Published Online: 4 NOV 2024

# การเตรียมสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวัน

# Preparation of Polysaccharide and Fructooligosaccharide Extracts from Jerusalem Artichoke

**ภาณี พรตระกูลพิพัฒน์**
อีเมล: 6351701288@lamduan.mfu.ac.th
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญวัฒณ์ ปินตาทอง**
อีเมล: punyawatt.pin@mfu.ac.th
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวัน ในตัวทำละลายและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำ ซิเตรทบัฟเฟอร์ พีเอช 3 และกรดไฮโดรคลอลิก ที่อุณหภูมิห้อง 80 และ 121 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่า ซิเตรทบัฟเฟอร์ที่อุณหภูมิห้องและ 80 องศาเซลเซียสสามารถสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณมากที่สุด คือ ร้อยละ 60.33 และ94.83 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ การสกัดด้วยน้ำที่ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงที่สุด คือ 728.92±16.13 และ 744.98±18.93 มิลลิกรัมต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ ขณะที่สารสกัด ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย กรดไฮโดรคลอลิกที่อุณหภูมิห้องและสารสกัดโพลิแซ็กคาร์ไรด์ที่สกัดด้วยน้ำที่ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด คือ 480.65±7.62 มิลลิกรัมต่อกรัมสารสกัด การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีผิวบางพบว่า สารสกัดในสภาวะกรดแก่จะมีองค์ประกอบน้ำตาลโมเลกุลเทียบเท่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลโมเลกุลคู่ และเมื่อทดสอบปริมาณฟีนอลิก พบว่า สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอลิกที่ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด คือ 12.83±0.07 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ดังนั้น ตัวทำละลาย และอุณหภูมิจึงมีผลต่อการเตรียมสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวัน ซึ่งอาจส่งผลต่อสารสำคัญและฤทธิ์ทางชีวภาพตลอดจนการประยุกต์ใช้เป็นสาระสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ซึ่งอาจจะต้องมีการศึกษาถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ต่อไป

**คำสำคัญ:** การสกัด, แก่นตะวัน, โครมาโตกราฟีผิวบาง, อินูลิน, โอลิโกแซ็กคาไรด์

**Abstract**

This research aimed to study the extraction method of polysaccharide and fructooligosaccharide (FOS) from Jerusalem artichoke using different solvents and temperatures, including water, citrate buffer pH 3, and hydrochloric acid at room temperature, 80°C, and 121°C. The results showed that citrate buffer at room temperature and 80°C gave the highest yield of polysaccharides and FOS, at 60.33 % and 94.83 % by weight, respectively. The extraction with water at 121 °C showed the highest total carbohydrate contents in the polysaccharide and FOS extract which were 728.92±16.13 and 744.98±18.93 mg/g extract, respective. The FOS extracted by HCL at room temperature and the polysaccharide extracted by water at 121 °C showed the highest reducing sugar contents of 480.65±7.62 mg/g extract. Thin-layer chromatography revealed that the extracts prepared by strongly acidic conditions contained monosaccharides and disaccharides. In addition, The FOS extracted by hydrochloric acid at 121°C had the highest phenolic content at 12.83±0.07 mg GAE/g extract. Therefore, it can be concluded that solvent and temperature affected the preparation of polysaccharide and fructooligosaccharide extracts from Jerusalem artichoke. This would affect the active compound content and biological activities in the extracts and application of the extracts in cosmetic products, which may need to be further studied for their potential and feasibility.

