

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้ม Optimization for Pectin Extraction from Orange Peel

เอราวัฒน์ เบ้าทอง¹ วินัย มีแสง¹ มัธนา วงศ์อารีย์¹ วิวรรธน์ แก่นสา¹ ภูษณพาส สมนิล¹
E-mail: zempujin@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินที่สกัดจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก เป็นน้ำสารละลายในสกัดและออกแบบตัวรับสภาวะการสกัดโดยใช้โปรแกรม minitab 15 ตัวรับ โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ pH ในช่วง 2.0 - 3.0 เวลาในการสกัด 30 - 240 นาที และอุณหภูมิ ที่ใช้ในการสกัด 60 - 90 องศาเซลเซียส พบสภาวะที่ดีที่สุดคือ ในตัวรับ 13 มีสภาวะในการสกัด คือ pH เท่ากับ 2.5 เวลา เท่ากับ 240 นาที และอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 66.3 เมื่อนำผลวิจัยมาวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม minitab โหมด box - benkein design พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคติน คือ ปัจจัยด้าน pH และอุณหภูมิมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 263.510 และ 4.47506

คำสำคัญ: เพคติน กากเปลือกส้มเขียวหวาน การสกัด

Abstract

The aim of this research was found the optimization condition for pectin extraction from orange peel by hydrochloric acid solution. Designed 15 treatments by minitab program and follow the main factors were pH 2.0 - 3.0, extraction time was 30 - 240 minutes and temperature were 60 - 90 centigrade. We found that the best condition for percentage yield was treatment 13 which condition were pH was 2.5, extraction time was 240 minutes and temperature was 90 centigrade. The percentage yield of this condition was 66.3. Analyzed this data by minitab program box - benkein design mode. We found that the main factor for extracting pectin from orange peel were pH and temperature. The coefficient were 263.510 and 4.47506, respectively.

Keywords: pectin, orange peel, extraction

ความเป็นมาของปัญหา

ขยะผิวเปลือกส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulata* Blanco) จัดเป็นขยะชุมชนประเภทขยะอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้โดยชีวภาพ (Panjumrar et al., 2014) กากเปลือกส้มเขียวหวานจากการสำรวจร้านขายน้ำผลไม้ในเขตศูนย์การค้าเศรษฐกิจเทศบาลนครอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี พบว่ามีกากเปลือกส้มเขียวหวานที่เป็นขยะ ประมาณ 55 กิโลกรัมต่อวัน และมีประมาณ 20,075 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งเมื่อคิดโดยภาพรวมทั้งประเทศเช่นโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตน้ำส้มคั้นจะมีปริมาณของกากเปลือกส้มเขียวหวานที่มีปริมาณมาก ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่บ่งชี้ถึงผลกระทบที่ไม่เพียงพอดังอัตราการเพิ่มขึ้นของขยะที่มีจำนวนมากขึ้นทุกปีตามไปด้วย

โดยในผิวเปลือกส้มเขียวหวานจะมีเส้นใยเหลืออยู่ในปริมาณสูง (Aishwariya, 2020) ซึ่งในเส้นใยจะมีเพคตินเป็นสารเชื่อมอยู่ในโครงสร้างเกาะกันเป็นร่างแห (Enkuahone, 2018) ปัจจุบันมีการใช้เพคตินในด้านอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์ ด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลให้เพคตินเป็นที่ต้องการของตลาดสูง เพคตินจัดเป็นสารชีวภาพที่มีโครงสร้างคล้ายโมเลกุลของน้ำตาล จึงสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Elizabeth et al., 2014) ในด้านสิ่งแวดล้อมสามารถนำเพคตินมาใช้ในรูปของ สารเคลือบเม็ดปุ๋ย เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยละลายน้ำได้

จากเหตุผลข้างต้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานจึงมีความน่าสนใจ เพื่อเป็นการนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ให้เกิดสูงสุด ซึ่งมีผู้ที่ศึกษาปัจจัยที่ควบคุมร้อยละผลผลิตในการสกัดเพคตินจากวัสดุต่างๆ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคติน ได้แก่ ปัจจัยด้าน pH ปัจจัยด้านเวลาในการสกัดและปัจจัยด้านอุณหภูมิ (เอราวัฒน์, 2561) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสภาวะในการสกัด เพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานให้ได้ปริมาณที่สูงที่สุด เพื่อเป็นการสนองนโยบายของรัฐบาลในการแปรรูปขยะก่อนนำไปทิ้งและเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่าสูงที่สุด

