บทความวิจัย

การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสี

ศุภชัย กองสุข[1] ฐาปนีรัตน์ นาสารี[1] สุดารัตน์ โคตรสา[1] น้ำฝน รุ่งโรจน์[2] สนธิ พลชัยยา[3] และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา[1,2*]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2]หลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**E-mail: karntarat.w@ubu.ac.th*

รับบทความ: 8 ธันวาคม 2562 บทความแก้ไข: 24 ธันวาคม 2562 ยอมรับตีพิมพ์: 9 มกราคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต อุณหภูมิ เวลาและชนิดของสารละลายแคลเซียมและโซเดียมไอออน ในการสังเคราะห์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสีจากสารละลายโซเดียมอัลจิเนตทำปฏิกิริยาเชื่อมขวางกับแคลเซียมไอออน ทั้งยังพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคลเซียมอัลจิเนต โดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ ผลการวิจัยพบว่าน้ำดื่มเป็นตัวทำละลายที่ดีเช่นเดียวกับน้ำประปา และน้ำ DI โดยสังเคราะห์แคลเซียมอัลจิเนตได้ความยาว 220 เซนติเมตร ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมคลอไรด์ที่สามารถเกิดเจลได้คือ 0.4 %(w/v) และ 5.0 %(w/v) ตามลำดับ โซเดียมอัลจิเนตสามารถละลายได้ดีในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมงจะเกิดเป็นสารละลายที่หนืดเป็นเนื้อเดียวกัน แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตสามารถใช้แทนแคลเซียมคลอไรด์ได้ จากการวิเคราะห์สเปกตราห์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปีของสารแคลเซียมอัลจิเนตจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำให้แห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งพบว่ามีพีคที่ไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถทำให้เกิดเจลแคลเซียมอัลจิเนตได้เช่นเดียวกับแคลเซียมคลอไรด์

คำสำคัญ: แคลเซียมอัลจิเนต โซเดียมอัลจิเนต เจลแบบเส้น

อ้างอิงบทความนี้

ศุภชัย กองสุข ฐาปนีรัตน์ นาสารี สุดารัตน์ โคตรสา น้ำฝน รุ่งโรจน์ สนธิ พลชัยยา และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2563). การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสี. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 3(1), 1-7.

Research Article

Synthesis and characterization of coloured calcium alginate noodles

Supachai Kongsook[1], Thapanirat Nasaree[1], Sudarat Khotsa[1], Namfon Rungrot[2], Sonthi Phonchaiya[3] and Karntarat Wuttisela[1,2]*

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[2]Graduate Programs in Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[3]The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology

** E-mail: karntarat.w@ubu.ac.th*

Received <8 December 2019>; Revised <24 December 2019>; Accepted <9 January 2020>

Abstract

The aims of this research were to study types of solvents, concentration of sodium alginate (SA), temperature, time, and types of calcium as well as sodium ions. Coloured calcium alginate (CA) noodles were synthesized from sodium alginate (SA) solution by cross-linking reaction with calcium ions. CA was characterized by using Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR). Results revealed that drinking water , tap water and DI water were good solvents that could produce CA noodles with 220 centimeters. The optimal SA and calcium chloride concentration was 0.4 %(w/v) and 5.0 %(w/v), respectively. SA was highly soluble in cold water with temperature about 6 ^{O}C and produced a smooth viscous solution after 8 hours. $Ca(OH)_2$, and $CaSO_4.1/2H_2O$ solution could also be used instead of $CaCl_2$. FTIR spectra of freeze dried gel worms of CA obtained from $CaCl_2$, $Ca(OH)_2$, and $(CaSO_4)_2.H_2O$ showed similar peaks. This indicated that $Ca(OH)_2$ and $CaSO_4.1/2H_2O$ can be used to form CA gel as an alternative to $CaCl_2$.

Keywords: calcium alginate, sodium alginate, gel noodles.

