Published Online: 11 OCT 2024

การเตรียมพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เพิ่มความชุ่มชื้นผิว

Preparation of Polysaccharide from *Morinda citrifolia* linn. for Application in Moisturizing Product

อรทิพา เลิกบางพลัด
อีเมล: 6451701298@lamduan.mfu.ac.th
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สริตา สังข์ทอง
อีเมล: sarita.san@mfu.ac.th
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นสารเพิ่มความชุ่มชื่นผิวด้วยวิธี Hot water Extraction ร้อยละผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอดิบเท่ากับ 11.59±1.11 ลูกยอสุกเท่ากับ 11.73±0.97 และ ลูกยอสุกงอมเท่ากับ 12.02±0.44 ค่าความสามารถในการกระจายตัวของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอดิบ ลูกยอสุก และลูกยอสุกงอม คิดเป็นร้อยละ 0.403±0.006, 0.397±0.011 และ 0.336±0.011 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ การทดสอบความเป็นกรดด่าง พบว่า สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุก มีความเป็นกรดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ลูกยอสุกงอม และลูกยอดิบ มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 4.67±0.00, 5.06±0.00 และ 5.61±0.01 ตามลำดับ การวัดสีของผงสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมมีความสว่าง (L^*), ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มากที่สุดทำให้มีสีน้ำตาลเข้ม และการทดสอบความหนืดที่เพิ่มจากตำรับพื้นเมื่อเติมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ พบว่า ลูกยอสุกงอมมีความหนืดมากที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับพื้น การศึกษาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวม พบว่า สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมมีมากที่สุดเท่ากับ 43.35±0.56 มิลลิกรัมสมมูลกลูโคสต่อกรัมของสารสกัด เมื่อนำสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ที่ระดับความสุกต่าง ๆ ไปหาค่า Degree of esterification พบว่า ลูกยอสุกงอมมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลมากที่สุดเท่ากับ 9.73±0.37 มี %DE เท่ากับ 59.56±2.23 จากค่าที่ได้สามารถจัดพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอสุกงอมที่มีค่า %DE มากกว่า 50% ปริมาณเมทอกซิลมากกว่า 8.16 ได้เป็นเพคตินประเภท High methoxyl pectin ซึ่งเป็นเพคตินที่มีความคงตัว ความหนืดสูง มีค่า pH

เท่ากับ 5.06±0.00 ซึ่งใกล้เคียงกับ pH ของผิวหนัง จึงเลือกสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมใช้ในการทดสอบการเป็นสารเพิ่มความชุ่มชื่นผิว ในการทำสอบความคงตัว เมื่อผ่านสภาวะเร่งอุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ พบว่า ตำรับเจลมีความหนืดที่ลดลง เมื่อนำเจลทาลงที่ท้องแขนรู้สึกถึงความหนืด ที่ต่างกันลดลงเพียงเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดด่างมีค่าลดลงเล็กน้อย ค่า *L** ลดลงทำให้มีความสว่างลดลง ค่า *a** และ *b** ลดลงทำให้เจลมีเฉดเหลืองลดลงไม่พบการเกิดเชื้อจุลินทรีย์แสดงว่า สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมไม่เป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เติบโต และตำรับมีความคงตัว

คำสำคัญ: พอลิแซ็กคาไรด์, ลูกยอ, สารเพิ่มความชุ่มชื่นผิว, ระดับความสุกต่าง ๆ

Abstract

This research aimed to extract polysaccharides from non-ripe, ripe, and overripe bael fruit for use as a skin moisturization agent through Hot Water Extraction. The polysaccharide yield percentages from non-ripe, ripe, and overripe bael fruit were 11.59±1.11%, 11.73±0.97%, and 12.02±0.44%. The dispersion capacities of the polysaccharide extracts from non-ripe, ripe, and overripe bael fruit were 0.403±0.006%, 0.397±0.011%, and 0.336±0.011%, based on weight per volume. The pH test revealed that the polysaccharide extract from ripe bitter gourd had the most acidic nature, followed by overripe and raw bitter gourd, with pH values of 4.67±0.00, 5.06±0.00, and 5.61±0.01, respectively. The color measurement of the polysaccharide powder showed that the polysaccharide from overripe bitter gourd had the highest brightness (*L**), redness (*a**), and yellowness (*b**) values, resulting in a darker brown color. Viscosity testing, after adding the polysaccharide extracts from different stages of ripeness into a base formula, showed that the overripe bitter gourd had the highest viscosity compared to the base. The total polysaccharide content was highest in the extract from overripe bitter gourd, amounting to 43.35±0.56 mg of glucose equivalent per gram of extract. Total polysaccharide content studies revealed that the overripe bael fruit extract had the highest amount, equating to 43.35±0.56 mg equivalent of glucose/g of extract. When determining the Degree of Esterification (DE) of polysaccharide extracts from fruits at different ripeness levels, it was found that the overripe bael fruit had the highest

methoxyl percentage of 9.73±0.37% and a %DE of 59.56±2.23%. Based on these values, the polysaccharide from the overripe bael fruit, with a %DE greater than 50% and methoxyl content above 8.16%, can be classified as High Methoxyl Pectin (HMP), which is known for its high stability and viscosity. Its pH of 5.06±0.00 is close to the pH of the skin. Therefore, the polysaccharide extract from overripe bitter gourd was selected for further testing as a skin-moisturizing agent. In stability testing under accelerated temperature conditions (high and low temperatures), the gel formulation showed only a slight reduction in viscosity. When applied to the forearm, the change in viscosity was minimal. There was a slight decrease in pH, brightness (*L**), and both redness (*a**), and yellowness (*b**) values, indicating a subtle darkening of the gel with reduced yellow tones. No microbial growth was observed, indicating that the polysaccharide extract from overripe bitter gourd did not support microbial growth, and the formulation remained stable.