¹ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยพื้นฐาน

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผิวเปลือกส้มเขียวหวานเขียวหวาน จากร้านขายน้ำปั่นและน้ำส้มคั้น ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี โดยมีการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2563 จำนวน 42 ร้าน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น MS Semi-Micro

3.1.2 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น UNB500

3.1.3 หม้อสแตนเลส (Stainless steel pot) ขนาด 10 ลิตร

3.1.4 กระจกนาฬิกา (Watch glass)

3.1.5 ผ้าขาวบาง (Straining cloth/Filter Cloth)

3.1.6 ฮีตเตอร์ (Heater)

3.1.7 เครื่องปั่น (Blender) ยี่ห้อ Phillip รุ่น HR2115 มอเตอร์ 600 W

3.1.8 เครื่องวัด pH (pH meter)

3.1.9 โปรแกรม Minitab[®] เวอร์ชัน 16 (Minitab Inc., State college, PA, USA)

3.2 สารเคมีที่ใช้

3.2.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl) ยี่ห้อ Moral compound เลขการผลิต F-QC-027230020

3.2.2 เอทานอล (Ethanol 95%) ยี่ห้อ QReC เลขการผลิต 1002145-1020

3.2.3 สารเพคตินมาตรฐาน (Standard pectin) ยี่ห้อ LOBA Chemie (Mumbai, India) เลขการผลิต

S59001303

4. ขั้นตอนการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

4.1 ซังผิวเปลือกส้มเขียวหวานสดที่เตรียมไว้มาหั่นหยาบให้มีขนาดประมาณ 5x5 เซนติเมตร ชั่งมา 100 กรัม เติมน้ำกลั่น 2.5 ลิตร จากนั้นปรับ pH ของน้ำที่ใช้สกัดด้วยการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 12 M ตามสภาวะที่ได้เตรียมไว้ในตารางที่ 1 พร้อมด้วยการตั้งเวลาในการสกัดและอุณหภูมิที่ใช้การออกแบบด้วยโปรแกรม Minitab จำนวน 15 สภาวะ จากนั้นดำเนินการสกัดตามสภาวะดังในตารางที่ 1

เมื่อดำเนินการสกัดครบตามกำหนดทั้ง 15 สภาวะแล้ว ให้กรองและคั้นผิวเปลือกส้มเขียวหวานอย่างแรงด้วยผ้าขาวบางในขณะที่ยังร้อน นำสารละลายที่ได้จากการกรองเติม 95% เอทานอลเย็น สำหรับใช้ในการตกตะกอนเพคติน ในปริมาตร 1:1 นำสารละลายดังกล่าวแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายไปปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกตะกอนเพคตินความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที นำตะกอนเพคตินที่ได้ล้างด้วย 70% เอทานอลและนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเตาอบลมร้อนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 0.25 มิลลิเมตร นำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละผลผลิต โดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้ (Wai et al., 2010):

$$\text{ร้อยละผลผลิต (\% yield)} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของจอกหูหนูยักษ์ที่ใช้สกัด (กรัม)}} \times 100 \text{ ----- (1)}$$

ตารางที่ 1 แสดงสถานะในการสกัดและร้อยละผลผลิตจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน (% yield)

สถานะ	pH	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	ร้อยละผลผลิต
1	2.0	240	75	58.45
2	2.0	135	90	58.46
3	2.5	135	75	51.03
4	2.5	30	90	50.00
5	2.5	135	75	52.10
6	2.5	240	60	65.12
7	3.0	135	90	68.44
8	3.0	240	75	37.85
9	2.5	30	60	61.82
10	2.0	135	60	34.10
11	2.0	30	75	47.57
12	3.0	135	60	39.90
13	2.5	240	90	66.30
14	2.5	135	75	51.50
15	3.0	30	75	46.77

