Hossain & Islam, 2015; Lovly & Merlee, 2016) ประเทศที่พบต้นจากได้แก่ อินเดีย ศรีลังกา บังคลาเทศ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงค์โปร์ พม่า ไทย เวียดนาม ปาปัวนิวกินี โซโลมอน ออสเตรเลีย เช่น รัฐควีนแลนด์ และบางส่วนของแอฟริกา เช่น ไนจีเรีย (Dalibard,1999; Teo *et al*., 2010; Tamunaidu & Saka, 2011; Tsuji *et al*., 2011; Dharmapalan *et al*., 2012; Tamunaidu *et al*., 2013; Minh, 2014; Ebana *et al*., 2015) ประเทศไทยสามารถพบต้นจากได้ตามชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ หรือที่ลุ่มที่มีน้ำกร่อย เช่น จังหวัดสมุทรสาคร ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง และสตูล เป็นต้น ส่วนต่าง ๆ ของต้นจากถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย เช่น ใบจากใช้มุงหลังคา ทำรั้ว ทำเสื่อกันฝน ห่อขนมจาก มวนบุหรี่ และผลิตภัณฑ์จักสาน เป็นต้น (Teo *et al*., 2010; Dharmapalan *et al*., 2012; Ebana *et al*., 2015) ยอดอ่อนใช้ประกอบอาหาร เมล็ดอ่อนหรือเอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) ของลูกจากสามารถบริโภค หรือรับประทานกับน้ำเชื่อม ดอกจากสามารถทำชา (Hossain & Islam, 2015) ก้านจาก ใบจาก และลูกจากแห้งใช้เป็นเชื้อเพลิง (Tsuji *et al*., 2011; Hossain & Islam, 2015) นอกจากนี้บางส่วนของจาก เช่น เถ้าของราก หน่อและใบมีสรรพคุณทางยาช่วยบรรเทาอาการปวดฟัน ปวดหัว และเริม (Teo *et al*., 2010; Tsuji *et al*., 2011) ใบ เปลือกผลจาก (husk) และเส้นกลางใบ (midveins) มีสารพฤษเคมี (phytochemical)

และมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Ebana *et al*., 2015) ส่วนสารสกัดจากเอ็นโดสเปิร์มของลูกจากมีสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง (Prasad *et al*., 2013) ส่วนน้ำหวานจาก (nipa palm sap) สามารถบริโภคได้ทันทีในรูปน้ำหวานจากสด หรือผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนกลายเป็นน้ำเชื่อมที่เรียกว่าน้ำผึ้ง และน้ำตาลจากบรรจุปี๊บ เมื่อผ่านกระบวนการหมักจะได้น้ำส้มสายชู แอลกอฮอล์หรือสุรากลั่น (Teo *et al*., 2010; Dharmapalan *et al*., 2012; Francisco-Ortega & Zona, 2013) และสามารถผลิตเป็นไบโอเอทานอลได้ (Tamunaidu *et al*., 2013)

น้ำหวานจากพืชตระกูลปาล์มเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลและเก็บสะสมไว้ภายในลำต้น เมื่อผ่านกระบวนการตีก้าน (tapping process) ช่อดอกและก้านช่อผล (inflorescence stalk) และปาดก้านซึ่งเป็นท่ออาหารที่ส่งไปเลี้ยงดอกและลูกจาก ทำให้น้ำหวานที่สะสมอยู่ภายในไหลออกมาจากก้านสู่กระบอกรองรับน้ำหวานเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป ความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวานขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ช่วงเวลาในแต่ละปี ลักษณะพื้นที่ และกระบวนการจัดการ (Dalibard,1999; Francisco-Ortega & Zona, 2013) มีรายงานว่าน้ำหวานจากพืชตระกูลปาล์มมีคุณค่าและสารอาหารที่สูงกว่าน้ำอ้อย มีน้ำตาลซูโครสเป็นองค์ประกอบ 8.5-12.3030 เปอร์เซ็นต์ และถือเป็นน้ำหวานทางเลือกที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง วิตามินซีและบี เป็นต้น (Dalibard,1999) นอกจากนี้ยังเป็นน้ำหวานที่มีค่า GI (glycemia index) ต่ำอีกด้วย (Ebana *et al*., 2015)

พื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ อำเภอปากพนังและอำเภอเชียรใหญ่ เป็นแหล่งของป่าจากตามธรรมชาติที่มีอายุนับร้อยปี เนื่องจากมีสภาพพื้นที่ที่เหมาะสม ประชากรในพื้นที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับต้นจากและผลิตน้ำตาลจาก (Matsui *et al*., 2014) อาชีพผลิตน้ำตาลจากได้รับการสืบทอดมาจากบรรพบุรุษและเป็นภูมิปัญญาที่ควรอนุรักษ์และสืบทอดต่อไป หลังจากมีโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริในปี 2551ทำให้พื้นที่แถบนี้รวมทั้งบริเวณใกล้เคียงมีลักษณะพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งพื้นที่ที่เป็นน้ำเค็ม น้ำกร่อย และพื้นที่ที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนปัจจุบันกลายเป็นพื้นที่น้ำจืด ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในน้ำหวานจากเปลี่ยนแปลงไป เพราะปริมาณน้ำตาลในน้ำหวานจากขึ้นอยู่กับการจัดการ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำ ฤดูกาล การเจริญของก้านช่อผล ดินและลักษณะพื้นที่ (Matsui *et al*., 2014) แม้จะมีการแปรรูปน้ำหวานจากในรูปแบบต่าง ๆ อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนหรือส่งขายเฉพาะในพื้นที่เท่านั้น ดังนั้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่นเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์มีน้อย เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลพื้นฐานของน้ำหวานจากซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น เพราะมีเฉพาะข้อมูลที่ได้จากคำบอกเล่าของเกษตรกรที่สืบทอดภูมิปัญญาตั้งแต่บรรพบุรุษและเอกสารจากต่างประเทศ ทำให้ขาดข้อมูลพื้นฐานของน้ำหวานจากเชิงวิชาการในประเทศ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกและประกอบอาชีพทำน้ำตาลจาก และมุ่งเน้นที่จะศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพ-เคมี เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำหวานจากในพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อเป็นองค์ความรู้พื้นฐานและเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าจากน้ำหวานจากและการผลิตเชิงพาณิชย์ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจข้อมูลพื้นฐานและเก็บตัวอย่างน้ำหวานจาก

สำรวจข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรที่ปลูกจากและเก็บตัวอย่างน้ำหวานจากสดจากแหล่งเพาะปลูกต้นจากในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งแบ่งตามลักษณะพื้นที่เพาะปลูกได้แก่ พื้นที่น้ำเค็มจัด พื้นที่น้ำกร่อย พื้นที่นากุ้งร้าง พื้นที่ที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนและปัจจุบันเป็นน้ำจืด จากตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง และพื้นที่น้ำจืดจากตำบลเสือหึง อำเภอเชียรใหญ่ จำนวน

ทั้งสิ้น 10 ตัวอย่าง จากเกษตรกร 10 ครัวเรือน โดยเก็บตัวอย่างน้ำหวานจากสดจากกระบอกที่รองรับน้ำหวานจากตั้งแต่ตอนเช้าตรู่ ถ่ายใส่ในภาชนะปลอดเชื้อ ปิดฝาและเก็บรักษาในถังน้ำแข็ง ก่อนนำมาถึงห้องปฏิบัติการโดยเร็วที่สุดภายใน 4-6 ชั่วโมง และถ้าตัวอย่างยังไม่ได้ทำการทดลองโดยทันทีจะเก็บตัวอย่างไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส ก่อนดำเนินการทดลองในขั้นต่อไป

2. การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี

ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีด้านต่าง ๆ ในน้ำหวานจากโดยวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าระดับความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Seven Easy ปริมาณของแข็งทั้งหมดใช้เครื่อง Refractometer par-1 ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-1 ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2000) ปริมาณเถ้าตามวิธีการของ AOAC (2000) ปริมาณกรดทั้งหมด (total acidity) วัดโดยการไตเตรต (Amoa-Awua *et al*., 2007) และปริมาณแอลกอฮอล์โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟฟี (Gas Chromatography) (Aimi *et al*., 2013) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Clarus 600 [Column: Wax 0.32 mm ID, 30 meter Length, Max Temp 250°C (Real setting 230 °C)] ทุกตัวอย่างมีการทำซ้ำอย่างน้อยตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3. การศึกษาจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีในน้ำหวานจาก

ตัวอย่างน้ำหวานจากสดจากแหล่งต่าง ๆ เจือจางใน peptone water 0.1 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน (1:10) และเจือจางตัวอย่างแบบ serial dilution ในอัตราส่วนต่าง ๆ หลังจากนั้นตรวจสอบจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในน้ำหวานจากโดยวิธีการ spread plate ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมดใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (Ziadi *et al.,* 2014) ยีสต์ทั้งหมดใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud agar ที่มีการเติม chloramphenicol (500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (Manel *et al.,* 2011) โคลิฟอร์มแบคทีเรียใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Violet Red Bile Lactose Agar (VRBA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (Manel *et al.,* 2011) และแบคทีเรียกรดแลกติกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ De Man Rogasa and Sharpe Agar (MRS) ที่มีการเติม cycloheximide 0.005 % บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ในสภาวะที่มีอากาศ (Manel *et al.,* 2011) และตรวจนับจำนวนโคโลนีเพื่อรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร (cfu/ml) ทุกตัวอย่างมีการทำซ้ำอย่างน้อยตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในน้ำหวานจาก

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของน้ำหวานจากโดยวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์น้ำตาลชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสโดยวิธี HPLC ตามวิธีการของ (Ziadi *et al.,* 2014) ส่วนการวิเคราะห์วิตามินชนิดต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินเอ และซี ตามวิธีการของ Ogbonna *et al*., (2013) และการวิเคราะห์ปริมาณเกลือแร่ (mineral-inorganic compound) ได้แก่ โซเดียม และ โพแทสเซียม ใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric ตามวิธีการของ AOAC (2012) ทุกตัวอย่างมีการทำซ้ำอย่างน้อยตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. สำรวจข้อมูลพื้นฐานและเก็บตัวอย่างน้ำหวานจาก

กระบวนการตีก้านปาล์มเพื่อเก็บน้ำหวานและนำมาบริโภคเกิดขึ้นและสืบเนื่องมาตั้งแต่สมัยโบราณของประชากรในแถบพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิก ประเทศในเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Hossain & Islam, 2015) จากการสำรวจข้อมูลพบว่าต้นจากในพื้นที่ส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 100 ปี และเกษตรกรมีระยะเวลาการประกอบอาชีพตั้งแต่ 5-50 ปี อาชีพ

เกษตรกรผู้ผลิตน้ำตาลจากส่วนใหญ่ได้รับการสืบทอดอาชีพมาตั้งแต่บรรพบุรุษ และถูกถ่ายทอดภูมิปัญญาการผลิตน้ำตาลจากรุ่นสู่รุ่น รวมทั้งสั่งสมประสบการณ์ในช่วงที่ประกอบอาชีพเป็นองค์ความรู้และภูมิปัญญาเฉพาะบุคคล เช่น การเลือกตัดก้านช่อดอก/ผล ระยะเวลาในการตีก้าน และปริมาณเคี่ยมที่เติมในกระบอกรองรับน้ำหวานแต่ละต้น ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ผลิตน้ำหวานต้นจากใน ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของน้ำหวานจากที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ ต. ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต. เสือหึง อ.เชียรใหญ่ จาก จ.นครศรีธรรมราช

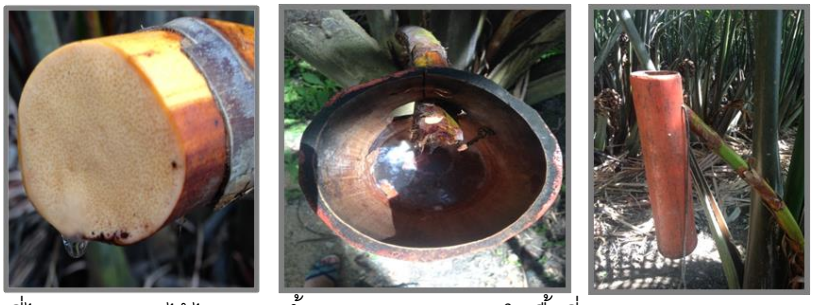
ตัวอย่างที่	ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่าง	ตำบล	อายุต้นจาก	เวลาที่เก็บน้ำหวาน	น้ำหวานจากสดที่ใช้ต่อน้ำตาลจากที่ผลิตได้	ระยะเวลาประกอบอาชีพ
1	น้ำเค็มจัด	ขนาบนาก	>100 ปี	12.00	6 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	30 ปี
2	น้ำเค็มจัด	ขนาบนาก	>100 ปี	10.00	6 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	40 ปี
3	พื้นที่นากุ้ง	ขนาบนาก	7-8 ปี	11.00	6 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	5 ปี
4	พื้นที่น้ำกร่อย	ขนาบนาก	>100 ปี	7.00	6 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	15 ปี
5	พื้นที่น้ำกร่อย	ขนาบนาก	>100 ปี	11.00	6.5 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	50 ปี
6	พื้นที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนปัจจุบันน้ำจืด	ขนาบนาก	50 ปี	8.00	7 ปี๊บ / 1ปี๊บ	27 ปี
7	พื้นที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนปัจจุบันน้ำจืด	ขนาบนาก	>100 ปี	9.30	7 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	10 ปี
8	น้ำจืด	เสือหึง	>100 ปี	7.00	7 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	6-7 ปี
9	น้ำจืด	เสือหึง	>100 ปี	10.00	7 ปี๊บ / 1 ปี๊บ	10 ปี
10	น้ำจืด	เสือหึง	>100 ปี	10.30	10 ปี๊บ /1 ปี๊บ	10 ปี

หมายเหตุ: 1 ปี๊บ มีความจุประมาณ 20 ลิตร เป็นหน่วยวัดปริมาณน้ำหวานต่อน้ำตาลของเกษตรกรในพื้นที่

ส่วนใหญ่เกษตรกรจะเก็บน้ำหวานจากในตอนเช้าตั้งแต่ 7.00-12.00 น. และตอนสาย ๆ เริ่มเคี่ยวน้ำตาล กระบวนการผลิตน้ำตาลจากเริ่มจากเทน้ำหวานจากลงในกระทะพร้อมทั้งกรองเอาเคี่ยมออก ต้มด้วยไฟแรงจนข้นงวด และยกลงจากเตาแล้วโซมน้ำหวานจนข้นหนืด และตักน้ำตาลบรรจุลงปี๊บ เกษตรกรในพื้นที่น้ำเค็มจัด พื้นที่นากุ้ง และพื้นที่น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง ใช้น้ำหวานจากสดประมาณ 6 ปี๊บ สามารถผลิตน้ำตาลจากได้ 1 ปี๊บ ในขณะที่เกษตรกรจากพื้นที่ที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนและปัจจุบันเป็นน้ำจืดในพื้นที่ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และพื้นที่น้ำจืดในพื้นที่ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่ ใช้น้ำหวานจากสด (ประมาณ 7-10 ปี๊บ) ปริมาณเยอะกว่า