**Keywords:** Extraction, Inulin, Jerusalem Artichoke, Oligosaccharide, Thin Layer Chromatography

**บทนำ/หลักการและเหตุผล**

โพลิแซ็กคาไรด์ในกลุ่มอินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตสายยาวที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในร่างกายมนุษย์ มีคุณสมบัติคล้ายใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ช่วยเรื่องการขับถ่าย ให้พลังงานต่ำ และค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ไขมันในเลือด และยังมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกหรือเป็นอาหารให้สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ดีในร่างกายมนุษย์ หรือที่เรียกกันว่า โพรไบโอติก ซึ่งช่วยลดจุลินทรีย์ก่อโรค และกระตุ้นภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (Spiller, 2001) โพลิแซ็กคาไรด์แบ่งออกเป็นหลายประเภท โดยหนึ่งในโพลิแซ็กคาไรด์ที่เป็นที่รู้จักและนำมาใช้ในฐานะพรีไบโอติก อย่างแพร่หลาย ได้แก่ อินูลิน ซึ่งเป็นโพลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันยาว 2-60 โมเลกุล และมีโมเลกุลที่ปลายสุดด้านหนึ่งเป็นกลูโคส ส่วนฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกัน 2-4 หน่วย (ศิริพร ตันจอ และคณะ, 2555) อินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สามารถพบได้จากพืชหลายชนิด โดยพืชที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป ได้แก่ หัวชิโครี่ และแก่นตะวัน

ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางมีการใช้อินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เพื่อคุณสมบัติหลากหลายประการ ได้แก่ เป็นตัวช่วยในการให้ความชื้น ปลอบประโลมผิว และนอกจากนี้อินูลิน ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ และโปรไบโอติก ยังช่วยเสริมสร้างสมดุลแบคทีเรียบนผิวหนังเนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกอีกด้วย แก่นตะวันเป็นพืชที่มีปริมาณอินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงและสามารถเพาะปลูกได้ดีในประเทศไทย ในแก่นตะวันมีปริมาณอินูลินสูงถึงร้อยละ 16-20 น้ำหนักสด และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงถึงร้อยละ 10-15 น้ำหนักสด (Thammarutwasik et al., 2009) ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีการสกัดอินูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจากพืชชนิดต่าง ๆ หลายวิธี แต่การสกัดเพื่อใช้ในทางเครื่องสำอางในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาวิธีการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์เพื่อหาวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมทั้งในคุณสมบัติทางเคมีกายภาพเพื่อประยุกต์เป็นสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

**วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

1. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวันที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อใช้ในทางเครื่องสำอาง

2. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสารสกัดที่ได้จากแก่นตะวัน

**ระเบียบวิธีวิจัย**

1. การเตรียมแก่นตะวันให้อยู่ในรูปผงแห้ง

เตรียมแก่นตะวันให้อยู่ในรูปผงแห้งโดยดัดแปลงจากวิธีการของ นัชชา นิลจันทึก และคณะ (2562) โดยการนำหัวแก่นตะวันสดมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นวัดขนาดและน้ำหนักของแก่นตะวันเพื่อคำนวณน้ำหนักและขนาดโดยเฉลี่ย จากนั้นปอกเปลือก แล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร นำมาแช่ในกรดซิตริก (Citric acid) เข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 10 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล สะเด็ดน้ำให้แห้งและนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ได้ จากนั้นนำแก่นตะวันแห้งที่ได้มาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น เก็บรักษาโดยการบรรจุแบบสุญญากาศ ในอุณหภูมิห้องหรือตู้เย็น

2. การสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากผงแก่นตะวัน

ทำการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวัน โดยใช้วิธีการทางกายภาพร่วมกับวิธีการทางเคมี เพื่อประเมินผลทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ เพื่อคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ โดยในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้น้ำปราศจากไอออน สารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ และกรดไฮโดรคลอกลิกเป็นตัวสกัด และกำหนดสภาวะที่ทำการศึกษา ได้แก่ การสกัดแบบทั่วไปที่อุณหภูมิห้อง การสกัดโดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส การสกัดด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยอัตราส่วนผงแก่นตะวัน และตัวทำลายเท่ากับ 1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นนำไปสกัดในแต่ละสภาวะที่กำหนด นำตัวอย่างที่ได้มากรองผ่านกระดาษกรองแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm เวลา 30 นาที จากนั้นรินเอาเฉพาะส่วนใสที่ได้ นำส่วนใสไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จนกระทั่งตัวอย่างเข้มข้นมากขึ้น นำไปตกตะกอนโดยเอทานอลร้อยละ 95 ที่แช่เย็นจัด ในอัตราส่วน 1:5 โดยปริมาตร ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนข้ามคืน จากนั้นแยกตะกอนที่ได้โดยการปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบ 6,000 rpm เวลา 30 นาทีซึ่งเรียกส่วนตะกอนนี้ว่า สารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ขณะที่ส่วนที่เป็นของเหลว ให้นำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จนตัวอย่างเข้มข้นขึ้น เรียกสารสกัดส่วนนี้ว่า สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ นำสารสกัดทั้งสองไปอบแห้งหรือทำให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ จนกระทั่งตัวอย่างแห้ง และน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่ได้ และคำนวณร้อยละของผลได้ เก็บตัวอย่างในภาชนะทึบแสง และปิดสนิท เก็บไว้ในตู้แช่แข็งเพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3. การวิเคราะห์ทางเคมี

1) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric acid โดยดัดแปลงจากวิธีของ DuBois et al. (1956)

2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS (3,5-Dinitrosalicylic acid) acid โดยดัดแปลงจากวิธีของ Miller (1959)

3) การวิเคราะห์องค์ประกอบในสารที่สกัดได้ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีผิวบาง โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Zhang และคณะ (2017)

4) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Folin and Ciocalteu (1927)

**ผลวิจัย**

1. การเตรียมแก่นตะวันให้อยู่ในรูปผงแห้ง

จากการเตรียมแก่นตะวันโดยการนำหัวแก่นตะวันสดมาปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้น นำไปแช่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 10 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้งจะได้แก่นตะวันก่อนอบมีน้ำหนัก 1304 กรัม หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักของแก่นตะวันหลังอบคือ 230.67 กรัม โดยคิดเป็นปริมาณน้ำหนักแห้งได้ร้อยละ 17.69

2. การสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากผงแก่นตะวัน

ร้อยละผลได้ของสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากแก่นตะวันในสภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า การสกัดด้วยซิเตรทบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ พีเอช 3 ที่อุณหภูมิห้องสามารถสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณมากที่สุด คือ 12.07±0.42 กรัม และการสกัดด้วยซิเตรทบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ พีเอช 3 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัดสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณมากที่สุดคือ 18.97±0.17 กรัม จากการศึกษาของ Zhang และคณะ (2022) และ Safaa และคณะ (2009) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์อยู่ในช่วง 74-85 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มี พีเอช 7 และการศึกษาของ Glibowski และ Anna (2009) พบว่า อินูลินจะมีความเสถียร เมื่ออยู่ในสภาวะที่ พีเอช มากกว่า 4 โดยที่อุณหภูมิ และพีเอชไม่มีผล แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 4 จะมีความเสถียรเมื่อมีอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การสกัดด้วยซิเตรทบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ พีเอช 3 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณของสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงขึ้น เนื่องจากสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ซึ่งคาดว่าจะเป็นอินูลินเมื่อถูกสกัดด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียสในสภาวะที่พีเอชต่ำกว่า 4 จะถูกย่อยจนมีขนาดเล็กลง และละลายอยู่ในส่วนบนที่เป็นสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์

**ตารางที่ 1** ปริมาณสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากแก่นตะวันในสภาวะต่างๆ

| อุณหภูมิการสกัด (องศาเซลเซียส) | ตัวทำละลาย | สารสกัด | ร้อยละผลได้ (โดยน้ำหนัก) |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 31.35 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 39.40 |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 60.33 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 68.45 |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 18.90 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 79.57 |
| 80 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 23.08 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 29.20 |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 54.97 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 94.83 |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 41.62 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 71.25 |
| 121 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 31.33 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 31.62 |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 36.62 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 78.17 |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 27.02 |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 66.52 |