4.2 ขั้นตอนการศึกษาหุ้ฟงักซ้ันและเอกลักษณะของเพคตินที่สกัดได้จากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

การตรวจวิเคราะห์ยืนยันหุ้ฟงักซ้ันและเอกลักษณะของเพคตินที่สกัดได้แต่ละสถานะ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน เพคติน มวลโมเลกุล 30,000-100,000 g/mol มีร้อยละหุ้ฟงักซ้ัน 63.0 – 66.0% ด้วยเครื่อง Fourier Transforms Infrared Spectroscopy (FTIR) ในช่วงความถี่ 4000-800 cm⁻¹ โดยพบผสมเพคตินกับโปแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ผลิตโดยบริษัท UNILAB Lot No. 1403251813

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ ได้แก่ Linear Regression Multiple Factor จากโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 โหมด Box-Benken Design ในการหาสมการการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

ผลการวิจัย

1. ร้อยละผลผลิตของเพคตินที่สกัดจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

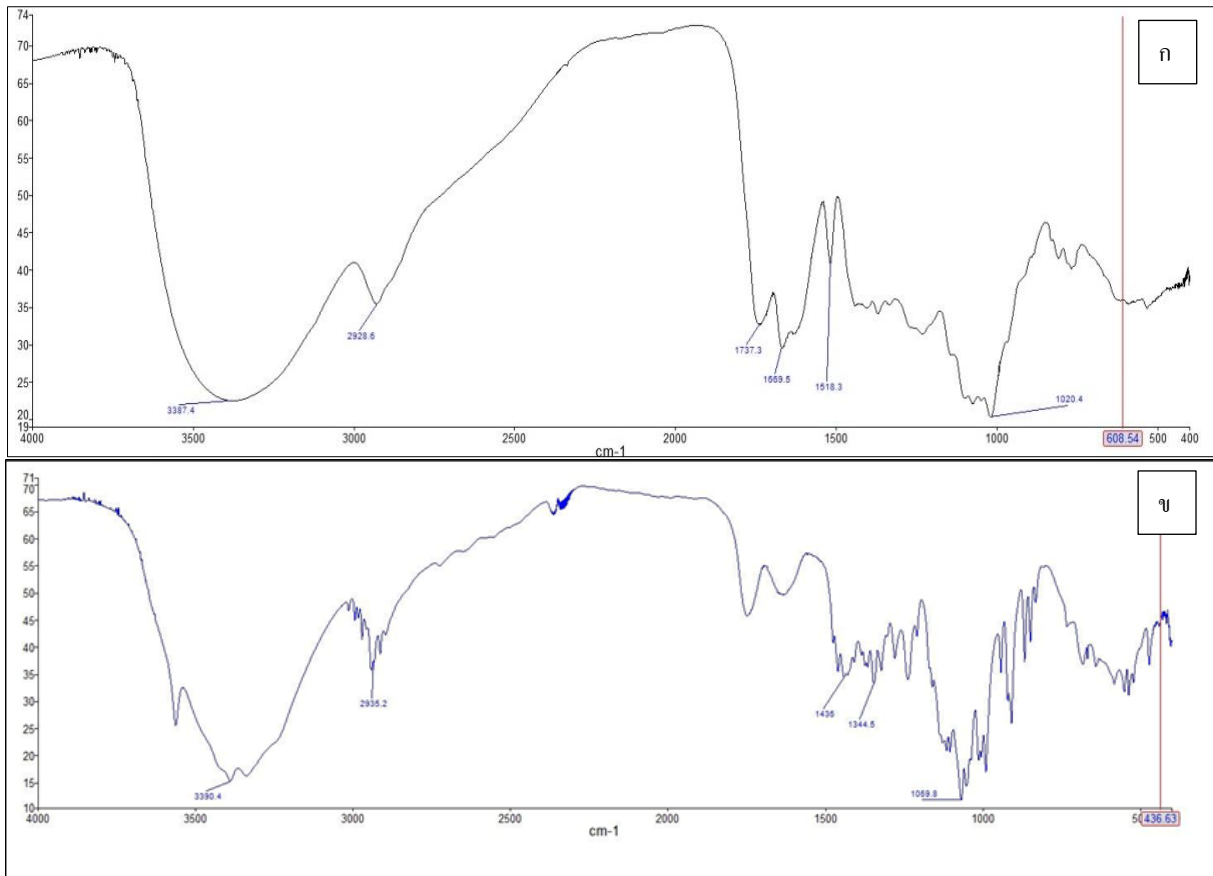
จากการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานด้วย โปรแกรม Minitab โดยจะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคติน คือ ค่า pH, เวลาในการสกัด และอุณหภูมิในการสกัด โดยคิดเป็นร้อยละผลผลิตพบค่าที่ได้ตั้งในตารางที่ 1 พบว่าร้อยละผลผลิตที่ได้จากการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานในตำรับที่ 13 ซึ่งมีสถานะค่า pH 2.0, เวลาในการสกัด 240 นาที และมีอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละผลผลิตสูงที่สุดคือเท่ากับ ร้อยละ 66.30 และในตำรับที่ 8 ซึ่งมีสถานะค่า pH เท่ากับ 3.0 เวลาเท่ากับ 240 นาที และมีอุณหภูมิเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละผลผลิตน้อยที่สุดคือเท่ากับ ร้อยละ 37.85 ซึ่งจัดว่าผิวเปลือกส้มเขียวหวานมีร้อยละผลผลิตค่อนข้างปานกลางเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น เช่น เปลือกเสาวรสพบร้อยละผลผลิตเท่ากับ 7.53 (Oliveira et al., 2016) หรือในเปลือกโคลี่ที่พบปริมาณเพคตินอยู่เกณฑ์สูงมีค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 71.50 (Christiaens et al., 2011)