Keywords: Polysaccharide, Noni, Skin Moisturizer, Various Ripeness Levels

บทนำ/หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันมนุษย์เกิดกระแสการรักษ์โลก และกระแสอนุรักษ์ธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีสารสกัดจากธรรมชาติ สารสกัดจากสมุนไพรมากขึ้น รวมไปถึงธุรกิจความงามในประเทศไทยมีการเติบโตเป็นอันดับหนึ่งของตลาดเครื่องสำอางอาเซียน และเป็นอันดับสามของเอเชีย รองจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศเกาหลีใต้ (โพสทูเดย์, 2561) ตลาดมอยซ์เจอร์ไรส์เซอร์ทั่วโลกในปี 2566 มีมูลค่า 10.60 พันล้านดอลลาร์สหรัฐและคาดว่าจะเติบโตจาก 11.02 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2567 เป็น 16.71 พันล้านดอลลาร์สหรัฐในปี 2575 โดยมีการแบ่งตลาดมอยซ์เจอร์ไรส์เซอร์ออกเป็นมอยซ์เจอร์ไรส์เซอร์สำหรับใบหน้าและผิวกาย ซึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์มอยซ์เจอร์ไรส์เซอร์สำหรับผิวหน้ามีส่วนแบ่งการตลาดใหญ่ที่สุด (Fortune Business Insights, 2024) นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้เพคตินในเครื่องสำอางในด้านต่างๆ ได้แก่ ใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล (Gelling agent), ใช้เป็นสารทำให้หนืดข้น (Thickening agent), ใช้เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัน (Emulsifier), ใช้เป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (Stabilizer) และสารเพิ่มความชุ่มชื้นผิว (Moisturizer) เนื่องจากเพคตินมีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำได้จึงทำให้เพคตินพองตัวกลายเป็นเจลได้ และการมีหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย ทำให้เพคตินเป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว

โดยจะยับยั้งการแยกตัวของส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ออกเป็นส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันและน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย เมื่อใช้กับผมหรือผิวหนัง เพคตินจะสร้างชั้นที่ยืดหยุ่นและต่อเนื่องบนผิวและรักษาความชื้นไว้ ทำให้ดูเรียบเนียนเงางาม นอกจากนี้เพคตินยังสามารถสร้างพันธะชั่วคราวภายในผลิตภัณฑ์ได้และไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ (Lesielle, 2022)

ลูกยอ หรือ *Morinda citrifolia* Linn. สามารถพบทั่วไปในหลายประเทศทั่วโลก และผลลูกยอถูกนำไปใช้ในหมู่เกาะโพลินิเซีย จีน อินเดีย นานกว่า 2,000 ปี (วริศรา แสงไพโรจน์, 2545) นอกจากนี้ยังมีการนำราก ใบ ผล เมล็ดและเปลือกมาใช้เป็นยารักษาโรค และเป็นยาสมุนไพรไทยในการบรรเทาโรคบางอย่างมาอย่างยาวนาน (สุธีรา เครือคล้าย, 2553) และมีการศึกษาทางเคมีด้วย HPLC พบว่า ลูกยอมีวิตามินซีและวิตามินบีรวมในปริมาณสูง มีสารกลุ่มต้านอนุมูลอิสระ แอนทราควิโนน ฟลาโวนอย ซาโปนิน และสโคโพเลทิน เป็นต้น (Nandhasri et al., 2005) นอกจากนี้มีการวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกาศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากลูกยอในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้ากับอาสาสมัคร พบว่า สามารถลดริ้วรอยได้ (West & Sabin, 2012) และมีงานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอพบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดมาได้นั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเดินทางของเม็ดเลือดขาวเข้าสู่ช่วงการอักเสบได้ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Antiproliferative) และยังช่วยบรรเทาโรคลำไส้อักเสบเรื้อรังได้อีกด้วยโดยปรับสมดุลของจุลภาคในลำไส้เพื่อยับยั้งการส่งสัญญาณการกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ (Inflammatory signaling pathways) (Sousa et al. 2018; Li et al. 2020, Jin et al. 2021) และในปี 2566 ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและฤทธิ์ทางชีวภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ พบว่าปริมาณร้อยละผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์เพิ่มขึ้นตามลำดับ การศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า ค่า IC_{50} ของ N5 (ลูกยอผลสีเทาน้ำตาล ลักษณะนิ่ม) มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลของ DPPH ได้ดีที่สุด, วิธี ABTS พบว่า มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างพอลิแซ็กคาไรด์อื่น ๆ ในแต่ละความเข้มข้น และอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl radicals) พบว่า ตัวอย่างพอลิแซ็กคาไรด์ที่วัดได้ทั้งหมดออกฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิลตามขนาดยา โดย N4 (ลูกยอผลสีเหลืองขาว ลักษณะค่อยข้างแข็ง) มีการกำจัดอนุมูลไฮดรอกซิลได้ดีที่สุด และในการศึกษา DNA protective effect ด้วย UV-vis assay พบว่า ที่ความเข้มข้นที่ทดสอบที่ 2–10 มิลลิกรัม/ลิตร N4 (ลูกยอผลสีเหลืองขาว ลักษณะค่อยข้างแข็ง) มีการป้องกัน DNA ได้ดีที่สุด (Cai et al., 2023)