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric acid

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric acid แสดงดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า การสกัดสารสกัดน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์สูงที่สุด คือ 728.92±16.13 และ 744.98±18.93 มิลลิกรัมกลูโคสต่อสารสกัด 1 กรัม ตามลำดับ จากการศึกษาของ Safaa และคณะ (2009) และ Giannoccaro และคณะ (2006) พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณของอินูลินและโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้เมื่อใช้อัตราส่วนของพืชต่อสารสกัด และเวลา

ในการสกัดเท่ากัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ส่งขึ้นส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลสารที่มากขึ้น และน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูงสามารถทำละลายกับน้ำตาลซึ่งเป็นสารละลายที่มีขั้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ทำลายโครงสร้างของน้ำตาล โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อประสิทธิ์ภาพในการสกัดที่สูงขึ้นด้วย แต่ในขณะที่ตัวทำละลายที่เป็นกรดจะเข้าไปย่อยสารสกัดซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาล โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการสกัดในขั้นตอนก่อนหน้าจะเห็นได้ว่าสภาวะที่สกัดสารสกัดโพลิแซ็กคาร์ไรด์ออกมาได้มากที่สุดเป็นคนละสภาวะกับที่วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด จากการศึกษาของ Maumela และคณะ (2019) พบว่า การสกัดโปรตีนในหัวแก่นตะวันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสที่พีเอช 3 สามารถสกัดโปรตีนได้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสภาวะที่มีความใกล้เคียงกับสภาวะที่สกัดสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ออกมาได้มากที่สุด มีความเป็นไปได้ว่าที่สภาวะการสกัดนั้นมีปริมาณสูงกว่าสภาวะอื่นๆเนื่องจากมีโปรตีนอยู่ด้วย

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS (3,5-Dinitrosalicylic acid)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากสารสกัดพบว่า สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอลิก 1 โมลาร์ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดคือ 480.65±7.62 มิลลิกรัมน้ำตาลรีดิวซ์ต่อสารสกัด 1 กรัม ดังค่าที่แสดงในตารางที่ 3 การศึกษาของ Glibowski และ Anna (2009) พบว่า อินูลินจะมีความเสถียรเมื่ออยู่ในสภาวะที่พีเอชมากกว่า 4 โดยในสภาวะที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอลิก 1 โมลาร์นั้นมีพีเอช ต่ำกว่า 4 ซึ่งอาจทำให้เกิดการย่อยสลายของอินูลิน ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการสกัดในสภาวะอื่นๆ

**ตารางที่ 2** ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากแก่นตะวัน ในสภาวะต่าง ๆ

| อุณหภูมิการสกัด (องศาเซลเซียส) | ตัวทำละลาย | สารสกัด | ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มก.กลูโคสต่อกรัมสารสกัด) |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 509.90±21.38$^{bB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 635.44±11.82$^{aB}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 331.98±31.28$^{dA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 237.41±23.44$^{eA}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 226.47±36.38$^{eA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 442.46±7.90$^{cA}$ |
| 80 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 431.31±29.50$^{bC}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 596.03±46.46$^{aB}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 188.11±28.99$^{dB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 317.93±47.62$^{cA}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 218.51±44.95$^{dA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 467.36±12.73$^{bA}$ |
| 121 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | 728.92±16.13$^{aA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 744.98±18.93$^{aA}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | 190.34±16.97$^{cB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 300.84±40.53$^{bA}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | 70.38±4.02$^{dA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | 250.91±17.98$^{bB}$ |

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันและตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