2. สเปกตรัม FTIR ของเพคตินที่สกัดได้จากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

สเปกตรัมของหุ้ฟงักซ้ันในโครงสร้างของเพคตินที่ได้จากเทคนิค FTIR สามารถใช้วิเคราะห์และตรวจยืนยันเอกลักษณ์ของสารเพคตินที่สกัดได้จากผิวเปลือกส้มเขียวหวานได้ โดยอาศัยการปรากฏสเปกตรัมของหุ้ฟงักซ้ันที่สำคัญในโครงสร้างทางเคมีเปรียบเทียบกับสเปกตรัมที่ได้จากสารมาตรฐานเพคติน (Dranca และ Oroian, 2019) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะสเปกตรัมของเพคตินที่สกัดได้จากผิวเปลือกส้มเขียวหวานกับลักษณะของสเปกตรัมที่ได้จากสารมาตรฐานเพคติน พบว่ามีความคล้ายคลึงกันดังในภาพประกอบที่ 1

สำหรับสเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของสารเพคตินประกอบไปด้วย สเปกตรัมที่ $1050 - 1060 \text{ cm}^{-1}$ เป็นช่วงคลื่นของหมู่เอเทอร์และวงพันธะ C-C สเปกตรัมในช่วงคลื่น $1630 - 1650 \text{ cm}^{-1}$ และ $1740 - 1760 \text{ cm}^{-1}$ เป็นสเปกตรัมของหมู่เอสเธอร์และหมู่คาร์บอกซิลที่เกาะอยู่กับหมู่เอสเธอร์ ตามลำดับ สำหรับสเปกตรัมในช่วงคลื่น 2900 cm^{-1} เป็นการแสดงถึงหมู่เมทอกซี ($-\text{OCH}_3$) ที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของเพคตินได้มากขึ้นเมื่อสเปกตรัมมีความคมชัดสูง (Kyomugasho et al., 2015)

จากการยืนยันการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน ดังในภาพประกอบที่ 1 ด้วยเครื่อง Fourier Transforms Infrared Spectroscopy (FTIR) โดยใช้สภาวะที่ดีที่สุดคือ สภาวะที่ 13 ในการทดสอบมีเอกลักษณ์เพคติน ซึ่งใช้สารมาตรฐาน เพคตินเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานมี โครงสร้างของหมู่ฟังก์ชัน ประกอบด้วย หมู่ O-H อยู่ในช่วง $3,387$ หมู่ $-\text{OCH}_3$ อยู่ในช่วง $2,928$ หมู่ $\text{C}=\text{O}$ อยู่ในช่วง $1,737$ และ $1,669$ หมู่ $\text{C}-\text{O}$ อยู่ในช่วง $1,400-1,500$ และหมู่ Aromatic Hydrocarbon อยู่ในช่วง $600-800$ ครบทั้ง 5 กลุ่ม ดังนั้นจึงยืนยันได้ว่าสารที่สกัดได้จากผิวเปลือกส้มเขียวหวานตามสภาวะดังกล่าวเป็นสารเพคติน