การเก็บตัวอย่างน้ำหวานจากสดในพื้นที่มีขั้นตอนดังนี้ ตอนเย็นเกษตรกรตัดก้านท่อน้ำเลี้ยงช่อผลเป็นแว่นบาง ๆ ลวกกระบอกรองรับน้ำหวานด้วยน้ำร้อนและเติมเปลือกไม้เคี่ยม (*Cotylelobium lanceolatum*) บางพื้นที่และบางประเทศใช้รากหรือเปลือกไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น ไม้พะยอม ไม้มะเกลือ และไม้ตะเคียน หรือใบไม้บดที่มีแทนนินสูง หรือปูนขาว เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการหมัก (Chanthachum & Beuchat, 1997; Dalibard,1999) นำกระบอกไปแขวนกับก้านท่อน้ำเลี้ยงช่อผลจาก ดังแสดงในภาพที่ 1 น้ำหวานจากจะค่อย ๆ หยดลงในภาชนะที่รองรับน้ำหวานตลอดทั้งคืน หลังจากนั้นในตอนเช้าตรู่ผู้วิจัยเก็บน้ำหวานจากสดตัวอย่างละ 3-5 กระบอกต่อพื้นที่ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เพื่อทดสอบคุณลักษณะด้านต่าง ๆ

การทดลองของ Matsui *et al*., (2014) พบว่าน้ำหวานจากสดที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ ต. ขนาบนาก อ.ปากพนัง มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.6-28.6 เปอร์เซ็นต์ น้ำหวานที่ไหลจากก้านช่อผลมีปริมาตร 0.02-2 ลิตรต่อก้านช่อผล และเกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวน้ำหวานได้ประมาณ 20-52 วันต่อก้านช่อผล



ภาพที่ 1 น้ำหวานจากที่ไหลสู่กระบอกไม้ไผ่รองรับน้ำหวานของเกษตรกรในพื้นที่ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

ตัวอย่างน้ำหวานจากสดที่เก็บตัวอย่างมีสี ความใส และความขุ่นแตกต่างกัน ตั้งแต่ลักษณะเป็นของเหลวใส สีขาวขุ่น และสีเหลืองถึงสีน้ำตาลและน้ำตาลแดงขุ่น ดังแสดงในภาพที่ 2 แสดงเฉพาะตัวอย่างที่แตกต่างกัน

(a) (b) (c) (d) (e) (f)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างสีและความใสของน้ำหวานจากสด ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช ที่มีลักษณะแตกต่างกัน

(a) คือ ตัวอย่างน้ำหวานจากพื้นที่น้ำเค็มจัด ตัวอย่างที่ 1

(b) คือ ตัวอย่างน้ำหวานจากพื้นที่นากุ้งร้าง ตัวอย่างที่ 3

(c) และ (d) คือ ตัวอย่างน้ำหวานจากพื้นที่น้ำกร่อย ตัวอย่างที่ 4 และ 5

(e) และ (f) คือ ตัวอย่างน้ำหวานจากพื้นที่ที่เคยเป็นน้ำเค็มมาก่อน ตัวอย่างที่ 6 และ 7

น้ำหวานจากสดเป็นสารละลายที่มีรสหวาน ลักษณะใส (translucent juice) กลิ่นคล้ายผลไม้ (fruit-like odour) (Aimi *et al*., 2013; Minh, 2014) ซึ่งสีที่แตกต่างกันของน้ำหวานจากเนื่องจากลักษณะเฉพาะตัวของน้ำหวานจากในแต่ละพื้นที่ น้ำหวานจากที่มีสีน้ำตาลแดงอาจเกิดจากการเติมเคี่ยมและปริมาณเคี่ยมในแต่ละพื้นที่ทำให้น้ำหวานจากมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณสารสีของเคี่ยมที่ละลายในน้ำหวาน เนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) เร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนโมโนฟีนอล (monophenols) จากเคี่ยมเป็นไดฟีนอล (diphenols) จนได้เป็นควิโนน (quinine) เกิดเป็นสารที่มีสีแดงถึงสีน้ำตาล ส่วนความขุ่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณโปรตีนในน้ำหวาน [โปรตีนในน้ำหวานจากปาล์ม 0.31-0.39 mg/g (Naknean *et al*., 2010)] และสารประกอบโพลีฟีนอลจากเคี่ยมที่ละลายในน้ำหวาน (Naknean *et al*., 2010) นอกจากนี้

กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ในน้ำหวานจากปาล์ม ทำให้น้ำหวานเกิดการเปลี่ยนสีจากใสเป็นสีขาว (milky-white) ขุ่น โดยเฉพาะยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และแบคทีเรียกรดแลกติก ที่พบในน้ำหวาน (Chanthachum & Beuchat, 1997) แบคทีเรียแลกติกอาจมีการผลิตกัม (gum) เช่น เดกซ์แทรน (dextran) ทำให้น้ำหวานขุ่น (Naknean *et al*., 2010; Ziadi *et al*., 2014) นอกจากนี้ปริมาณเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่แขวนลอยในตัวอย่างน้ำหวานทำให้ลักษณะของน้ำหวานเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น (Naknean *et al*., 2010; Manel *et al*., 2011)

2. องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีของน้ำหวานจากสด

องค์ประกอบทางกายภาพ-เคมีในน้ำหวานจากสดแสดงในตางรางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 4.26-6.86 โดยน้ำหวานจากสดในพื้นที่นากุ้งร้าง ต.ขนาบนาก มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด 4.26 ± 0.01 น้ำหวานจากสดในพื้นที่ที่เป็นน้ำเค็มมาก่อนปัจจุบันเป็นน้ำจืดมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง สูงที่สุด 6.86 ± 0.59 เมื่อเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวในแต่ละพื้นที่พบว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ ต.ขนาบนากส่วนใหญ่มีระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าน้ำหวานจากในพื้นที่น้ำจืด ต.เสือหึง และค่าเฉลี่ยของข้อมูลระดับความเป็นกรด-ด่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) น้ำหวานจากสดของประเทศเวียดนามมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง 5.25 (Minh *et al*., 2014) ส่วนการทดลองของ Naknean *et al*., (2010) ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำหวานตาลโตนดสดจากจังหวัดสงขลาพบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงระหว่าง 4.19-5.23 โดยทั่วไปน้ำหวานจากปาล์มควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.0 ถ้ามีปริมาณกรดสูงและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ แสดงว่าเริ่มเกิดการหมักในระหว่างการเก็บน้ำหวาน (Naknean *et al*., 2010) ดังนั้นค่าระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่ปนเปื้อนซึ่งมีคุณสมบัติผลิตกรดได้แตกต่างกัน

ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 13.60-22.50 องศาบริกซ์ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง มีระดับปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าพื้นที่ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบภายในพื้นที่ ต. ขนาบนาก อ.ปากพนัง พบว่าน้ำหวานจากพื้นที่น้ำเค็มจัดมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด อยู่ในช่วง 21.90-22.50 องศาบริกซ์ รองลงมาคือพื้นที่น้ำกร่อย พื้นที่นากุ้งร้าง และพื้นที่ซึ่งเคยเป็นน้ำเค็มมาก่อนแต่ปัจจุบันเป็นน้ำจืด ตามลำดับ Minh *et al*. (2014) พบว่าปริมาณของแข็งในน้ำหวานจากของประเทศเวียดนามมีค่าเฉลี่ยประมาณ 14 องศาบริกซ์ และมีน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 12.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหวานจากสดในพื้นที่ อ.ปากพนัง มีน้ำตาลทั้งหมด 10.6-28.66 เปอร์เซ็นต์ (Matsui *et al*., 2014) นอกจากนี้ปริมาณของแข็งในน้ำหวานตาลโตนดสดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.67-17.33 องศาบริกซ์ และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.36-16.94 เปอร์เซ็นต์ (Naknean *et al*., 2010) ความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำหวานจากปาล์มขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำหวานซึ่งมาจากต้นจากที่เจริญบนพื้นที่แตกต่างกัน และการหมักน้ำตาลในน้ำหวานโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (Naknean *et al*., 2010)