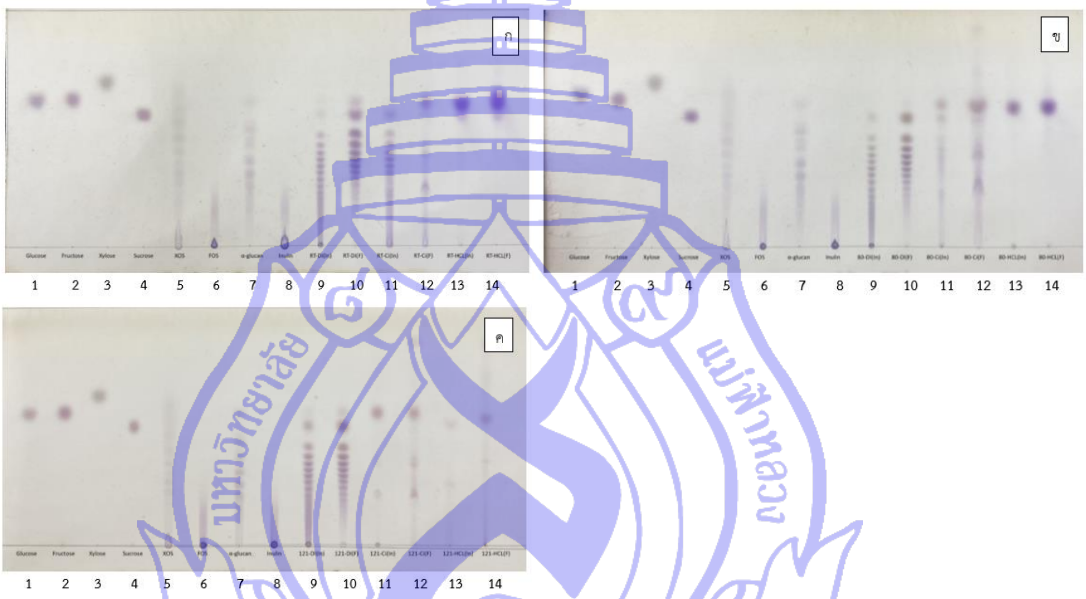
**ตารางที่ 3** ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารสกัดที่โพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากแก่นตะวันในสภาวะต่างๆ

| อุณหภูมิการสกัด (องศาเซลเซียส) | ตัวทำละลาย | สารสกัด | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.น้ำตาลรีดิวซ์ต่อกรัมสารสกัด) |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $0.00\pm0.00^{eA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $53.82\pm1.77^{dA}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $0.00\pm0.00^{eC}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $200.85\pm7.74^{bC}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $305.46\pm7.53^{bA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $480.65\pm7.62^{aA}$ |
| 80 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $0.00\pm0.00^{fA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $41.76\pm2.05^{eB}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $110.99\pm7.67^{dB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $251.85\pm3.23^{cB}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $288.99\pm10.97^{bA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $441.06\pm18.63^{aB}$ |
| 121 องศาเซลเซียส | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $0.00\pm0.00^{fA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $45.14\pm0.65^{eB}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $172.68\pm4.45^{cA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $292.98\pm10.16^{aA}$ |
| 121 องศาเซลเซียส | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $56.99\pm0.23^{dB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $200.62\pm4.40^{bC}$ |

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันและตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

5. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในสารที่สกัดได้ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีผิวบาง

นำสารสกัดที่ได้มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบสารสกัดด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีผิวบาง พบว่าสารสกัดที่ได้จากแก่นตะวันมีการเคลื่อนที่ในลักษณะที่ใกล้เคียงกันในทั้ง 3 สภาวะอุณหภูมิ แต่จะมีความแตกต่างกันเมื่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน ผลการทดลองสามารถแสดงถึงองค์ประกอบของสารที่สกัดได้จากแก่นตะวันซึ่งอาจมีน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ประกอบอยู่ ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า สารสกัดที่สกัดด้วยกรดจะมีองค์ประกอบน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลใกล้เคียงกับกลุ่มน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่ ซึ่งเกิดจากกรดเข้าไปทำการย่อยสลายสารสกัดให้มีขนาดที่เล็กลง




**หมายเหตุ** 1= Glucose std., 2= Fructose std., 3= Xylose std., 4=Sucrose std., 5= XOS std., 6= FOS std., 7= α-glucan std.,8= Inulin std., 9= สารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน, 10= สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน, 11= สารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 0.5 โมลาร์ ซิเตรทบัฟเฟอร์ พีเอช 3, 12= สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 0.5 โมลาร์ซิเตรทบัฟเฟอร์พีเอช 3, 13= สารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอลิก พีเอช 1, 14=สารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอลิก พีเอช 1