Cite this article:

Kongsook, S., Nasaree, T., Khotsa, S., Rungrot, N., Phonchaiya, S. and Wuttisela, K. (2020). Synthesis and characterization of coloured calcium alginate noodles (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(1), 1-7.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

โรคอ้วน เป็นโรคที่ทั่วโลกให้ความสำคัญเพราะโรคนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคกระดูก เป็นต้น การลดความอ้วนตามหลัก 3 อ ได้แก่ อาหาร อารมณ์และออกกำลังกาย จะทำให้น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ปกติได้ (Saetew and Waichompu, 2017) ดังนั้นอาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญ ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นไม่ว่าจะเป็นเส้นบะหมี่สดหรือเส้นบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ส่วนประกอบหลักเป็นแป้ง วุ้นเส้นจากถั่วเขียวปริมาณ 140 กรัม จะให้พลังงาน 472 กิโลแคลอรี แต่มีใยอาหารเพียง 0.24 กรัม แต่เส้นแก้วที่ทำจากสาหร่ายทะเลส่วนใหญ่ในเส้นแก้วจะเป็นน้ำ และในเส้นแก้วปริมาณ 140 กรัม จะให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี ใยอาหาร 4 กรัม พร้อมด้วยโซเดียมกับแคลเซียม เหมาะสำหรับคนที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยเบาหวานที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Oonsivilai, 2010) ดังนั้นแคลเซียมอัลจิเนตจึงถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Food) และการลดอาหารประเภทแป้งสามารถควบคุมน้ำหนักได้ (Yeereem and Navicharern, 2016) การรับประทานสาหร่ายทะเลมีส่วนช่วยในการควบคุมและลดน้ำหนักได้ เนื่องจากสารสกัดโซเดียมอัลจิเนตในสาหร่ายมีคุณสมบัติลดความสามารถของร่างกายในการดูดซึมไขมันได้ถึง 75% (Houghton et al., 2019)

อัลจิเนตเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) จากธรรมชาติที่มีส่วนประกอบ คือ กรดกูลูโรนิค (guluronic acid) และกรดแมนนูโรนิค (mannuronic acid) พบได้มากในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) (Yang et al., 2011) อัลจิเนตละลายในน้ำที่มีสภาวะเป็นกลาง และสามารถก่อเจลได้อย่างรวดเร็วกับสารที่มีประจุสองบวกเช่น Ca^{2+}, Ba^{2+} และ Zn^{2+} ในสภาวะความเป็นกรด-ด่างที่มีค่ามากกว่า 6 (Xing et al., 2003) ได้เป็นแคลเซียมอัลจิเนต (Calcium alginate) โดยการเชื่อมโยงแบบนี้เป็นการเชื่อมโยงทางกายภาพ (Physical crosslinking) ด้วยพันธะไอออนิก ซึ่งเมื่อเกิดการเชื่อมโยง โครงสร้างของพอลิเมอร์ก็จะเปลี่ยนจากเป็นเส้นตรงกลายเป็นตาข่ายสามมิติ เกิดเป็นเม็ดเจลที่มีน้ำอยู่ภายใน (Yang et al., 2011) แคลเซียมอัลจิเนตส่วนใหญ่มีประโยชน์ทั้งทางด้านอาหาร (Kaur et al., 2018; Deng et al., 2019; Kamprawet and Vatthanakul, 2018; Dholvitayakhun and Pumpho, 2018) อย่างไรก็ตามมีนักวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ด้วย (Daemi and Barikani, 2012; Pezeshkpour et al., 2018; Shamekhi et al., 2018; Kato et al., 2018)