สรุปได้ว่าต้นจากที่ปลูกในพื้นที่น้ำเค็ม น้ำกร่อย นากุ้งร้าง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำหวานสูงกว่าที่ปลูกในพื้นที่น้ำจืดทั้งจาก ต.ขนาบนาก และ ต.เสือหึง ส่วนน้ำหวานในพื้นที่น้ำจืด ต.เสือหึง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดค่อนข้างใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับข้อมูลจากตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าพื้นที่น้ำเค็ม น้ำกร่อย นากุ้งร้าง ใช้ปริมาณน้ำหวานจากสดในการทำน้ำตาลจากน้อยกว่าพื้นที่อื่น ๆ และสอดคล้องกับคำบอกเล่าของเกษตรกร ซึ่งเล่าว่าถ้าต้นจากในพื้นที่ปลูกได้รับน้ำจืดเพียงอย่างเดียวปริมาณน้ำหวานที่ได้จะน้อยลง ดังนั้นการปลูกจากสภาพพื้นที่ควรมีน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มท่วมถึงบ้างจะทำให้ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น เนื่องจากการปรับตัวของต้นจากในสภาวะเครียดเกลือ (salt stress) ทำให้ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น (Theerawitaya

et al., 2014) แต่ถ้าหากน้ำเค็มท่วมนานเกินไปจะทำให้น้ำตาลจากมีรสเค็มเพิ่มขึ้น และส่งผลต่อปริมาณน้ำตาลในน้ำหวาน เพราะปริมาณน้ำมีผลต่อการเจริญของก้านช่อผล ผล และการผลิตน้ำหวาน พื้นที่น้ำท่วมถึงก้านช่อผลจะเจริญเติบโตช้ากว่า ทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลง (Matsui *et al*., 2014) ดังนั้นต้นจากที่ปลูกในพื้นที่น้ำเค็ม น้ำกร่อย นากุ้งร้าง จึงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่าต้นจากที่ปลูกในพื้นที่น้ำจืด ส่วนปริมาณความชื้นมีค่าสอดคล้องกับปริมาณเถ้า คือเมื่อปริมาณความชื้นสูงขึ้น ปริมาณเถ้าจะลดลง

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำหวานจากในพื้นที่ต่างๆ ของ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่

ตัวอย่างที่	ลักษณะพื้นที่ปลูกต้นจาก	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพ-เคมี					
		ระดับความเป็นกรด-ด่าง	ของแข็งทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	กรด (เปอร์เซ็นต์)	แอลกอฮอล์ (เปอร์เซ็นต์)
1	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	4.88 ± 0.14^{b}	21.90 ± 0.42^{a}	79.34 ± 1.01^{f}	0.25 ± 0.06^{ns}	0.08±0.04^{ns}	0.024±0.01^{bc}
2	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	4.70 ± 0.71^{b}	22.50 ± 0.57^{a}	80.69 ± 1.62^{ef}	0.15 ± 0.05^{ns}	0.09±0.03^{ns}	0.022±0.02^{bc}
3	นากุ้งร้าง ต.ขนาบนาก	4.26 ± 0.01^{b}	16.20 ± 0.00^{de}	87.05 ± 1.22^{ab}	0.19 ± 0.05^{ns}	0.16±0.02^{ns}	0.017±0.00^{bc}
4	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	4.35 ± 0.28^{b}	20.25 ± 0.78^{b}	82.88 ± 2.53^{de}	0.23 ± 0.09^{ns}	0.21±0.03^{ns}	0.012±0.00^{c}
5	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	5.95 ± 0.07^{a}	19.40 ± 0.99^{b}	81.78 ± 0.53^{ef}	0.17 ± 0.05^{ns}	0.05±0.02^{ns}	0.011±0.00^{c}
6	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	4.58 ± 0.68^{b}	17.75 ± 1.48^{c}	83.60 ± 1.76^{cde}	0.22 ± 0.05^{ns}	0.17±0.03^{ns}	0.034±0.01^{b}
7	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	6.86 ± 0.59^{a}	14.70 ± 0.14^{ef}	85.93 ± 0.05^{bc}	0.15 ± 0.01^{ns}	0.07±0.03^{ns}	0.016±0.02^{bc}
8	น้ำจืด ต.เสือหึง	5.96 ± 0.06^{a}	16.60 ± 0.00^{cd}	85.67 ± 0.36^{bcd}	0.14 ± 0.02^{ns}	0.06±0.01^{ns}	0.021±0.00^{bc}
9	น้ำจืด ต.เสือหึง	6.03 ± 0.18^{a}	13.60 ± 0.00^{f}	89.23 ± 0.21^{a}	0.22 ± 0.06^{ns}	0.05±0.00^{ns}	0.055±0.00^{a}
10	น้ำจืด ต.เสือหึง	6.44 ± 0.24^{a}	15.20 ± 0.00^{de}	86.36 ± 0.29^{bc}	0.19 ± 0.04^{ns}	0.05±0.00^{ns}	0.017±0.00^{c}

ตัวอักษร a, b,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
ตัวอักษร ns : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำหวานจากสดอยู่ในช่วง 0.05-0.21 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 0.01-0.05 เปอร์เซ็นต์ น้ำหวานจากสดทั้งสองพื้นที่มีปริมาณกรดและปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ Minh *et al*., (2014) พบว่าน้ำหวานจากสดของประเทศเวียดนามมีปริมาณกรดทั้งหมดเฉลี่ย 0.126 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหวานตาลโตนดสดมีปริมาณกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.03-0.09 เปอร์เซ็นต์ (Naknean *et al*., 2010) สรุปได้ว่าน้ำหวานจากสดทั้งสองพื้นที่เริ่มเกิดกระบวนการหมักจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำหวานจากตามธรรมชาติ เช่น แบคทีเรียกรดแลกติก แบคทีเรียกรดอะซิติก และยีสต์ซึ่งผลิตกรดและแอลกอฮอล์ในระหว่างการเก็บตัวอย่าง แต่มีปริมาณกรดและแอลกอฮอล์ในปริมาณที่ต่ำมากหรือไม่พบเลยในตัวอย่างน้ำหวานสด (Aimi *et al*., 2013; Ogbonna *et al*., 2013; Minh *et al*., 2014; Ziadi *et al*., 2014) น้ำหวานจากปาล์มเกิดการหมักโดยแบคทีเรียกรดแลกติกผลิตกรดและแอลกอฮอล์ในปริมาณต่ำ ส่วนยีสต์เป็นจุลินทรีย์หลักในการผลิตเอทานอล (Naknean *et al*., 2010) ส่วนการศึกษาของ Amoa-Awua *et al*., (2007) พบว่าวันแรกของการเก็บเกี่ยวน้ำหวานจากปาล์มอุดมไปด้วยน้ำตาลและไม่มีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้น หลังจากนั้นประมาณ 3-4 วัน จะพบแอลกอฮอล์ประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะแบคทีเรียกรดอะซิติกซึ่งจะเกิดกระบวนการหมักหลังจาก 3 วัน โดยทฤษฎีน้ำหวานสดจากปาล์มควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.0 ถ้ามีปริมาณกรดสูงและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ

แสดงว่าเริ่มเกิดการหมักในระหว่างการเก็บน้ำหวาน (Naknean *et al*., 2010) ดังนั้นถึงแม้ว่าน้ำหวานจากสดในการทดลองครั้งนี้จะเป็นตัวอย่างสดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ก็พบจุลินทรีย์ปนเปื้อนในระหว่างการรองรับน้ำหวานตลอดทั้งคืน และผลิตกรดได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแต่ละพื้นที่

3. จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำหวานจากสด

น้ำหวานจากปาล์มที่อยู่ในก้านช่อผลอยู่ในสภาวะปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อนที่จะไหลออกจากก้านช่อผล หลังจากนั้นเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากกระบวนการเก็บน้ำหวาน เช่น ขั้นตอนการตีก้านช่อผล กระบวนการเก็บน้ำหวานที่ไม่ปลอดเชื้อ ภาชนะที่ใช้ไม่สะอาด และระหว่างที่น้ำหวานไหลออกจากก้านอยู่ในสภาวะที่ไม่ปลอดเชื้อ (Naknean *et al*., 2010) ถึงแม้ว่าในน้ำหวานจากสดจะมีการเติมสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ไม้เคี่ยม และไม้พะยอม แต่ก็ยังมีเชื้อจุลินทรีย์บางสายพันธุ์ที่ปนเปื้อนในน้ำตาลสดตามธรรมชาติ เช่น เชื้อยีสต์และแบคทีเรีย เนื่องจากเกษตรกรนำกระบอกไปแขวนรองรับน้ำหวานจากตั้งแต่ตอนเย็นและเก็บน้ำหวานในตอนเช้า จึงต้องการตรวจสอบจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนึงถึงชนิดของจุลินทรีย์และอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อเพื่อการแปรรูปน้ำหวานจากในอนาคต ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำหวานจากสดใน ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่

ตัวอย่างที่	ลักษณะพื้นที่ปลูกต้นจาก	ชนิดของจุลินทรีย์ ๆ ที่ศึกษา (cfu/ml)			
		จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	แบคทีเรียกรดแลกติก
1	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	1.5×10^3	<10	<10	<10
2	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	3.2×10^7	1.9×10^7	6.9×10^4	4.2×10^6
3	นากุ้งร้าง ต.ขนาบนาก	2.4×10^8	6.9×10^7	1.0×10^3	1.9×10^7
4	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	9.0×10^7	3.3×10^7	4.5×10^3	1.4×10^7
5	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	5.1×10^7	2.8×10^2	<10	2.4×10^7
6	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	4.2×10^7	2.1×10^6	8.2×10^3	7.4×10^6
7	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	3.5×10^6	2.2×10^2	8.8×10^3	1.7×10^2
8	น้ำจืด ต.เสือหึง	2.2×10^4	1.6×10^3	<10	8.0×10^3
9	น้ำจืด ต.เสือหึง	9.1×10^4	1.8×10^4	2.7×10^4	9.1×10^2
10	น้ำจืด ต.เสือหึง	7.5×10^3	<10	<10	<10

จุลินทรีย์ในน้ำหวานจากสดแต่ละพื้นที่มีจุลินทรีย์แต่ละชนิดและปริมาณแตกต่างกันไป จุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.5×10^3 - 2.4×10^8 cfu/ml และน้ำหวานจากตัวอย่างที่ 1 และ 10 มีจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุดคือ 1.5×10^3 และ 7.5×10^3 cfu/ml ตามลำดับ และเชื้อยีสต์ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และแบคทีเรียกรดแลกติกน้อยกว่า 10 cfu/ml เนื่องจากการเก็บตัวอย่าง

น้ำหวานจากเป็นการสุ่มเก็บตัวอย่างและไม่ทราบปริมาณเคี่ยมที่เกษตรกรเติมลงในกระบอกรองรับน้ำหวาน แต่มีข้อสันนิษฐานว่าในตัวอย่างที่ 1 และ 10 เกษตรกรอาจเติมเคี่ยมในปริมาณสูงจึงส่งผลยับยั้งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหวานจากได้หลายชนิด ในขณะที่ตัวอย่างที่ 3 มีแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และแบคทีเรียกรดแลกติกปริมาณสูง สันนิษฐานว่าเกษตรกรอาจเติมเคี่ยมในปริมาณต่ำ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะเชื้อยีสต์และแบคทีเรียกรดแลกติก นอกจากนี้เกษตรกรเล่าว่าน้ำหวานจากที่ทำเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนหรือทำน้ำตาลจากผง จะเติมเคี่ยมในกระบอกรองรับน้ำหวานจากในปริมาณต่ำ แต่ถ้าทำน้ำตาลจากใส่ปี๊บเพื่อส่งขายโรงเหล้าจะใส่เคี่ยมในปริมาณที่สูงกว่าปกติ และพบว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ ต.ขนาบนาก ส่วนใหญ่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ ต.เสือหึง สันนิษฐานว่าเกษตรกรในพื้นที่ ต.ขนาบนาก อาจเติมเคี่ยมในปริมาณต่ำกว่า ทำให้เคี่ยมไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิดและมีปริมาณเชื้อสูงกว่า

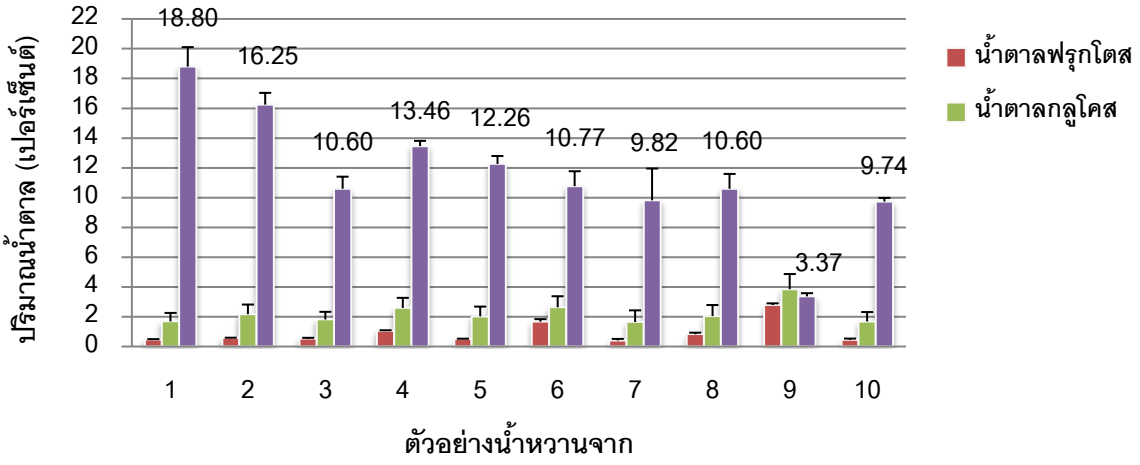
เชื้อยีสต์ทั้งสองพื้นที่อยู่ในช่วง $2.2 \times 10^{2} – 6.9 \times 10^{7}$ cfu/ml ส่วนน้ำหวานจากตัวอย่างที่ 1 และ 10 ตรวจพบเชื้อยีสต์น้อยกว่า 10 cfu/ml และตัวอย่างที่ 1, 5, 8 และ 10 ตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อยกว่า 10 cfu/ml ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ ตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง $1.0 \times 10^{3} - 6.9 \times 10^{4}$ cfu/ml จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอาจเนื่องจากภาชนะที่รองรับน้ำหวานจากเป็นภาชนะเปิด และรองรับน้ำหวานจากตั้งแต่ตอนเย็น จนถึงตอนเช้าถึงสาย (ประมาณ 12-16 ชั่วโมง) ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนของอุจจาระ เช่น จากมด แมลง นก หรือ สัตว์อื่น ๆ แบคทีเรียกรดแลกติกทั้งสองพื้นที่อยู่ในช่วง $1.7 \times 10^{2} – 1.9 \times 10^{7}$ cfu/ml เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่พบว่าน้ำหวานจากในพื้นที่ ต.ขนาบนาก มีแบคทีเรียกรดแลกติกสูงกว่าในพื้นที่ ต. เสือหึง ผลการทดลองสอดคล้องกับผลระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในตารางที่ 2

