

การเตรียมและการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของพอลิเมอร์ชีวภาพด้วยเทคนิค คอมเพล็กซ์โคอเซอร์เวชัน

Preparation and Characterization of Biopolymer by Complex Coacervation Technique

อภิญญา รักษา

Apinya Raksa

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ สาขาเคมีประยุกต์

lemongrassoil@hotmail.com โทร 0894343923

บทคัดย่อ

การบรรจุสารสกัดหยาบจากต้นสาเกในพอลิเมอร์ชีวภาพด้วยวิธีคอมเพล็กซ์โคอเซอร์เวชัน การเตรียมพอลิเมอร์ชีวภาพระหว่างกัมอาราบิกกับเจลาติน การเตรียมตัวแปรมีดังนี้ ความเข้มข้นของกัมอาราบิกและเจลาติน 1% และ 3% โดยใช้อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 และสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกปริมาณ 5 มิลลิลิตร 10 มิลลิลิตร และ 15 มิลลิลิตร ผลการทดลองของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกที่ความเข้มข้น 1% อัตราส่วน 1:1 และปริมาณของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก 15 มิลลิลิตร พบว่าเป็นสภาวะที่ดีที่สุด ลักษณะสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะกลมกระจายอยู่ทั่วไป มีขนาด 83 ไมโครเมตร การตรวจสอบลักษณะของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกยืนยันด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่ามีสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกในไมโครแคปซูลที่เตรียมไว้ จากข้อมูลเทอร์โมแกรมของเทอร์โมกราวิเมตริก อะนาไลซิส พบว่าไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมีการสลายตัวทางความร้อนได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ไมโครแคปซูล คอมเพล็กซ์โคอเซอร์เวชัน

Abstract

The crude extract of *Artocarpus altilis* was encapsulated in biopolymer by complex coacervation method. The biopolymer was prepared from gum Arabic and gelatin. Experimental materials were concentrations of gum arabic and gelatin at 1% and 3% with the ratio (v/v) of 1:1, 1:2, 1:3 and *Artocarpus altilis* crude extract at the volume of 5 ml, 10 ml and 15 ml, respectively. The results of *Artocarpus altilis* crude extract microcapsules at the concentration of 1%, ratio (v/v) 1:1 and *Artocarpus altilis* extract at 15 ml were the best condition. Morphology of *Artocarpus altilis* crude extract microcapsules showed spherical distributed size of 83 μm . Characterization of microcapsules by FTIR spectral data indicated the presence of *Artocarpus altilis* crude extract in the prepared microcapsules. TGA Thermogram data showed *Artocarpus altilis* extract microcapsules had thermal decomposition better than *Artocarpus altilis* crude extract only.

Keywords : *Artocarpus altilis* crude extract, microcapsules, complex coacervation

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันนี้กระแสของการดูแลสุขภาพได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งการดูแลสุขภาพของตนเองก็เป็นส่วนหนึ่งของการดูแลสุขภาพเช่นเดียวกัน เพราะในปัจจุบันนี้ในการดำรงชีวิตประจำวันจะต้องเจอกับมลภาวะต่างๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ฝุ่น ควัน แสงแดด เป็นต้น ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้สุขภาพผิวเสื่อมสภาพก็คือแสงแดด เพราะในแสงแดดประกอบไปด้วยรังสีต่างๆ เช่น รังสี UV-A UV-B และรังสีวีลบีเอล ฯลฯ โดยรังสีที่มีอยู่ในแสงแดดจะก่อให้เกิดความผิดปกติของผิวหนัง เช่น ผิวไหม้เกรียม ริ้วรอย แก่ก่อนวัย และมะเร็งผิวหนัง (Anitha, 2012) ดังนั้นจึงมีการคิดค้นสารต้านอนุมูลอิสระจากแสงแดดต่างๆ ขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นสารเคมีหรือผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันนี้ผู้ผู้บริโภคมีความสนใจในการใช้สารสกัดที่ได้จากธรรมชาติเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความปลอดภัยและมีผลข้างเคียงต่ำ โดยกลุ่มของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี วิตามินซี ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก แอซิด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี (จักรพันธ์, 2011) ซึ่งในปัจจุบันมีการนำสารสกัดของพืชสมุนไพรหลายชนิดมาผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น มะหาด ขะเอมเทศ ลำไย มะขามป้อม เป็นต้น สมุนไพรเหล่านี้มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ซึ่งทำให้การสร้างเมลานินในผิวหนังลดลงและผิวพรรณขาวสดใสขึ้น สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งเมลานินนั้นมีหลากหลายชนิด แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารสกัดจากเนื้อไม้สาเกเพื่อมาทำเป็นไมโครแคปซูลเนื่องจากยังไม่มีการวิจัยเกี่ยวกับพืชชนิดนี้ โดยได้มีการนำสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมาทำให้อยู่ในรูปของอนุภาคเล็กๆ คือ ไมโครแคปซูลนั่นเอง