งานวิจัยที่นำแคลเซียมอัลจิเนตมาใช้ในด้านอาหาร โดยมีการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสและทับทิมกรอบทรงกลมด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน (reverse spherification) การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสทำได้โดยหยดสารละลายน้ำเสาวรสที่ผสมแคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) โดยใช้หลอดฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิลิตร หยดลงในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแช่แคลเซียมแลคเตทคือความเข้มข้น 1 (%w/v) เวลา 10 นาทีเม็ดบีดส์ที่ผ่านการแช่แคลเซียมแลคเตทเป็นเวลานานขึ้น จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง ($p < 0.05$) โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 6.70-6.87 มิลลิเมตร การใช้สารละลายอัลจิเนตที่ยังไม่เคยผ่านการแช่มาก่อนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสทำให้เม็ดบีดส์มีลักษณะทางกายภาพดีที่สุด (Kamprawet and Vatthanakul, 2018) สำหรับการผลิตทับทิมกรอบทรงกลม เตรียมโดยผสมทับทิมกรอบกับแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 0.77 จากนั้นหยดลงในสารละลายโซเดียมอัลจิเนตโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.05 (Dholvitayakhun and Pumpho, 2018) ในด้านการแพทย์มีการผสมแคลเซียมอัลจิเนต 5% และ 8% ในเส้นบะหมี่อุด้ง ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด (Kato et al., 2018) ในปัจจุบันแคลเซียมอัลจิเนตแบบเส้นจัดว่าเป็นนวัตกรรมการทำอาหารโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และอาศัยวิธีการศึกษาองค์ประกอบของเครื่องปรุงอย่างวิทยาศาสตร์ศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เครื่องปรุงเปลี่ยนรสหรือเปลี่ยนสี เพื่อให้เกิดการสร้างสรรค์ที่ได้ทั้งรูปทรงใหม่ๆ และรสชาติที่แตกต่างจากของเดิมหรือที่เรียกว่า Modernist Cuisine แคลเซียมอัลจิเนตแบบเส้น ยังได้รับความนิยมเป็นอาหารในกลุ่มผู้รักสุขภาพที่พยายามลดการรับประทานแป้ง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยที่สังเคราะห์แคลเซียมอัลจิเนตแบบเส้นจากสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแคลเซียมไอออนที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก สามารถนำมาผสมกับอาหารเพื่อรับประทานได้และมีแคลเซียมไอออน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เป็นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสี ได้แก่

1. เพื่อศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่สามารถละลายโซเดียมอัลจิเนต
2. ศึกษาความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตที่สามารถสังเคราะห์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสีได้
3. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการละลายโซเดียมอัลจิเนต

4. ศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและโซเดียมไอออน
5. พิสูจน์เอกลักษณ์ของแคลเซียมอัลจิเนต โดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ชนิดตัวทำละลายโซเดียมอัลจิเนต

ชั่งโซเดียมอัลจิเนตใส่ในบีกเกอร์ 3 ใบ ๆ ละ 2.0 กรัม บีกเกอร์ที่ 1 2 และ 3 เติมน้ำ DI น้ำประปา และน้ำดื่ม ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วกวนจนสารละลายเข้ากันและเติมสีผสมอาหารลงไปขณะที่กวนสารอยู่เพื่อให้สารผสมกันได้ดี จากนั้นเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยชั่งแคลเซียมคลอไรด์ใส่ในบีกเกอร์ 3 ใบ ๆ ละ 12.5 กรัม แล้วเติม DI น้ำประปา และน้ำดื่ม ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วกวนจนสารแคลเซียมคลอไรด์จนละลายหมด แล้วฉีดสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร

2. ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตที่สามารถสังเคราะห์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสี

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาตัวทำละลายโซเดียมอัลจิเนต แต่ชั่งโซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %(w/v)

3. อุณหภูมิและเวลาในการละลายโซเดียมอัลจิเนต

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาตัวทำละลายโซเดียมอัลจิเนต แต่ชั่งโซเดียมอัลจิเนต 0.4, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %(w/v) ใส่บีกเกอร์ เติมน้ำประปา ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่ตู้เย็นและสังเกตผลทุกๆ 2 ชั่วโมง

4. ชนิดของสารละลายแคลเซียมและโซเดียมไอออน

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาตัวทำละลายโซเดียมอัลจิเนต ทดลองซ้ำโดยใช้สารละลาย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต และสารละลายนมโฟร์โมสต์ปริมาตร 225 มิลลิลิตร

5. การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคลเซียมอัลจิเนต

นำเจลแคลเซียมอัลจิเนตที่ได้มาทำการกำจัดน้ำออกและทำให้แห้ง โดยใช้เครื่อง Freeze dry เป็นเวลา 14 ชั่วโมง แล้วนำสารแคลเซียมอัลจิเนตที่แห้งมาบด โดยใช้โกร่งบดสารให้บางและเรียบเป็นแผ่น แล้วพิสูจน์เอกลักษณ์ โดยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Infrared spectroscopy) โหมด ATR นำข้อมูล %T และ Wave number ที่ได้มาพลอทกราฟและยืนยันโครงสร้างจากพีคที่ปรากฏ