การศึกษาจุลินทรีย์ในน้ำหวานจากอิทผาลัม (date palm sap) ของ Manel *et al*., (2011) พบว่าประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและชอบอุณหภูมิปานกลาง (aerobic mesophilic bacteria) อยู่ในช่วง (6.07-8.57 log cfu/ml) แบคทีเรียกรดแลกติก อยู่ในช่วง (5.36-8.88 log cfu/ml) ยีสต์ (3-8.47 log cfu/ml) และโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง (3-6.78 log cfu/ml) ซึ่งโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่พบอาจเนื่องจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม และเครื่องมือที่ใช้ในการตีก้านช่อดอก/ผล และการทำรังของนกบนต้นปาล์ม จุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการหมักน้ำหวานจากปาล์มมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบหลัก เช่น สายพันธุ์ของต้นปาล์ม ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ สภาวะการเก็บเกี่ยว และฤดูกาล เช่นหน้าร้อนจะเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์สูงกว่า อุปกรณ์และความสะอาดของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว และสุขลักษณะส่วนบุคคล (Manel *et al*., 2011; Naknean *et al*., 2015) น้ำหวานจากปาล์มซึ่งอุดมไปด้วยน้ำตาลจะเริ่มต้นกระบวนการหมักหลังจากกระบวนการเก็บน้ำหวาน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมและอากาศ และจุลินทรีย์ที่หลงเหลือในภาชนะที่เก็บน้ำหวานหรืออุปกรณ์ที่ใช้ (Ehrmann *et al*., 2009; Chandrasekhar *et al*., 2012) สรุปได้ว่ากระบวนการตีก้านปาล์มและการเก็บเกี่ยวน้ำหวานมีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ที่มีในน้ำหวาน (Amoa-Awua *et al*., 2007; Manel *et al*., 2011) เนื่องจากน้ำตาลซูโครสคือน้ำตาลหลักในน้ำหวานจากปาล์ม แบคทีเรียกรดแลกติกจะเจริญเติบโตและสามารถเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส โดยอาศัยเอนไซม์อินเวอร์เทสตามธรรมชาติหรือจากยีสต์ เช่น *S. cerevisiae และ S. carlsbergensis* เพื่อผลิตเป็นกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ (Naknean *et al*., 2010; Manel *et al*., 2011)

Chandrasekhar *et al*., (2012) รายงานว่า ปาล์มไวน์ประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิดโดยเฉพาะยีสต์และแบคทีเรีย เช่น *S. cerevisae*, *S. pombe*, *Debaryomyces hansenii* และ *Zygosaccharomyces rouxii* และแบคทีเรียกรดแลกติก เช่น *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียสายพันธุ์ *Zymomonas mobilis* อีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของ Amoa-Awua *et al*., (2007) ซึ่งแยกเชื้อจุลินทรีย์จากปาล์มไวน์จากประเทศกานา พบเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกสายพันธุ์ *Lactobacillus plantarum* และ *Leuconostoc mesenteroides* และยีสต์สายพันธุ์ *S. cerevisiae*, *Candida krusei* และ *Kloeckera apiculata* และแบคทีเรียสายพันธุ์ Acetobacter นอกจากนี้การทดลองของ Aimi *et al*., (2013) รายงานว่าตรวจไม่พบกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำหวานจากสดแต่จะพบกรดอะซิติกปริมาณต่ำในน้ำตาลเมา ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียอะซิติกสายพันธุ์ Acetobacter จุลินทรีย์ในน้ำหวานจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานและเกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติได้แก่ *S. cerevisae* และแบคทีเรียกรดแลกติกเพื่อเปลี่ยนเป็นกรดและแอลกอฮอล์ (Chanthachum & Beuchat, 1997)

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการของน้ำหวานจากที่ศึกษาได้แก่ปริมาณน้ำตาลหลักชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส ผลการทดลองดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ของน้ำหวานจากสดในพื้นที่ต่าง ๆ

พบว่าน้ำตาลซูโครสคือน้ำตาลที่มีปริมาณสูงที่สุดในน้ำหวานจากสด และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.37-18.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือน้ำตาลกลูโคส 1.69-3.85 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลฟรุกโตส 0.46-2.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของน้ำตาลแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตัวอย่างน้ำหวานจากพื้นที่น้ำเค็ม น้ำกร่อย นากุ้ง ร้าง มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าพื้นที่น้ำจืดทั้ง ต.ขนาบนาก และ ต.เสือหึง ผลการทดลองสอดคล้องกับตารางที่ 1 และสามารถยืนยันคำบอกเล่าของเกษตรกรที่เล่าว่าการผลิตน้ำตาลจากพื้นที่น้ำเค็มจะใช้จำนวนน้ำหวานจากสดต่อปี๊บต่ำว่าพื้นที่น้ำจืด เพราะว่าในน้ำหวานจากมีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสสูงกว่าดังแสดงในผลการทดลองครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูล

กับน้ำอ้อยพบว่าน้ำหวานจากในทุกพื้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสต่ำกว่าน้ำอ้อยสด (17.20 เปอร์เซ็นต์) ยกเว้นน้ำหวานจากตัวอย่างที่ 1 ในพื้นที่น้ำเค็มจัด (18.80 เปอร์เซ็นต์) และน้ำหวานจากมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูงกว่า แต่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสใกล้เคียงกับน้ำอ้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Tamunaidu *et al*., (2013) ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำหวานจากสดในพื้นที่ต่าง ๆ จาก ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง เช่นกัน พบว่าน้ำหวานจากประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสเป็นองค์ประกอบหลัก โดยจะมีน้ำตาลกลูโคส (5.1-6.5 เปอร์เซ็นต์) และน้ำตาลฟรุกโตส (1.4-1.6 เปอร์เซ็นต์) ในปริมาณที่สูงกว่าน้ำหวานจากอ้อย (กลูโคส 0.4 และฟรุกโตส 0.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) แต่มีน้ำตาลซูโครสต่ำกว่าในน้ำอ้อย (16.4 เปอร์เซ็นต์) โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำหวานจากสดจากตัวอย่างในพื้นที่ต่าง ๆ อยู่ในช่วง 9.3-11.1 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหวานจากในพื้นที่ต่ำและมีน้ำท่วมถึง มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงที่สุด (11.1 เปอร์เซ็นต์)

Theerawitaya *et al*., (2014) ศึกษาผลของสภาวะเครียดเกลือของต้นจากในจังหวัดชลบุรีพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเกลือมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.8-16.6 (dS/m) ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส จากใบ ก้าน และรากของต้นจากมีค่าสูงขึ้น แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือมากเกินไป 30.4-57.2 (dS/m) จะทำให้ปริมาณน้ำตาล ปริมาณคลอโรฟิลล์ และอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้ต้นจากเจริญเติบโตช้าลง เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้เป็นกุญแจสำคัญในการปรับสภาวะสมดุลของน้ำ (osmotic adjustment) เพื่อไม่ทำให้พืชชนิดนั้นเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายที่รุนแรง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าพื้นที่น้ำเค็ม ต้นจากมีปริมาณน้ำตาลในน้ำหวานจากสูงกว่าพื้นที่น้ำจืด ต้นจากเป็นพืชตระกูลปาล์มชนิดเดียวที่เจริญในป่าโกงกางริมชายฝั่งที่มีความเข้มข้นของเกลือปานกลางและสามารถเจริญริมชายฝั่งที่มีความแตกต่างของระดับน้ำทะเลขึ้นลง (มีความเค็มแตกต่างกัน) น้ำหวานที่ต้นจากผลิตจะถูกควบคุมโดยการเจริญของต้นจาก ปริมาณเกลือในดิน ปริมาณใบจาก และก้านช่อผล (Hossain & Islam, 2015) นอกจากนี้ปริมาณน้ำหวานจากปาล์มขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว และกระบวนการเก็บเกี่ยว (Francisco-Ortega & Zona, 2013) และยังขึ้นอยู่กับการจัดการ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำ ฤดูกาล การเจริญของก้านช่อผล ดินและลักษณะพื้นที่ เช่น ฤดูฝนปริมาณน้ำหวานจะน้อยกว่าฤดูร้อน และก้านช่อผลที่มีการเจริญเติบโตดีมีก้านช่อผลหนาและยาวจะผลิตน้ำหวานได้สูงกว่า (Matsui *et al*., 2014)