ภาพประกอบที่ 1 สเปกตรัม FTIR หมู่ฟังก์ชันของเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน ก) สภาวะที่ 13 ข) สารมาตรฐานเพคติน

อภิปรายผล

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากผลการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำค่าร้อยละผลผลิตจากในตารางที่ 1 ลงในโปรแกรม Minitab® โดยเลือกสมการ second order polynomial ในการแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานมากที่สุด และยังสามารถได้สมการทางคณิตศาสตร์ในการทำนายผลร้อยละผลผลิตในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน แสดงดังในสมการที่ 2 ดังนี้

$$Y = -485.047 + 263.510X_1 + 4.47506X_2 + 0.188878X_3 - 25.9867X_1^2 + 0.00734815X_2^2 + 0.00137082X_3^2 - 1.66400X_1X_2 - 0.141905X_1X_3 - 0.00269841X_2X_3 \quad (2)$$

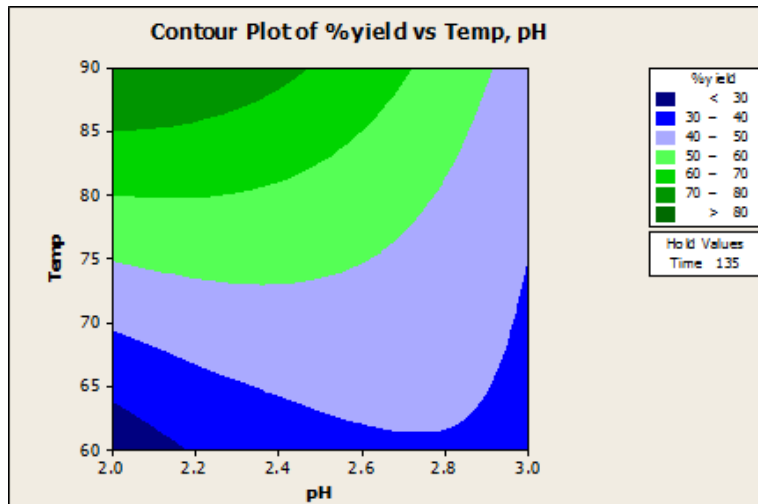
เมื่อ

Y แทนค่า ร้อยละผลผลิตการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

X_1 , X_2 และ X_3 แทนค่า pH, อุณหภูมิและเวลาในการสกัดเพคตินตามลำดับ

จากผลการวิจัยดังกล่าว พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละผลผลิตของการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน คือปัจจัยด้าน pH ของน้ำยาสกัด มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 263.510 และมีปัจจัยเสริมคือปัจจัยด้านอุณหภูมิในการสกัด มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 4.47506 โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ของค่า pH และอุณหภูมิในการสกัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการสกัดเพคตินในเปลือกมันเทศ (Hamidon et al., 2017) พบว่าปัจจัยด้าน pH มีผลมากที่สุดต่อร้อยละผลผลิตการสกัดของเพคตินในวัสดุที่มีเส้นใยและโมเลกุลน้ำตาลในปริมาณที่สูง โดยจากการอภิปรายผลพบว่าถ้าค่า pH ในน้ำยาสกัดมีความเข้มข้นมากขึ้น จะส่งผลทำให้ความสามารถในการสกัดเพคตินออกมาจากวัสดุที่มีปริมาณเส้นใยสูงได้ดีที่สุด เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสจะแยกออกจากกันได้ดีในสภาวะกรดและเพคตินที่ทำหน้าที่เชื่อมชิ้นเซลลูโลสในวัสดุก็จะสามารถหลุดออกมาได้มากขึ้น