โดยงานวิจัยที่ผานมายังไมพบการศึกษาประสิทธิผลการใหความชุ่มชื่นผิวจากพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จาก

ลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และประสิทธิภาพในการเพิ่มความชุ่มชื่นผิว เนื่องจากมีงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าที่ระดับความสุกที่ต่างกันของลูกยอมีผลต่อปริมาณพฤกษเคมี (นิชา ต๊ะแพร่, 2563) และทำการพัฒนาสูตรตำรับเจลจากสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากลูกยอ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับพืชสมุนไพรไทยและประยุกต์ใช้สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างลูกยอ

เก็บตัวอย่างลูกยอจากตำบลลำพยา จังหวัดนครปฐม แบ่งลูกยอโดยใช้ระดับความสุกเป็นตัวแบ่งกลุ่ม (Yang et al., 2011) ดังนี้ ระดับความสุกที่ 1 ลูกยอดิบ ลักษณะผลมีสีเขียวเข้ม เนื้อแข็งมาก ระดับความสุกที่ 2 ลูกยอสุก ลักษณะผลทีสีขาวเหลือง เนื้อมีความนิ่มเล็กน้อย และระดับความสุกที่ 3 ลูกยอสุกงอม ลักษณะผลมีสีเทาขาว เนื้อนิ่มมาก หั่นให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก นำลูกยอทั้ง 3 กลุ่ม ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน นำไปบดให้ละเอียดและเก็บผงตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ

นำผงตัวอย่างลูกยอในแต่ละชนิดผสมกับ Deionized water อัตราส่วน 1:100 (w/v) นำมาเขย่าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำไปกรองแล้วนำไปตกตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ด้วย 95% Ethanol เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไป centrifugation ที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำสารที่กรองมาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง freeze dryer นำไปเก็บในภาชนะทึบแสงเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Sangthong et al., 2022)

3. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้

1) ความสามารถในการกระจายตัวทำได้โดยนำสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยออบแห้งที่ระดับความสุกต่าง ๆ เติมลงไปในน้ำโดยเริ่มจาก 0.5 มิลลิกรัม นำไปทำให้ละลายโดยใช้เครื่องผสมสารละลาย จนกว่าจะกระจายตัวได้หมด และเพิ่มปริมาณสารสกัดทีละ 0.1 มิลลิกรัม จนกว่าจะไม่เกิดการกระจายตัว (กิตติมาภรณ์ ชุมพงศ์, 2557)

2) การทดสอบความเป็นกรด ด่าง ด้วย pH Meter นำความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถกระจายตัวได้มาทดสอบ

3) การทดสอบความหนืดทำได้โดยเตรียมเจลตำรับพื้นตามตารางที่ 1 ทำการละลายพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอดิบ ลูกยอสุก และลูกยอสุกงอมตัวอย่างละ 0.33 กรัม ผสมกับตำรับพื้นที่เตรียมไว้ วัดความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer เปรียบเทียบความหนืดเทียบกับตำรับพื้นที่ไม่มีส่วนผสมของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

4) การวัดสี วัดด้วยเครื่อง Color Spectrophotometer ใช้ระบบ CIE *(L*a*b*)*

4. การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยวิธี Phenol Sulfuric Acid

เตรียมสารละลายของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ให้มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย 5% Phenol ปริมาณ 500 ไมโครลิตร กับ 96% Sulfuric acid ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับกราฟเส้นตรงมาตรฐานของสารละลายกลูโคสที่ช่วงความเข้มข้น 5-500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Fournier et al., 2011)

5. ปริมาณเมทอกซิลในพอลิแซ็กคาไรด์ของสารสกัดจากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ

ชั่งผงพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ใส่ขวดลูกชมพูขวดละ 0.5 กรัม เติมเอทานอล 2 มิลลิลิตร และ DI Water 100 มิลลิลิตร หยด Phenolphthalein ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH บันทึกปริมาณ NaOH (V_1) เติมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแรง ๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยด Phenolphthalein ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH บันทึกปริมาณ NaOH (V_2) นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิลโดยดูจากตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นกับปริมาณเมทอกซิล (Singthong et al., 2004)

6. เตรียมตำรับเบสเจล และ ตำรับเจลที่ผสมสารสกัดจากลูกยอ

เตรียมตำรับเจลพื้นฐานให้มีลักษณะเจลใส ความหนืดต่ำ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของตำรับเจล

Part	ส่วนประกอบ	F1	F2	F3	F4	หน้าที่
A	DI Water	qs	qs	qs	qs	Solvent
	Disodium EDTA	0.05	0.05	0.05	0.05	Chelating
	Allantoin	0.3	0.3	0.3	0.3	Soothing
B	HPMC	1	1	1	1	Thickener
	Cristal hyaluronic acid	-	-	x	-	Moisturizer
	Renor hyaluronic acid	-	-	-	x	Moisturizer
C	Propanediol	3	3	3	3	Humactant
	Liquid Germall Plus™	0.5	0.5	0.5	0.5	Preservative
	สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอ	-	x	-	-	Moisturizer

หมายเหตุ x คือ ปริมาณของส่วนประกอบมากที่สุดที่สามารถใส่ในสูตรตำรับเจล

7. การวิเคราะห์ความคงตัวทางกายภาพของตำรับเบสเจลและตำรับเจลที่ผสมสารสกัดจากลูกยอ

ทดสอบด้วยวิธี heating cooling cycle โดยนำเจลทั้ง 4 สูตรเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเจลออกมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ทำการวัดความหนืดและค่าความเป็นกรดด่างในรอบ 0 และ รอบ 3 และสังเกตลักษณะทางกายภาพของเจล สี และกลิ่น

8. การทดสอบการปนเปื้อนด้วย Germcount Combi Dipslide ของเจลตำหรับพื้น และเจลตำหรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ โดยนำแผ่นสไลด์ออกมาพ่นน้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดทั้งสองด้านให้เปียกและทิ้งให้เย็นจนมีอุณหภูมิห้อง จุ่มสไลด์ลงในเจลตำหรับพื้น และเจลตำหรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอให้ทั่วทั้งสองด้าน จากนั้นปล่อยให้ของเหลวส่วนเกินระบายออกจากสไลด์ เก็บหลอดทดสอบที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกมาดูด้านสไลด์อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีสีเพื่อดูการเกิดเชื้อแบคทีเรีย และที่ 72 ชั่วโมงดูด้านอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสีชมพูเพื่อดูการเกิดยีสต์และเชื้อรา

9. วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 25 ทดสอบด้วยวิธี one-way ANOVA กำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p<0.05$) และใช้ Paired sample t-test ในการวิเคราะห์ความคงตัวทางกายภาพของตำรับเบสเจลและตำรับเจลที่ผสมสารสกัดจากลูกยอ

ผลวิจัยและอภิปรายผล

1. การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ

พบว่าปริมาณผลผลิตร้อยละสุทธิของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอดิบมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 11.59±1.11 ลูกยอสุกมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 11.73±0.97 และลูกยอสุกงอมมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 12.02±0.44 จากการศึกษาการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ด้วยวิธี Hot water Extraction (ที่อุณหภูมิ 77.77 องศาเซลเซียส นาน 117.6 นาที) พบว่า ระยะที่ 1 (สีเขียว ลักษณะแข็ง) มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 3.86±0.21 ระยะที่ 2 (สีเขียวเหลือง ลักษณะแข็ง) มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 5.20±0.18 ระยะที่ 3 (สีเหลือง ลักษณะแข็ง) มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 6.11±0.09 ระยะที่ 4 (สีขาวเหลือง ลักษณะนิ่ม) มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 7.13±0.12 และระยะที่ 5 (สีเทาน้ำตาล ลักษณะนิ่มมาก) มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 8.26±0.14 (Cai et al., 2023) เมื่อนำมาเทียบกับร้อยละผลผลิตในงานวิจัยนี้ พบว่า ไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากในงานวิจัยนี้ที่ระดับความสุกต่าง ๆ มีปริมาณร้อยละผลผลิตไม่ต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสารชีวโมเลกุลอื่น ๆ ที่อาจปนมาในขั้นตอนการสกัด และมีการรายงานว่า ในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Hot water Extraction พบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตมากที่สุด มีปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 9.38 ในขณะที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับ 8.35 และ 8.75 ตามลำดับ (Tepsongkroh et al., 2023) อุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยในการทำลายพันธะระหว่างสารประกอบต่าง ๆ ช่วยให้ผนังเซลล์แตกออกได้มากขึ้น ส่งผลให้มีพอลิแซ็กคาไรด์ในปริมาณที่มากขึ้น (Yuan & Macquarrie, 2015) ซึ่งในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ใช้อุณหภูมิเพียงแค่ 85 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติมอาจทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น

2. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้

1) ความสามารถในการกระจายตัว พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอดิบ ลูกยอสุก และลูกยอสุกงอมมีความสามารถในการกระจายตัวเท่ากับ 4.03±0.06, 3.97±0.11 และ 3.36±0.11 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.403±0.006, 0.397±0.011 และ 0.336±0.011 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรตามลำดับ การที่สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอแต่ละระดับความสุกมีความสามารถในการกระจายตัวที่แตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ลักษณะของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอดิบมีขนาดเล็กลักษณะฟูละเอียด ในขณะที่สารสกัดจากพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกมีขนาดใหญ่มากกว่าลูกยอดิบ และสารสกัดจากพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอสุกงอมมีขนาดใหญ่เป็นผงละเอียดไม่ฟู และอาจเป็นผลจาก

ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ที่แตกต่างกัน รวมไปถึงสารชีวโมเลกุลชนิดอื่น ๆ ที่อาจปนมาในขั้นตอนการสกัดก็อาจมีความต่างกัน

2) ความเป็นกรด ด่างของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอดิบ ลูกยอสุก และลูกยอสุกงอมมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.61±0.01, 4.67±0.00 และ 5.06±0.00 ตามลำดับ เมื่อนำค่าความเป็นกรดด่างของลูกยอสุกงอมเทียบกับงานวิจัยของ Maskat and Tan (2011) พบว่าค่าไม่สอดคล้องกัน โดยในงานวิจัยก่อนหน้าค่าความเป็นกรดด่างของพอลิแซ็กคาไรด์ของ ลูกยอสุกงอม (สกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที) มีค่าเท่ากับ 4.06 โดยค่kความเป็นกรดด่างที่แตกต่างกันของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมหรือพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอแต่ละระดับความสุกนั้นอาจเกิดจากการสูญเสียกรดอินทรีย์ในขณะทำการสกัดส่งผลให้ปริมาณกรดอินทรีย์ลดลงค่าความเป็นกรดด่างจึงเพิ่มขึ้น (Igual et al., 2010) นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากในผลดิบของลูกยอจะมีแทนนินที่ให้รสชาติฝาด โดยแทนนินมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน (หทัยพร ศิรินอมารัตนา, 2547) จึงส่งผลให้ลูกยอดิบมี ค่าความเป็นกรดด่างเป็นกรดอ่อนมากที่สุด และเมื่อผลลูกยอเริ่มสุกจะมีปริมาณเอทิลีนสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของลูกยอสุกนั้นลดลง จึงมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น และเมื่อลูกยอสุกเต็มที่ปริมาณเอทิลีนจะเริ่มลดลง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นลูกยอสุกงอมจึงมีความเป็นกรดน้อยลง (Pereir et al., 2005)

3) การทดสอบความหนืดพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอ พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอสุกงอมมีความหนืดมากที่สุด คือ 226.33±3.06 cP ความหนืดรองลงมา คือลูกยอสุกเท่ากับ 60.00±3.61 cP และลูกยอดิบมีความหนืดน้อยที่สุดเท่ากับ 12.00±1.73 cP ความหนืดที่ต่างกันของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้นั้นอาจเป็นผลมาจากชนิดของพอลิแซ็กคาไรด์ โดยลูกยอสุกเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดกัมอะราบิกเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (Hirazumi & Furusawa, 1999) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโซ่กิ่งและพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกละลายน้ำมาก จึงมีพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดฮอโมกาแล็กทูโรแนนเป็นหลัก (Yuagfang et al., 2007) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์สายตรงสมบูรณ์ โดยความหนืดของพอลิแซ็กคาไรด์จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ พอลิแซ็กคาไรด์ที่โครงสร้างมีการจัดเรียงตัวของน้ำตาลหน่วยย่อยเป็นสายตรงซึ่งลักษณะโครงสร้างมีความแข็งและไม่ยืดหยุ่นจะให้ความหนืดแก่สารละลายมากกว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของน้ำตาลหน่วยย่อยเป็นสายโซ่กิ่งซึ่งมีความยืดหยุ่น (นิภาพร เส็งคำปาน, 2562)

4) การวัดค่าสีระบบ CIE ($L^*a^*b^*$) พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอดิบมีค่า L^* เท่ากับ 34.72±0.01 ค่า a^* เท่ากับ 2.04±0.03 และค่า b^* เท่ากับ 7.56±0.01 ทำให้มีสีน้ำตาล ในขณะที่พอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกมีค่า L^* และค่า b^* เท่ากับ 42.45±0.01 และ 8.07±0.01 ตามลำดับ และค่า a^* เท่ากับ 1.97±0.01 ทำให้มีสีน้ำตาลอ่อน และพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมมีค่า L^* เท่ากับ 45.24±0.00 ค่า a^* เท่ากับ 2.50±0.01 และค่า b^* เท่ากับ 10.44±0.01 ทำให้

มีสีน้ำตาลเข้ม จากผลการทดสอบค่าการวัดสี พบว่า ค่า *L** และค่า *b** ของผงพอลิแซ็กคาไรด์ที่ระดับความสุกต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า สีของลูกยอเกิดการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อมีความสุกมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงของสีผลไม้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสี เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ในระหว่างกระบวนการสุก (Zhang et al., 2024)

3. ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ของสารสกัดจากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ

การทดสอบหาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมของสารสกัดจากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ ด้วยวิธี Phenol-sulfuric acid พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอดิบ ลูกยอสุก และลูกยอสุกงอมมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมเท่ากับ 32.93±0.75, 38.48±1.11 และ 43.35±0.56 มิลลิกรัมสมมูลกลูโคสต่อกรัมของสารสกัด ตามลำดับ ซึ่งสารสกัดจากลูกยอสุกงอมมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมมากที่สุด