ต้นสาเกหรือขนุนสำปะลอส มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus altilis* โดยมีชื่ออื่นๆ เช่น Breadfruit (อังกฤษ) kada-chakkai (มาลายาลัม) อูลู (ฮาวาย) สุกุน (อินโดนีเซีย) โคล (ตากาล็อก) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Moraceae เป็นไม้ผลพื้นเมืองของหมู่เกาะในมหาสมุทรอินเดียตะวันออก และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก ต่อมาจึงแพร่หลายไปยังหมู่เกาะอินดีสตะวันตก และปลูกแพร่หลายทั่วไปในภูมิภาคเขตร้อน เป็นต้นไม้ยืนต้น สูง 15-20 เมตร ไม้สาเกยังมีสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในหลอดทดลอง ประกอบด้วย Artocapin, Artonin E, Morusin, Artoindonesianin B, Chaplashin, Cycloartocarpin, Artonol B, Artoindonesianin F และ Cycloartobiloxanthone (สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, 2005) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการสังเคราะห์ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคออร์เวชัน โดยศึกษาจากงานวิจัยดังต่อไปนี้ Enor (2009) ได้ทำประเมินคุณสมบัติต้านมะเร็งของไดเอทิลอีเทอร์ จากสารสกัดเนื้อไม้สาเก ซึ่งวัดโดยใช้เทคนิค Microculture Tetrazolium Technique (MTT) Thichanee and Sireerat (2010) ได้ทำการเตรียมไมโครแคปซูลที่บรรจุน้ำมันฆ่าสกัด ทำได้โดยวิธีการหยดผ่านเข็ม (Orifice Method) ระหว่างโซเดียมอัลจินเตและแคลเซียมคลอไรด์ Xiao Jun-xia (2011) ได้ทำการศึกษาวิธีโคออร์เวชันระหว่างโปรตีนถั่วเหลืองไฮโดรไลส (SPI) กับ กัมอาราบิก (GA) สำหรับการทำไมโครแคปซูลของน้ำมันจากเปลือกส้ม โดยทำการศึกษาค่าพีเอช, ความแข็งแรงของไอออน Huang Guo-Qing (2012) ได้ทำการสร้างเม็ดแคปซูลระหว่างการสกัดโปรตีนจากเมล็ดถั่วเหลือง (SPI) และโคโตซาน ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ความขุ่นและผลการคำนวณของการเกิดเป็นแคปซูลซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าพีเอช, อุณหภูมิ, เวลา, ความแข็งแรงของไอออน, ความเข้มข้นทั้งหมดของไปโอพอลิเมอร์ (TBconc) และอัตราส่วนโปรตีนต่อสารพอลิแซคคาไรด์

2. วิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลโดยใช้เจลาติน (Gelatin) และ กัมอาราบิก (Gum arabic) ซึ่งเป็นส่วนของผนัง ส่วนสารสำคัญคือสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก (Wood of *Artocarpus altilis*) โดยใช้ 50% กรดอะซิติก (Acetic acid) และ 20% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ปรับพีเอช และ 25% กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) เป็นสารเชื่อมโยงโมเลกุลของพอลิเมอร์

เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Flurier Transform Infrared Spectro photometer (FT-IR) Version 6.1.0 Copyright 2006 ยี่ห้อ Perkin Elmer, Inc.) ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีของสารที่ความยาวคลื่น $400-650\text{ cm}^{-1}$ เครื่องเทอร์โมกราวิเมตริก อนุาไลซิส (Thermogravimatic analysis (TGA) ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น STA 6000) วิเคราะห์ความเสถียรของวัสดุโดยเฉพาะพอลิเมอร์เมื่อได้รับความร้อนโดยการวัดน้ำหนักของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิ กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ (Inverted microscope) ยี่ห้อ Nikon รุ่น Eslipse TE2000-s เครื่องมือที่ใช้ในการดูวัตถุที่มีขนาดเล็กเกินกว่ามองเห็นด้วยตาเปล่าโดยใช้กำลังขยาย 400 เท่า

การสังเคราะห์ไมโครแคปซูลของสารสกัดหยาบสาเกโดยวิธีคอมเพล็กซ์โคอเซอร์เวชัน

เตรียมเจลาติน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และกัมอาราบิก 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร เตรียมพาราฟิน 1 กรัม ลงในสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก 15 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกที่เตรียมไว้มาหยดลงในสารละลายกัมอาราบิกที่ปั่นกวนด้วยเครื่องกวนและให้ความร้อน แล้วปรับค่าพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 6.5 ด้วย 20% โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยปั่นกวนเป็นเวลา 30 นาที จนสารละลายผสมเกิดเป็นสารละลายอิมัลชัน นำสารละลายผสมกัมอาราบิกและสารสกัดหยาบสาเกที่ได้มาหยดโดยใช้เข็มฉีดยาลงในสารละลายเจลาตินที่ปั่นกวนด้วยเครื่องกวนและให้ความร้อน แล้วปรับค่าพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.5 ด้วย 50% กรดอะซิติก แล้วปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 8 องศาเซลเซียส ทำการปั่นกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม 25% กลูตารัลดีไฮด์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในสารละลายผสมของกัมอาราบิกและเจลาติน โดยปั่นกวนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยขี้มัสสุญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วนำไมโครแคปซูลที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก และเก็บไว้ในถุงซิปล็อค

การศึกษาลักษณะของไมโครแคปซูลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ

การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่างและขนาดของไมโครแคปซูลโดยทำการบดไมโครแคปซูลที่ทำการสังเคราะห์ให้เป็นผงละเอียด ชั่งไมโครแคปซูล 0.5 กรัม จากนั้นเติมเอทานอลจำนวน 10 มิลลิลิตร หยดสารละลายที่เตรียมไว้ลงบนแผ่นสไลด์ แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ

การวิเคราะห์ไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

นำตัวอย่างไมโครแคปซูลมาบดให้เป็นผงละเอียด แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ลงในภาชนะที่ใช้ทำการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันนอลที่สำคัญของไมโครแคปซูลที่ทำการสังเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ตั้งแต่เลขคลื่นที่ $4000-650\text{ cm}^{-1}$

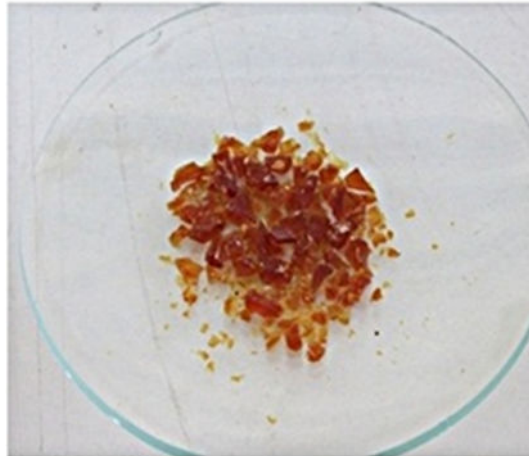
การศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของไมโครแคปซูลโดยใช้เทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริก อนุาไลซิส

บดไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ให้เป็นผงละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก 0.3 มิลลิกรัม แล้วเทลงใส่ในพาน ทำการวิเคราะห์โดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 50-950 องศาเซลเซียส แล้วทำการวิเคราะห์และบันทึกเทอร์โมแกรมของไมโครแคปซูล

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

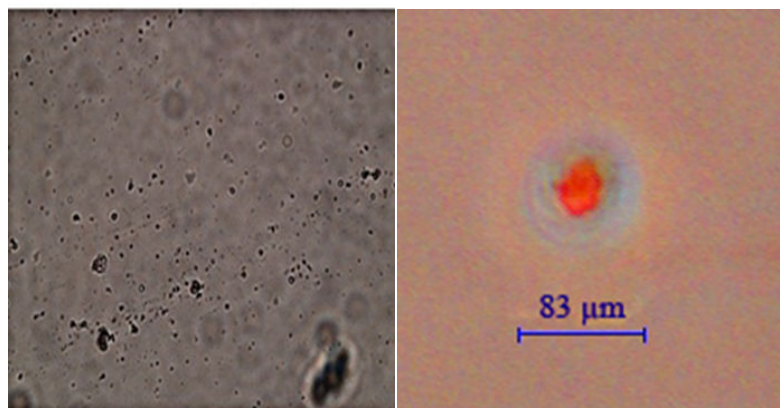
การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูล

ลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูลที่ได้จากการสังเคราะห์ระหว่างกัมอาราบิกและเจลาติน ที่มีสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกเป็นสารสำคัญอยู่ในพบว่าลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาล มีความหนืดเล็กน้อย โดยมีผลผลิตเท่ากับร้อยละ 97 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูลที่ได้จากการสังเคราะห์

การศึกษาลักษณะไมโครแคปซูลด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับในภาพที่ 2 (a) จะพบลักษณะรูปร่างของไมโครแคปซูลมีลักษณะเป็นวงกลมเล็กๆ ลักษณะของผนังไมโครแคปซูลโปร่งแสง สามารถสังเกตเห็นสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกที่มีสีเข้มชัดเจน ซึ่งไมโครแคปซูลที่ได้เกิดการคอมเพล็กซ์ได้สมบูรณ์ จึงทำให้ไมโครแคปซูลที่ได้มีขนาดเล็กมากและมีปริมาณของไมโครแคปซูลกระจายอยู่มาก และในภาพ 2 (b) ขนาดของไมโครแคปซูลมีลักษณะกลมมองเห็นผนังและสารสกัดหยาบจากต้นสาเกอยู่ภายใน (core) อย่างชัดเจน และขนาดของไมโครแคปซูลคือ 83 ไมโครเมตร

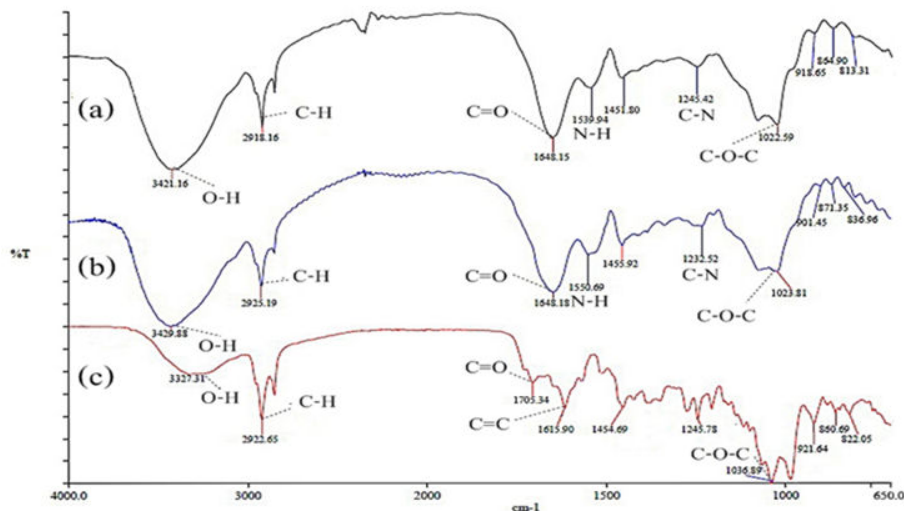


ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ (a) ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบสาเก และ (b) ไมโครแคปซูลเปล่า