น้ำหวานจากปาล์มสดมีน้ำตาลประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ (Chandrasekhar *et al*., 2012) น้ำหวานจากปาล์มอินทผลัม (*Phoenix dactylifera*) ในกรณีที่ยังไม่เกิดการหมักจะพบเฉพาะน้ำตาลซูโครส 18 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจะพบน้ำตาลกลูโคส 1.0-2.47 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลฟรุกโตส 1.04-1.79 เปอร์เซ็นต์ (Ziadi *et al*., 2014) น้ำหวานจากปาล์มน้ำมันสายพันธุ์ *Elaeis guineensis* มีน้ำตาลซูโครสระหว่าง 10.59-9.59 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่มีน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส 1.0 และ 0.13-0.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Ehrmann *et al*., 2009) น้ำหวานจากมะพร้าวมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 17 องศาบริกซ์ น้ำตาลทั้งหมด 12-18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครสและกลูโคสเพียงเล็กน้อย ส่วนน้ำหวานของปาล์มน้ำมันแอฟริกันมีน้ำตาลซูโครส 9.6-10.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสน้อยว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (Dalibard, 1999) นอกจากนี้การทดลองของ Naknean *et al*., (2010) พบว่าน้ำหวานจากตาลโตนด (*Borassua flabelifer* Linn.) มีน้ำตาลทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.36-16.94 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำตาลซูโครส 9.40-17.44 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลกลูโคส 0.50-1.81 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลฟรุกโตส 0.50-1.81 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าน้ำหวานจากสดที่เก็บตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส ซึ่งน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่มีอยู่ตามธรรมชาติในน้ำหวานจากปาล์ม บางส่วนที่พบในตัวอย่างน้ำหวานอาจเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสจากยีสต์ตามธรรมชาติในน้ำหวาน ซึ่งเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคสและฟรุกโตส จนได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ (Manel *et al*., 2011

; Naknean *et al*., 2010) นอกจากนี้น้ำตาลฟรุกโตสที่เกิดขึ้นในระยะแรกของน้ำหวานจากปาล์มอาจเป็นผลผลิตจากการสังเคราะห์ที่เกิดจากแบคทีเรียกรดแลกติกที่มีอยู่ในน้ำหวาน เช่น Leuconostoc และ Lactobacilli (Naknean *et al*., 2010) ส่วนวิตามินและแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่ต่างๆ ของ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ ในตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่ต่าง ๆ ของ ต.ขนาบนาก อ.ปากพนัง และ ต.เสือหึง อ.เชียรใหญ่

ตัวอย่างที่	ลักษณะพื้นที่ปลูกต้นจาก	วิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)	โซเดียม (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)	โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร)
1	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	13.93 ± 1.05^{a}	121.02 ± 1.66^{a}	173.28 ± 3.90^{bc}
2	น้ำเค็มจัด ต.ขนาบนาก	12.66 ± 0.30^{b}	94.12 ± 0.01^{e}	184.09 ± 3.35^{ab}
3	นากุ้งร้าง ต.ขนาบนาก	8.64 ± 0.45^{c}	77.68 ± 0.66^{h}	175.41 ± 1.24^{bc}
4	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	6.10 ± 0.16^{e}	89.67 ± 0.33^{f}	188.31 ± 6.18^{a}
5	น้ำกร่อย ต.ขนาบนาก	6.76 ± 0.12^{de}	65.74 ± 0.28^{i}	168.66 ± 8.08^{c}
6	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	7.26 ± 0.30^{d}	86.02 ± 1.22^{g}	166.87 ± 9.64^{c}
7	เป็นพื้นที่น้ำเค็มมาก่อน ต.ขนาบนาก	7.58 ± 0.37^{d}	75.53 ± 0.88^{h}	167.81 ± 1.80^{c}
8	น้ำจืด ต.เสือหึง	5.99 ± 0.44^{e}	105.95 ± 0.18^{b}	115.68 ± 1.58^{e}
9	น้ำจืด ต.เสือหึง	7.26 ± 0.13^{d}	103.69 ± 2.64^{bc}	133.21 ± 1.16^{d}
10	น้ำจืด ต.เสือหึง	7.13 ± 0.02^{d}	102.29 ± 2.21^{d}	184.46 ± 1.94^{ab}

ตัวอักษร a, b,ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ : ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

พบว่าน้ำหวานจากสดทุกตัวอย่างของทั้งสองพื้นที่ตรวจไม่พบวิตามินเอในตัวอย่าง ส่วนปริมาณวิตามินซี โซเดียม และโพแทสเซียม ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณวิตามินซีของน้ำหวานจากทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 6-14 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และมีค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซี 8.33 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร ปริมาณโซเดียมของน้ำหวานจากทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 66-121 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และมีค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียม 92.17 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหวานจากทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 116-188 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร และมีค่าเฉลี่ยปริมาณโพแตสเซียม 165.78 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร สรุปว่าในน้ำหวานจากสดมีแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด รองลงมาคือโซเดียม และวิตามินซี ผลการสอดคล้องกับการศึกษาของ Tamunaidu *et al*., (2013) ซึ่งพบว่าน้ำหวานจากในแต่ละพื้นที่จะประกอบด้วยเกลือแร่หลักชนิดต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้ โพแทสเซียม โซเดียม คลอไรด์ ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่พบว่าตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่น้ำเค็มมีปริมาณวิตามินซี โซเดียม และโพแทสเซียม สูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ และวิตามินซีในตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่น้ำกร่อยมีค่าต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ นอกจากนี้ปริมาณโซเดียมในตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่น้ำจืด ต.เสือหึง มีปริมาณสูงกว่าพื้นที่นากุ้งร้าง พื้นที่น้ำกร่อย และพื้นที่ที่เคยเป็น

น้ำเค็มมาก่อนและปัจจุบันเป็นน้ำจืดใน ต.ขนาบนาก ในขณะที่การทดลองของ Tamunaidu *et al*., (2013) พบว่าตัวอย่างน้ำหวานจากในพื้นที่ที่น้ำกร่อยท่วมถึงจะมีโพแทสเซียมและโซเดียมสูงที่สุด ในขณะที่พื้นที่นากุ้งร้างและพื้นที่สูงที่น้ำท่วมไม่ถึงจะมีโพแทสเซียมและโซเดียมต่ำที่สุด

การทดลองของ Theerawitaya *et al*., (2014) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นจากที่เลี้ยงในสภาวะเครียดเกลือความเข้มข้นตั้งแต่ 0.8-57.2 (dS/m) พบว่าต้นจากจะมีการขับโซเดียมและแคลเซียมออกมาเพิ่มขึ้นในใบ ก้าน และรากของต้นจากตามความเข้มข้นของเกลือที่สูงขึ้น ในขณะที่โพแทสเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเกลือเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือสูงกว่า 8.9 dS/m จะทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีค่าลดลง แสดงว่าในพื้นที่ที่มีเกลือสูงจะมีโซเดียม แคลเซียม และโพแทสเซียมสูงขึ้นเช่นกัน ในน้ำหวานของพืชตระกูลปาล์ม (*Borassus flabellifer*) ยังประกอบด้วยแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง วิตามินซี และเป็นแหล่งของวิตามินบีรวม (Dalibard, 1999) นอกจากนี้การทดลองของ Ogbonna *et al*., (2013) ยังพบว่าในปาล์มไวน์ยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุมากที่สุดตามลำดับดังนี้แมกนีเซียม 31.33±0.04 แคลเซียม 3.85±0.02 และเหล็ก 3.20±0.04 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังพบวิตามินเอ 20.76±0.01 และวิตามินซี 7.43±0.12 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Chandrasekhar *et al*., (2012) ซึ่งรายงานว่า ปาล์มไวน์ประกอบด้วยวิตามินเอ ซี และ เค ช่วยในการบำรุงสายตา