4. ปริมาณเมทอกซิลในพอลิแซ็กคาไรด์ของสารสกัดจากลูกยอที่ระดับความสุกต่าง ๆ

เมื่อนำสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ที่ระดับความสุกต่าง ๆ ไปหาค่า Degree of esterification (DE) และนำไปเทียบกับตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณเมทอกซิล พบว่า ปริมาณเมทอกซิลใน พอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอสุกงอมมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลมากที่สุด มีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลเท่ากับ 9.73±0.37 มี %DE เท่ากับ 59.56±2.23 และลูกยอสุกมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลที่ใกล้เคียงกับลูกยอสุกงอม โดยมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลเท่ากับ 9.46±0.63 มี %DE เท่ากับ 57.91±3.86 จากค่าที่ได้สามารถจัดพอลิแซ็กคาไรด์ของสารสกัดลูกยอสุกและลูกยอสุกงอมซึ่งมีค่า %DE มากกว่า 50% ปริมาณเมทอกซิลมากกว่า 8.16 ได้ว่าเป็นเพคตินประเภท High methoxyl pectin (HMP) ในขณะที่ลูกยอดิบมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลน้อยที่สุด โดยมีปริมาณร้อยละของเมทอกซิลเท่ากับ 5.75±0.12 มี %DE เท่ากับ 35.19±0.70 ซึ่งมีค่า %DE น้อยกว่า 50% ปริมาณเมทอกซิลน้อยกว่า 8.16 จึงจัดเป็นเพคตินประเภท Low methoxyl pectin (LMP)

จากการศึกษา Degree of esterification (DE) ของเพคตินจากลูกยอสุกด้วยวิธีต้มน้ำร้อนโดยทำการตกตะกอนเพคตินด้วย 96% เอทานอล ด้วยอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า ค่า %DE ของเพคตินจากลูกยอสุก A (filtrate:ethanol = 1:1) เท่ากับ 56.69±2.82 ค่า %DE ของเพคตินจากลูกยอสุก B (filtrate:ethanol = 1:2) เท่ากับ 52.16±0.14 และค่า %DE ของเพคตินจากลูกยอสุก C (filtrate:ethanol = 1:3) เท่ากับ 51.98±1.71 (Maulani et al,. 2024) ซึ่งจากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ลูกยอสุกและลูกยอสุกงอมมีค่า %DE ที่ใกล้เคียงกันกับงานวิจัยก่อนหน้า

5. พัฒนาตำรับเบสเจลและตำรับเจลที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ

พัฒนาตำรับเจลทั้งหมด 4 ตำรับ โดยในตำรับ F2 ตำรับเจลที่ใส่สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอม เนื่องจากมีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์รวมและปริมาณร้อยละของเมทอกซิลมากที่สุด และเป็นเพคตินประเภท High methoxyl pectin (HMP) ซึ่งเป็นเพคตินที่มีความคงตัว ความหนืดสูง (Yapo, 2008) และจากผลการทดลอง พบว่า

สารละลายของสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมมีความหนืดมากที่สุดและมีค่า pH ใกล้เคียงกับ pH ของผิวหนัง โดยผิวหนังที่สมบูรณ์แข็งแรงจะมีค่า pH 4-6 โดยจะแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2551) และความสามารถในการกระจายตัวของสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ลูกยอสุกงอมนั้นใช้ปริมาณสารสกัดที่น้อย แต่สามารถอิ่มตัวได้ดีในน้ำ ดังนั้นจึงใส่สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมที่ความเข้มข้น 0.33 (%w/v) ในตำรับเจล F2 ซึ่งเป็นความสามารถในการกระจายตัวสูงสุด

ลักษณะทางกายภาพของเบสเจลสูตร F1 มีลักษณะใส หนืดปานกลางค่อนข้างเหลว มีกลิ่นอ่อน ๆ สูตร F2 ใส่สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมที่ความเข้มข้น 0.33 (%w/v) มีสีน้ำตาลอ่อนขุ่นเล็กน้อย หนืดปานกลาง มีกลิ่นอ่อน ๆ สูตร F3 ใส่ Cristal hyaluronic acid มีลักษณะใส มีความหนืดมาก มีกลิ่นอ่อน ๆ และ F4 ใส่ Renor hyaluronic acid มีลักษณะใส หนืดปานกลาง มีกลิ่นอ่อน ๆ โดยในสูตร F2 สารสกัดจากพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมเข้ากันได้ดีกับเบสเจล ไม่เกิดการแยกชั้น และมีความคงตัว ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เจลสูตร F1 (สูตรพื้น) F2 (ผสมสารสกัดลูกยอ) F3 (Cristal hyaluronic acid) และ F4 (Renor hyaluronic acid)

6. การวิเคราะห์ความคงตัวทางกายภาพของเจลตำรับพื้น และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ

การทดสอบความคงตัว ทดสอบด้วยวิธี heating cooling cycle โดยนำเจลทั้ง 4 สูตรเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเจลออกมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ทำการวัดความหนืดและค่าความเป็นกรดด่างในรอบ 0 และ รอบ 3 ผลจากการวัดความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer โดยใช้ Spindle เบอร์ 2 รอบความเร็ว 140 rpm เมื่อผ่านสภาวะเร่งอุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำพบว่า เจลทั้ง 4 สูตรมี ความหนืดที่ลดลง เมื่อนำเจลทาลงที่ท้องแขนรู้สึกถึงความหนืดที่ต่างกันลดลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างของทั้ง 4 สูตร