**ภาพที่ 1** การเคลื่อนที่ของสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ สกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน, 0.5 โมลาร์ซิเตรทบัฟเฟอร์ พีเอช 3 และ 1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอลิก พีเอช 1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่อุณหภูมิห้อง (ก) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (ข) และ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส (ค)

6. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ได้จากแก่นตะวัน พบว่า ตัวอย่างสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอลิก พีเอช 1 ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดคือ 12.83±0.07 มก.สมมูลของกรดแกลลิกตอสารสกัด 1 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 จากการศึกษาของ Azlan และคณะ (2023) พบว่า การสกัดผลิตภัณฑ์จากอ้อยด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอลิกให้สารสกัดที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นที่มีความเป็นกรดน้อยกว่า การศึกษาของ Azman และคณะ (2022) พบว่า ตัวอย่างสารสกัดแบล็คเคอแรนผงที่สกัดด้วยสารละลายกรดที่มีพีเอช 1.5 ให้ค่าฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นๆที่มีพีเอชสูงกว่า และจากการศึกษาของอธิยา และธนะบูลย์ (2550) พบว่า การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมะขามป้อมส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการศึกษาของเพียงใจ (2564) พบว่าการสกัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรด้วยอุณหภูมิสูงส่งผลให้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง โดยตัวอย่างสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วย 1 โมลาร์กรดไฮโดรคลอลิก พีเอช 1 ที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลเข้มซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ของน้ำตาลกับอุณหภูมิที่สูง แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วยกรดส่งผลให้มีค่าฟีนอลิกที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในสารสกัดอาจมีองค์ประกอบของสารฟีนอลิกที่สร้างพันธะกับโพลิแซ็กคาไรด์ เมื่อถูกสกัดด้วยกรดจึงทำให้ฟีนอลิกถูกย่อยออกมาจึงวิเคราะห์ได้ในปริมาณที่สูงกว่าการสกัดในสภาวะอื่น

**ตารางที่ 4** ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกที่คำนวนได้จากสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และสารสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ได้จากแก่นตะวัน

| อุณหภูมิการสกัด (องศาเซลเซียส) | ตัวทำละลาย | สารสกัด | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มก.สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด) |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $1.80\pm0.02^{dB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $2.02\pm0.02^{cA}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $0.15\pm0.01^{fC}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $1.52\pm0.01^{eC}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $3.25\pm0.02^{bC}$ |
| 80 องศาเซลเซียส | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $6.91\pm0.03^{aC}$ |
| | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $1.44\pm0.02^{fC}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $1.57\pm0.01^{eB}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $2.32\pm0.03^{dB}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $3.42\pm0.01^{cB}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $5.89\pm0.05^{bB}$ |
| 121 องศาเซลเซียส | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $7.33\pm0.05^{aB}$ |
| | น้ำปราศจากไอออน | โพลิแซ็กคาไรด์ | $1.94\pm0.01^{eA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $1.97\pm0.01^{eA}$ |
| | ซิเตรทบัฟเฟอร์ | โพลิแซ็กคาไรด์ | $3.69\pm0.^{02dA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $4.42\pm0.01^{cA}$ |
| | กรดไฮโดรคลอลิก | โพลิแซ็กคาไรด์ | $5.50\pm0.03^{bA}$ |
| | | ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ | $12.83\pm0.07^{aA}$ |

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันและตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**อภิปรายและข้อเสนอแนะ**

จากการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของสารสกัดที่ได้จากแก่นตะวันพบว่า แต่ละสภาวะของการสกัดให้ผลดีในแต่ละด้านแตกต่างกัน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์เพื่อใช้เป็นสารที่ให้ความชุ่มชื้น และเป็นพรีไบโอติกในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางคือ การสกัดด้วย น้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดได้ในปริมาณสูงที่สุด ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์คือ การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอลิก 1 โมลาร์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยสามารถนำไปใช้เป็นสารสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ช่วยในการชะลอวัยหรือต้านริ้วรอยได้ เนื่องจากเป็นสภาวะที่สามารถวิเคราะห์ค่าฟีนอลิกสูงที่สุด