สรุปผลการวิจัย

น้ำหวานจากสดมีคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี จุลินทรีย์ และคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินซี โพแทสเซียม และโซเดียม จุลินทรีย์ในน้ำหวานจากมีปริมาณแตกต่างกันทั้งจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลกติก ยีสต์ และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย น้ำหวานจากในพื้นที่น้ำเค็มมีปริมาณของแข็งทั้งหมดและน้ำตาลในน้ำหวานสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ความแตกต่างของน้ำหวานจากสดในแต่ละพื้นที่อาจเนื่องจาก สายพันธุ์ต้นจาก การจัดการ ดินและลักษณะพื้นที่ และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น ระยะเวลาการเก็บน้ำหวาน จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน สุขลักษณะส่วนบุคคล และความสะอาดของเครื่องมือในการรองรับน้ำหวาน น้ำหวานจากสดที่เก็บตัวอย่างมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนตามธรรมชาติจากการรองรับน้ำหวานตลอดทั้งคืนในสภาวะที่ไม่ปลอดเชื้อ เนื่องจากเมื่อน้ำหวานไหลออกจากก้านช่อผล จุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในแต่ละพื้นที่เกิดการปนเปื้อน และใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานเพื่อผลิตกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ จึงทำให้คุณลักษณะของน้ำหวานจากสดแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานการอุดมศึกษาที่สนับสุนนทุนสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aimi, N.R., Bakar, A.F. & Dzulkifly, M.H. (2013). Determination of volatile compound in fresh and fermented nipa sap (*Nypa fruticans*) using static headspace gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *International Food Research Journal*, *1*, 369-376.

Amoa-Awua, W.K., Sampson, E. & Tano-Debran, K. (2007). Growth of yeast lactic and acetic bacteria in palm wine during tapping and fermentation from felled oil palm (*Elaeis guineensis*) in Ghana. *Journal of Applied Microbiology*, *102*, 599-606.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. (17th ed.) Washington D.C: The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

AOAC. (2012). Official Method 985.35 Minerals (Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Na and K) infant formula. Atomic absorption spectrophotometric method.

Chandrasekhar, K., Sreevani, S., Seshapani, P. & Pramodhakumari, J. (2012). A review on palm wine. *International Journal of Research in Biological Sciences*, *2*(1), 33-38.

Chanthachum, S. & Beuchat, L.R. (1997). Inhibitory effect of kiam (*Cotylelobium lanceotatum* craih.) wood extract on gram-positive food-borne pathogens and spoilage micro-organisms. *Food Microbiology, 14*, 603-608.

Dalibard C. (1999). Overall view on the tradition of tapping palm trees and prospects for animal production. *Livestock Research for Rural Development*, *11*(1). Retrieved May 20, 2017, from http://www.lrrd.org/lrrd11/1/dali111.htm.

Dharmapalan, B., Jyothish, M.S., Ashokan, A. & Harinandanan, P.V. (2012). Mangrove palm-a versatile unique palm. *Science Reporter*, *49*(7), 53-54.

Ebana, R.U.B., Etoc, C.A. & Edet, U.O. (2015). Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Nypa fruticans* harvested from Oporo River in the Niger Delta region of Nigeria. *Journal of Scientific Research*, *10*(4), 1120-51124.

Ehrmann, M.A., Freiding, S. & Vogel, R.F. (2009). *Leuconostoc palmae* sp. nov., a novel lactic acid bacterium isolated from palm wine. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59: 943-947.

Francisco-Ortega, J. & Zona, S. (2013). Sweet sap from palms, a source of beverages, alcohol, vinegar, syrup and sugar. *Vieraea*, *41*, 91-113.

Hossain, M.F.& Islam, M. A. (2015). Utilization of mangrove forest plant: nipa palm (*Nypa fruticans* wurmb.). *American Journal of Agriculture and Forestry*, *3*(4), 156-160.

Lovly, M.S. & Merlee, T.M.V. (2016). Nypa palm (*Nypa fruticans* Wurmb.) a new record from Kerala. *International Journal of Advanced Research*, *4*(6), 1051-1055.

Manel, Z., Sana, N., Nedia, K., Mokta, H. & Ali, F. (2011). Microbiological analysis and screening of lactic acid bacteria from Tunisian date palm sap. *International Food Research Journal*, *5*(19), 2929-2935.

Minh, N.P. (2014). Various factors influencing to the nipa (*Nypa fruticans*) wine fermentation. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, *1*(4), 111-114.

Matsui, N., Okimori, Y., Takahashi, F., Matsumura, K. & Bamroongrugsa, N. (2014). Nipa (*Nypa fruitcans* Wurmb) sap collection in southern Thailand I. sap production and farm management. *Environment and Natural Resource Research*, *4*(4), 75-88.

Naknean, P., Meenune, M. & Roudaut, G. (2010). Characterization of palm sap harvested in Songkhla province, southern Thailand. *International Food Research Journal*, *17*, 977-986.

Naknean, P., Jutasukosol, K. & Mankit, T. (2015). Utilization of chitosan as an antimicrobial agent for pasteurized palm sap (*Borassus flabellifer* Linn.) during storage. Journal of Food Science Technology, *52*(2), 731-741.

Ogbonna, A.C., Abuajah, C.I., Akpan, M.F. & Udofia, U.S. (2013). A comparative study of the nutritional values of palm wine and Kunu-Zaki. *Annals. Journal of Food Science and Technology*, *14*(1), 39-43.

Prasad, N., Yang, B., Kong, K.W., Khoo, H.E., Sun, J., Azlan, A., Ismail, A. & Romli, Z.B. (2013). Phytochemicals and antioxidant capacity from *Nypa fruticans* Wurmb. fruit. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-9.

Tamunaidu, P. & Saka, S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*, *34*, 1423-1428.

Tamunaidu, P., Matsui, N., Okimori, Y. & Saka, S. (2013). Nipa (*Nypa fruticans*) sap as a potential feedstock for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, *52*, 96-102.

Teo, S., Ang, W.F., Lok, A.F.S.L., Kurukulasuriya, B.R. & Tan, H.T.W. (2010). The status and distribution of the nipa palm *Nypa fruticans* wurmb (arecaceae) in Singapore. *Nature in Singapore*, *3*, 45-52.

Theerawitaya, C., Samphumphaung, T., Cha-um, S., Yamada, N. & Takabe, T. (2014). Responses of nipa palm (*Nypa fruticans*) seedlings, a mangrove species, to salt stress in pot culture. *Flora*, *209*, 597-603.

Tsuji, K., Ghazalli, M.N.F., Ariffin, Z., Nordin, M.S., Khaidizar, M.I., Dulloo, M.E. & Sebastian, L.S. (2011). Biological and ethanobotanical characteristics of nipa plam (*Nypa fructicans* Wurmb.): a review. *Sains Malaysiana*, *40*(12), 1407-1412.

Ziadi, M., Gaabeb, N., Marbet, A. & Ferchichi, A. (2014). Variation in physicochemical and microbiological characteristics of date palm sap (*Phoenix dactylifera*) during the tapping period in oasian ecosystem of southern Tunisia. *International Food Research Journal*, *21*(2), 561-567.