มีค่าลดลงเล็กน้อยในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า สารสกัดจากพอลิแซ็กคาไรด์ของลูกยอสุกงอมไม่มีผลต่อค่า pH ในการวัดค่าสีของเจลตำรับพื้น (F1) พบว่า ค่า *L** ลดลงทำให้มีความสว่างลดลง ค่า *a** และ *b** เพิ่มขึ้นทำให้เจลมีเฉดเหลืองเพิ่มขึ้น ตำรับเจลที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอม (F2) ค่า *L** ลดลงทำให้มีความสว่างลดลง ค่า *a** และ *b** ลดลงทำให้เจลมีเฉดเหลืองลดลง ตำรับเจลที่ผสม Cristal hyaluronic acid (F3) และ ตำรับเจลที่ผสม Renor hyaluronic acid (F4) ค่า *L** และ *a** ลดลงทำให้มีความสว่างลดลง ค่า *b** เพิ่มขึ้นทำให้เจลมีเฉดเหลืองเพิ่มขึ้น

7. ผลการทดสอบการปนเปื้อนด้วย Germcount Combi Dipslide ของเจลตำรับพื้น และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอ

การทดสอบการปนเปื้อนของเจลตำรับพื้น และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมหลังจากการทดสอบความคงตัวด้วย Germcount combi dipslide เพื่อทดสอบว่าสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมไม่เป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เติบโตได้ โดยในเจลตำรับพื้น และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมได้มีการใส่ Liquid Germall Plus™ เพื่อเป็นวัตถุกันเสีย จากผลทดสอบพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง อาหารเลี้ยงเชื้อด้านที่ไม่มีสีของตำรับเจลทั้ง 2 สูตรไม่มีโคโลนีสีแดงเกิดขึ้น ดังภาพที่ 2 A แสดงให้เห็นว่า ไม่มีแบคทีเรียอยู่ในตำรับเจลทั้ง 2 สูตร และเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ด้านอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสีชมพู ไม่มีโคโลนีสีขาวฟูเกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา และไม่มีโคโลนีของยีสต์ที่มีลักษณะกลมพองตัวเกิดขึ้นด้วยดังภาพที่ 2 B แสดงให้เห็นว่า สารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอมไม่เป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เติบโต และการใส่ Liquid Germall Plus™ สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างครอบคลุม

ภาพที่ 2 (A) การทดสอบปริมาณแบคทีเรียของเจลตำรับพื้น (F1) และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอม (F2) ของอาหารเลี้ยงเชื้อด้านไม่มีสีเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง (B) การทดสอบปริมาณยีสต์และเชื้อราของเจลตำรับพื้น (F1) และเจลตำรับที่ผสมสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากลูกยอสุกงอม (F2) ของอาหารเลี้ยงเชื้อด้านสีชมพูเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้เพิ่มเติม เช่น การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้
2. หากมีการศึกษาประสิทธิภาพในการเพิ่มความชุ่มชื่นผิวในอนาคต ควรมีการขอจริยธรรมในมนุษย์ และทำการทดสอบความปลอดภัยและประสิทธิภาพในอาสาสมัครให้ครอบคลุมกับทุกสภาพผิวเพิ่มเติม
3. นำสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ไปพัฒนาต่อยอดในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป

รายการอ้างอิง

กิตติมาภรณ์ ชุมพงศ์. (2557). *การพัฒนาสารสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายวากาเมะเพื่อเป็นสารให้ความชุ่มชื้นผิว* (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

นิชา ต๊ะแพร่. (2563). *การพัฒนาตารับเซรั่มที่มีส่วนผสมของสารสกัดลูกยอ* (การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

นิภาพร เส็งคำปาน. (2562). *พอลิแซ็กคาไรด์จากพืช*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรมศาสตร์.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2551). *เครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง*. โอ.เอส.พริ้นเฮ้าส์.

โพสทูเดย์. (2561). *เทรนด์นาโนเทคโนโลยี เครื่องสำอาง/เวชสำอาง สมุนไพรไทย*. https://www.posttoday.com/life/healthy/533619

วริศรา แสงไพโรจน์. (2545). ลูกยอ: สมุนไพรธรรมชาติ. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์*, *50*(160), 13-16.