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ไมโครแคปซูลเปล่า และไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก

ภาพที่ 3 จะแสดงเส้นสเปกตรัม a ซึ่งเป็นของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบสาเก จะปรากฏพีคการสั่นแบบยืดของ O-H ที่ 3421.16 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C=O ที่ 1648.15 cm^{-1} พีคการสั่นแบบงอของ N-H ที่ 1539.94 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C-N ที่ 1245.42 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C-O-C ที่ 1022.59 cm^{-1} เส้นสเปกตรัม b ซึ่งเป็นของไมโครแคปซูลเปล่า จะปรากฏพีคการสั่นแบบยืดของ O-H ที่ 3429.88 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C=O ที่ 1648.18 cm^{-1} พีคการสั่นแบบงอของ N-H ที่ 1550.69 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C-N ที่ 1232.52 cm^{-1}

พีคการสั่นแบบยืดของ C-O-C ที่ 1023.81 cm^{-1} และเส้นสเปกตรัม c ซึ่งเป็นของสารสกัดหยาบจากใบ จะปรากฏพีคการสั่นแบบยืดของ O-H ที่ 3327.31 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C=O ที่ 1705.34 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C=C ที่ 1615.90 cm^{-1} พีคการสั่นแบบยืดของ C-O-C ที่ 1036.89 cm^{-1}



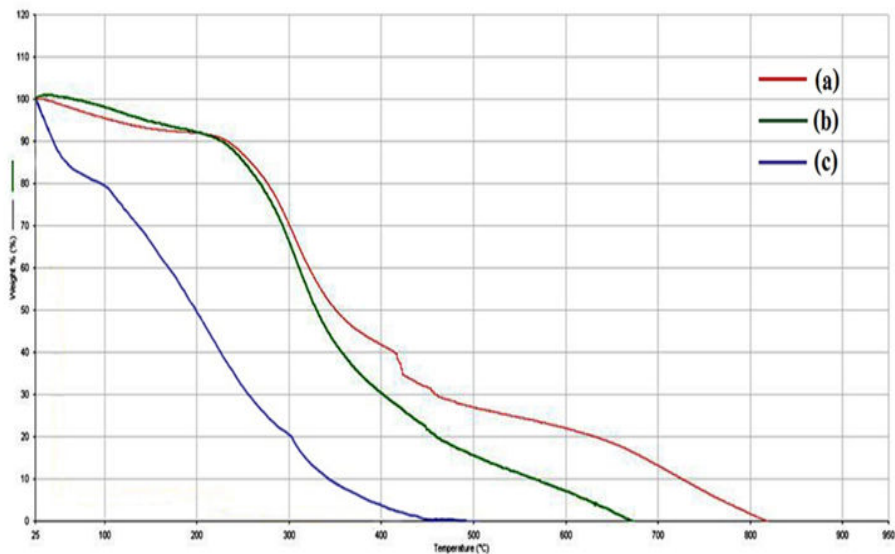
ภาพที่ 3 เส้นสเปกตรัม (a) ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก (b) ไมโครแคปซูลเปล้า (c) สารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก

จากการศึกษาสเปกตรัม FT-IR ของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ไมโครแคปซูลเปล้า และสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก จะเห็นได้ว่าพีคของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกจะปรากฏพีคของ C=C ที่มีความเข้ม (intensity) สูง แต่จะไม่ปรากฏพีคดังกล่าวในสเปกตรัมของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก เนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกที่ถูกห่อหุ้มด้วยกัมอาราบิกและเจลาตินซึ่งเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ อาจจะทำให้เกิดการบดบังของพีค C=C ที่ได้มีความเข้มต่ำ และจากสเปกตรัมจะพบว่ามีบางตำแหน่งหายไป คือ C=O ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก เนื่องจากเกิดการบดบังของ C=O จากเจลาตินซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ โดยเจลาตินที่มีประจุบวกและกัมอาราบิกที่มีประจุลบจะเกิดการมีวนตัวกันด้วยแรงทางไฟฟ้า จึงส่งผลทำให้เกิดการคอมเพล็กซ์ของสารทั้งสองชนิด โดยมีสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกอยู่ภายใน ซึ่งสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกอาจเกิดการแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้าง จึงทำให้พีค C=C และ C=O เกิดการบดบังหรือซ้อนทับกัน โดยจะเห็นได้ว่าไม่พบการดูดกลืนที่ตำแหน่งของ C=C และ C=O ซึ่งเป็นตำแหน่งเฉพาะของ Prenylated flavonoids อาจเนื่องมาจากไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมีปริมาณสารดังกล่าว น้อยมาก เมื่อนำไปตรวจวัดด้วย FT-IR จึงไม่สามารถตรวจพบสเปกตรัมของสารดังกล่าวได้

การศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของไมโครแคปซูลเปล้า ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก และสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริก อนุไลซิส

เทอร์โมแกรมไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก, ไมโครแคปซูลเปล้าและสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ดังภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่า จากเทอร์โมแกรม (a) ของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกพบว่า จะมีการสลายตัวด้วยความร้อน 3 ช่วง โดยช่วงแรกจะเป็นการระเหยของความชื้นที่อุณหภูมิ 25 – 205 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 2 สลายตัวที่อุณหภูมิ 205 – 427 องศาเซลเซียส และช่วงที่ 3 สลายตัวที่อุณหภูมิ 427 – 815 องศาเซลเซียส (b) ของไมโครแคปซูลเปล้าพบว่า มีการระเหยของความชื้นที่อุณหภูมิ 80 – 200 องศาเซลเซียส และเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 250 – 750

องศาเซลเซียส (c) ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกพบว่า จะมีการสลายตัวด้วยความร้อน 3 ช่วง โดยช่วงแรกจะเป็นการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 25 – 100 องศาเซลเซียส ช่วงที่ 2 สลายตัวที่อุณหภูมิ 105 – 305 องศาเซลเซียส และเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิ 305 – 445 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 แสดงเส้นเทอร์โมแกรมของไมโครแคปซูล (a) ไมโครแคปซูลเปล่า (b) ไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก (c) สารสกัดหยาบสาเก

จากข้อมูลจากเทอร์โมแกรม (a) ของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก พบว่ามีความเสถียรทางความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมแกรม (c) เนื่องจากการสังเคราะห์ไมโครแคปซูลสำหรับการบรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกจะทำให้การสลายตัวของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกในไมโครแคปซูลมีเสถียรภาพทางความร้อนเพิ่มมากขึ้น จากเทอร์โมแกรม (b) ของไมโครแคปซูลเปล่า ซึ่งทำการสังเคราะห์โดยใช้กัมอาราบิกและเจลาตินพบว่าไมโครแคปซูลเปล่าที่ได้ มีเสถียรภาพทางความร้อนสูง เนื่องจากเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูง จึงเหมาะสมที่จะนำมาห่อหุ้มสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกด้วยเทคนิคเอนแคปซูเลชัน โดยใช้เทคนิคคอมเพล็กซ์โคเฮเซชัน จากเทอร์โมแกรม (c) ของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก พบว่ามีความเสถียรภาพทางความร้อนต่ำ เนื่องจากเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งผลการทดลองนี้พบว่าไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก จะมีสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกอยู่ในไมโครแคปซูลจริงเนื่องจากไมโครแคปซูลจะมีช่วงการสลายตัวด้วยความร้อนที่ใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก

4. สรุป

จากผลการทดลองพบว่าการสังเคราะห์ไมโครแคปซูลด้วยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเฮเซชันระหว่างเจลาตินกับกัมอาราบิก ซึ่งบรรจุสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกพบว่ามีลักษณะทางกายภาพ เป็นของแข็งสีน้ำตาล มีความหนืดเล็กน้อย โดยมีผลผลิตเท่ากับร้อยละ 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพที่ดีเนื่องจากมีผลผลิตร้อยละสูงสุด แสดงให้เห็นได้ว่าไมโครแคปซูลเกิดการคอมเพล็กซ์กันได้สมบูรณ์ เมื่อทำการศึกษาลักษณะรูปร่างของไมโครแคปซูล โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับที่กำลังขยาย 400 เท่า จะพบว่า ไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้จะมีลักษณะเป็นวงกลมขนาดเล็ก กระจายตัวอยู่ทั่ว สามารถสังเกตเห็นผนังที่ห่อหุ้มและสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก ที่บรรจุอยู่ในไมโครแคปซูลได้อย่างชัดเจน แสดงว่าเกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างเจลาตินและกัมอาราบิกได้อย่างสมบูรณ์ โดยไมโครแคปซูลที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 83 ไมโครเมตร

การศึกษาโครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ของไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบเนื้อไม้สาเกและทำการเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกและไมโครแคปซูลเปล่า จะไม่พบการดูดกลืนที่ตำแหน่งของ $C=C$ และ $C=O$ ซึ่งเป็นตำแหน่งเฉพาะของ Prenylated flavonoids อาจเนื่องมาจากไมโครแคปซูลที่บรรจุสารสกัดหยาบสาเกมีปริมาณสารดังกล่าวน้อยมาก เมื่อนำไปตรวจวัดด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรโฟโตมิเตอร์จึงไม่สามารถตรวจพบสเปกตรัมของสารดังกล่าวได้ แต่ยังสามารถยืนยันได้ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกอะนาไลซิส

จากการศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของไมโครแคปซูลของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก สารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเก และไมโครแคปซูลเปล่า พบว่า เมื่อนำสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมาทำการวัดเสถียรภาพทางความร้อน จะเห็นได้ว่า สารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมีเสถียรภาพทางความร้อนต่ำมาก เมื่อนำสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมาทำการเอนแคปซูลเลชัน โดยเทคนิคคอมเพล็กซ์โคเอเซอร์เวชัน จะทำให้เสถียรภาพทางความร้อนของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกถูกปกป้องด้วยสารเคลือบที่เกิดจากการเชื่อมโยงของกัมอาราบิกและเจลาติน สำหรับไมโครแคปซูลเปล่าและไมโครแคปซูลของสารสกัดหยาบจากเนื้อไม้สาเกจะมีเสถียรภาพทางความร้อนใกล้เคียงกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

6. เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ เนรังษี. 2011. Glabribin ทำให้ผิวขาวได้อย่างไร. R&D NEWSLETTER. 19(1) : 513-6583. Enor Tangke Arung. 2009. "Anti-Cancer Properties of Diethylether Extract of Wood from Sukun (*Artocarpus altilis*) in Human Breast Cancer (T47D) Cell." Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 8(4) : 317-324.
- สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2005. สารสกัดจากเนื้อไม้สาเก (*Artocarpus incisus* Linn. F.). [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.medplant.mahidol.ac.th/active/shownews.asp?id=5>. (23 สิงหาคม 2556).
- Enor, T. A. 2009. Anti-Cancer Properties of Diethylether Extract of Wood from Sukun (*Artocarpus altilis*) in Human Breast Cancer (T47D) Cell. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 8(4) : 317-324.
- Huang Guo-Qing. 2012. Complex coacervation of soybean protein isolate and chitosan. Food Chemistry. 135(2) : 534-539.
- Anitha, T. 2012. MEDICINAL PLANTS USED IN SKIN PROTECTION. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 5(3) : 0974-2441
- Thichanee Jiamrungraksa and Sireerat Charuchinda. 2010. Preparation and Characteristics of G-Alangal Essential Oil/Alginate Microcapsules. Journal of Metals, Materials and Minerals. 20(2) : 89-92.
- Xiao Jun-xia. 2011. Microencapsulation of sweet orange oil by complex coacervation with soybean protein isolate/gum Arabic. Food Chemistry. 125 : 1267-1272.