เนื่องจากโพลิแซ็กคาไรด์ และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแก่นตะวันมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ควรมีการทดสอบความเป็นพรีไบโอติกเพิ่มเติมกับเชื้อชนิดต่างๆที่เกี่ยวข้องในทางเครื่องสำอาง และทดลองนำสารสกัดมาใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวชนิดต่างๆ ทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ และทดลองใช้ผลิตภัณฑ์กับผู้ทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของเครื่องสำอางว่าสามารถเพิ่มจุลินทรีย์ที่ดีบนผิวหนังได้หรือไม่ ซึ่งจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์นำไปต่อยอดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวได้

**รายการอ้างอิง**

นัชชา นิลจันทึก, สำรวย เชือกรมย์, สุธิตา กังขุนทด, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และจิตรา สิงห์ทอง. (2562). ความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกของแก่นตะวัน. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 4*(2), 18-24.

เพียงใจ เลิศศรี. (2564). *การสกัดและฤทธิ์การต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ของสารสกัดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริพร ตันจอ, ครรชิต จุดประสงค์, ชนัญฑิตา ไชยโต และสนั่น จอกลอย. (2555). อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ในแก่นตะวันสายพันธุ์ต่าง ๆ. *วารสารวิจัย มข., 17*(1), 25-34.

อธิยา เรืองจักรเพ็ชร และธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล. (2550). ผลของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และกิจกรรมของสารต้านออกซิเดชันในมะขามป้อม *(Phyllanthus emblica Linn.)*. ใน *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร (689-696).* สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Azlan, A., Sultana, S., & Mahmod, I. I. (2023). Effect of different extraction methods on the total phenolics of sugar cane products. *Molecules (Basel, Switzerland), 28*(11), 4403.

Azman, E. M., Nor, N. D. M., Charalampopoulos, D. & Chatzifragkou, A. (2022). Effect of acidified water on phenolic profile and antioxidant activity of dried blackcurrant (*Ribes nigrum L.*) pomace extracts. *LWT, 154*(8).

DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry, 28(3)*, 350-356.

Folin, O., & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *The Journal of Biological Chemistry, 73*(2), 627-650.

Giannoccaro, E., Wang, Y. J., & Chen, P. (2006). Effects of solvent, temperature, time, solvent-to-sample ratio, sample size, and defatting on the extraction of soluble sugars in soybean. *Journal of Food Science, 71*, C59 - C64.

Glibowski, P. & Anna, B. (2011). The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment, 10*(2), 189-196.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Biochem, 31*, 426-428.

Maumela, P., Rensburg, E. V., Chimphango, A. & Görgens, J. (2019). Sequential extraction of protein and inulin from the tubers of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.). Journal of Food Science and Technology, 57*, 10.

Safaa, S. A., Abdelrashid, A, El-kalyoubi, M., & Hamad, K. I. (2009). Production of inulin and hight-fructose syrup from jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*). *Annals Agric. Sci., 54*(2), 417-422.

Spiller, G. A. (2001). *CRC handbook of dietary fiber in human nutrition* (3rd ed.). CRC Press.

Thammarutwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kijroongrojana, K., Itharat, A., Reanmongkol, W., . . . Ooraikul, B. (2009). Prebiotics – A Review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 31*(4), 401-408.

Zhang, X., Zhu, X., Shi, X., Hou, Y., & Yi, Y. (2022). Extraction and purification of inulin from jerusalem artichoke with response surface method and ion exchange resins. *ACS Omega, 7*(24).

Zhang, J., Liu, C., Xie, Y., Li, N., Ning, Z., Du, N., . . . Zhong, Y. (2017). Enhancing fructooligosaccharides production by genetic improvement of the industrial fungus aspergillus niger ATCC 20611. *Journal of Biotechnology, 249*, 25-33.