สุธีรา เครือคล้าย. (2553). *ต้นยอ*. www.kasedtakon.com/ต้นยอ

หทัยพร ศิรินอมารัตนา. (2547). *แทนนินกับเภสัชกรรม*. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Cai, J., Liang, Z., Li, J., Manzoor, M. F., Liu, H., Han, Z., & Zeng, X. (2023). Variation in physicochemical properties and bioactivities of *Morinda citrifolia* L. (Noni) polysaccharides at different stages of maturity. *Front. Nutr., 9*. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1094906

Fortune Business Insights. (2024). Moisturizer market size, share & industry analysis, by type (face moisturizers and body moisturizers), by form (cream, lotion, and gel), by end-user (men, women, and infant & kids), and regional forecast, 2024-2032. https://www.fortunebusinessinsights.com/moisturizer-market-103869

Fourmier, E. (2011). *Colorimetric quantification of carohydrates.* http://nshtvn.org/ebook/molbio/Current%20Protocols/CPFAC/tae0101.pdl

Hirazumi, A., & Furusawa, E. (1999). An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni) with antitumour activity. *Phytotherapy Research, 13*(5), 380–387. https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1573(199908/09)13:5<380::aid-ptr463>3.0.co;2-m

Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., & Martínez-Navarrete, N. (2010). Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. *Food Chemistry, 118*(2), 291-299. https://doi.org/10.12691/jfnr-4-8-7

Jin, M. Y., Wu, X. Y., Li, M. Y., Li, X. T., Huang, R. M., Sun, Y. M., . . . Xu, Z. L. (2021). Noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit polysaccharides regulated IBD mice via targeting gut microbiota: Association of JNK/ERK/NF-***K***B signaling pathways. *J. Agric. Food Chem, 69*(35), 10151-10162. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c03833

Lesielle. (2022). *Pectin*. https://www.lesielle.com/int/en/pectin-in-skincare-what-is-inci-1250

Li, J., Niu, D., Zhang, Y., & Zeng, A. (2020). Physicochemical properties, antioxidant and antiproliferative activities of polysaccharides from *Morinda citrifolia* L. (Noni) based on different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules, 150*, 114–121. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.157

Maskat, M. Y., & Tan, S.M. (2011). Effect of heat treatment on the physico-chemical properties of Mengkudu (*Morinda citrifolia*) extract. *International Food Research Journal, 18*(3), 1007-1011.

Maulani, T. R., Lioe, H. N., Arief, I. I., & Kusumaningrum, H. D. (2024). Extraction and physicochemical characterization of pectin from noni (*Morinda citrifolia*) fruit. *Jurnal Kimia Valensi, 10*(1), 11–19. https://doi.org/10.15408/jkv.v10i1.37702

Nandhasri, P., Pawa, K. K., Kaewtubtim, J., Jeamchanya, C., Jansom, C., & Sattaponpun, C. (2005). Nutraceutical properties of Thai Yor, *Morinda citrifolia* and noni juice extract. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, *27*(2), 579-586.

Pereira, L. F. P., Galvão, R. M., Kobayashi, A. K., Cação, S. M. B., & Vieira, L. G. E. (2005). Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 17*(3), 283–289. https://doi.org/10.1590/s1677-04202005000300002

Sangthong, S., Pintathong, P., Pongsua, P., Jirarat, A., & Chaiwut, P. (2022). Polysaccharides from *Volvariella volvacea* mushroom: Extraction, biological activities and cosmetic efficacy. *J. Fungi*, *8*, 572. https://doi.org/10.3390/jof8060572

Singthong, J., Cui, S. W., Ningsanond, S., & Goff, H. D. (2004). Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. *Carbohydrate Polymers, 58*(4), 391-400. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.07.018

Souza, S. G., Oliveira, D. E., Magalhães, D. E., Brito, T. V., Batista, J. A., Pereira, C. M. C., . . . Barbosa, A. L. R. (2018). Chemical structure and anti-inflammatory effect of polysaccharide extracted from *Morinda citrifolia* Linn (Noni). *Carbohydrate Polymers, 197*, 515–523. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.042

Tepsongkroh, B., Thaihuttakij, C., Supawong, S., & Jangchud, K. (2023). Impact of high pressure pre-treatment and hot water extraction on chemical properties of crude polysaccharide extract obtained from mushroom (*Volvariella volvacea*). *Food Chemistry: X, 19*. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100864

West, B. J., & Sabin, R. A. (2012). Efficacy of a *Morinda citrifolia* based skin care regimen. *Current Research Journal of Biological Sciences*, *4*(3), 310-314.

Yang, J., Gadi, R., & Thomson, T. (2011). Antioxidant capacity, total phenols, and ascorbic acid content of noni (*Morinda citrifolia*) fruits and leaves at various stages of maturity. *Micronesica*, *41*(2), 167-176. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.09.003

Yapo, B. M. (2008). Pectin quantity, composition and physicochemical behaviour as influenced by the purification process. *Food Research International, 42*, 1197-1202. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.06.002

Yuagfang, P., Purkkao, N., & Suntornwat, O. (2007). Determination of degree of methyl esterification of pectin from dragon fruit (*Hylocereus undatus*, Britt.& Rose) skin. *Agricultural Science Journal, 38*(5), 55-58.

Yuan, Y., & Macquarrie, D. J. (2015). Microwave assisted step-by-step process for the production of fucoidan, alginate sodium, sugars and biochar from Ascophyllum nodosum through a biorefinery concept. *Bioresource Technology, 198*, 819–827. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.090

Zang, R., Hong, Q., Li, D., Zhou, L., Wang, X., Wang, R., . . . Li, C. (2024). Postharvest ripening improves the texture and active ingredients of noni fruit (*Morinda citrifolia* L.) for processing. *Postharvest Biology and Technology, 217,* 113089. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113089