จากภาพประกอบที่ 2 พบว่าเมื่อใช้ Surface contour line mode จากโปรแกรม MiniTab จะได้ผลการทำนายร้อยละผลผลิตของเพคตินที่สกัดจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน คือ เมื่อใช้เวลาในการสกัด 135 นาที และอุณหภูมิในการสกัดสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส ค่า pH น้อยกว่า 2.0 จะได้ร้อยละผลผลิตจากการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานที่สูงที่สุด คือ ประมาณมากกว่าร้อยละ 70-80 แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้สภาวะที่ยังไม่ครอบคลุมถึงสภาวะที่เหมาะสม ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งหน้าควรลดค่า pH ในการสกัดให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น



ภาพประกอบที่ 2 แสดงแผนภูมิ Surface Plot ของร้อยละผลผลิตในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวาน

สรุปผลการวิจัย

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานมีค่าร้อยละผลผลิตที่สูงที่สุดคือ ตำรับที่ 13 ซึ่งมีสภาวะค่า pH เท่ากับ 2.0 เวลาในการสกัด 240 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด 90 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับร้อยละ 66.30 และสภาวะที่ 8 เป็นสภาวะที่ได้ร้อยละผลผลิตในการสกัดเพคตินจากผิวเปลือกส้มเขียวหวานน้อยที่สุด โดยมีสภาวะที่ใช้ในการสกัด คือ pH 3.0 อุณหภูมิที่ใช้ 75 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ 240 นาที ได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 37.85 ดังนั้นการสกัดเพคตินในแต่ละวัสดุจะมีสภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่า pH และอุณหภูมิในการสกัด

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มเขียวหวานในครั้งต่อไป pH เริ่ม 2.0, 1.0 และ 0.5 ตามลำดับ
2. ควรศึกษาวิธีการผสมวัสดุอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพและร้อยละผลผลิตในการสกัดเพคตินให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เอราวิณ เบ้าทอง. (2561). แนวทางการใช้ประโยชน์เปลือกทุเรียนผสมเปลือกมะพร้าวในการสกัดเพกทิน. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 9(2), 200-210.
- Aishwariya, S. (2020). Textiles from orange peel waste. **Science & Technology Development Journal**. 23(2), 508-516.
- Christiaens, S. V., Buggenhout, K., Houben, I., Fraeye, A. M., Loey, V. and Hendrickx, M. E. (2011). Towards a better understanding of the pectin structure–function relationship in broccoli during processing. Part I–macroscopic and molecular analyses. **Food Research International**. 44, 1604–1612.
- Dranca, F. and Oroian, M. (2019). Optimization of Pectin Enzymatic Extraction from *Malus domestica* ‘Flticeni’ Apple Pomace with Celluclast 1.5L. **Molecules**. 24, 2157-2172.
- Elizabeth, D. W., Shukla, R. N., Bala, K. L. and Kumar, A. (2014). Extraction of Pectin from Citrus Fruit Peel and Its Utilization in Preparation of Jelly. **International Journal of Engineering Research & Technology**. 3(5), 1925-1932.
- Enkuahone, A. A., (2018). Extraction of Pectin from Orange Peels and Characterizing Its Physical and Chemical Properties. **American Journal of Applied Chemistry**. 6(2), 51-56.
- Hamidon, N. H., Norulfairuz, D. and Zaidel, A. (2017). Effect of Extraction Conditions on Pectin Yield Extracted from Sweet Potato Peels Residues using Hydrochloric Acid. **Chemical Engineering**. 56, 979-984.
- Kyomugasho, C., Christiaens, S., Shpigelman, A., Loey, A. M. V. and Hendrickx, M. E. (2015). FT-IR spectroscopy, a reliable method for routine analysis of the degree of methylesterification of pectin in different fruit-and vegetable-based matrices. **Food Chemistry**. 176, 82-90.
- Oliveira, C.F., Giordani, D., Lutckemier, R., Gurak, P.D., and Marczak, L.D.F. (2016). Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. **Food Science and Technology**. 71, 110-115.
- Wai, W. W., Alkarkhi, A. F. M. and Easa, A. M. (2010). Effect of extraction conditions on yield and degree of esterification of durian rind Pectin: An experimental design. **Food and Bioproduct Process**. 88, 209-214.