ผลการวิจัย

1. ผลของชนิดตัวทำละลายโซเดียมอัลจิเนต

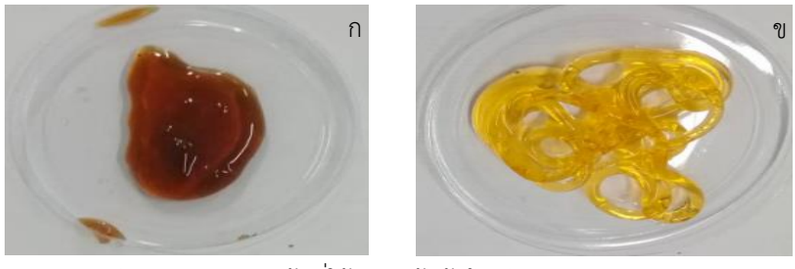
เมื่อนำสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่เตรียมจากตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำดื่ม น้ำประปา น้ำ DI ไปฉีดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ในการสังเคราะห์พบว่า มีลักษณะเหมือนกันคือเป็นเส้นยาวความยาว 220 เซนติเมตร ผิวด้านนอกนุ่มและลื่น ผิวด้านในเป็นสารละลายหนืดๆ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ความยาวของเส้นจะมีขนาดและปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีด และแรงกด ดังนั้นจึงใช้น้ำดื่มในการละลายโซเดียมอัลจิเนต เพื่อให้แคลเซียมอัลจิเนตที่สังเคราะห์ได้สามารถนำมารับประทานได้

2. ผลของการศึกษาความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตที่สามารถสังเคราะห์เส้นแคลเซียมอัลจิเนตหลากสี

การเตรียมแคลเซียมอัลจิเนตจากโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 0.2 และ 0.3% จะมีลักษณะเป็นสารละลายหนืดๆ ไม่เกิดเป็นเจลแบบเส้นของแคลเซียมอัลจิเนต (ภาพที่ 1ก) เนื่องจากความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่น้อยเกินไปจึงทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา cross-link กับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ได้ อย่างไรก็ตามสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่ใช้ความเข้มข้น 0.4, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %(w/v) เมื่อฉีดใส่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์สามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้นของแคลเซียมอัลจิเนตได้ มีลักษณะเป็นเส้นยาว (ภาพที่ 1ข) ผิวด้านนอกนุ่มและลื่น ผิวด้านในเป็นสารละลายหนืดๆ ไม่มีกลิ่น มีสีเพราะใส่สีผสมอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตแคลเซียมอัลจิเนตแบบเม็ดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 cm (Kaur et al., 2018) และ 3 cm (Gaikwad et al., 2019) ใช้โซเดียมอัลจิเนต 1% ดังนั้นการผลิตแคลเซียมอัลจิเนตแบบเส้นใช้ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตน้อย

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

กว่าแบบเม็ด ทั้งนี้ในการทดลองต่อไปจะใช้โซเดียมอัลจิเนต 0.4 %(w/v) เนื่องจากสามารถก่อเจลแบบเส้นได้และประหยัดสารเคมีเพราะโซเดียมอัลจิเนตมีราคาแพงประมาณกิโลกรัมละ 1,000 บาท



ภาพที่ 1 ลักษณะของแคลเซียมอัลจิเนตแบบเส้นที่ใช้ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตแตกต่างกัน ก) 0.2% และ ข) 2.0%

3. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการละลายโซเดียมอัลจิเนต

ในการละลายโซเดียมอัลจิเนตที่อุณหภูมิห้อง ถ้าใช้แท่งแก้วคนสารตลอดเวลาจะใช้เวลาในการละลาย 1 ชั่วโมง 30 นาที อย่างไรก็ตามถ้าตั้งทิ้งไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 0.4, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %(w/v) ละลายด้วยน้ำประปา ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการละลายดังตารางที่ 1

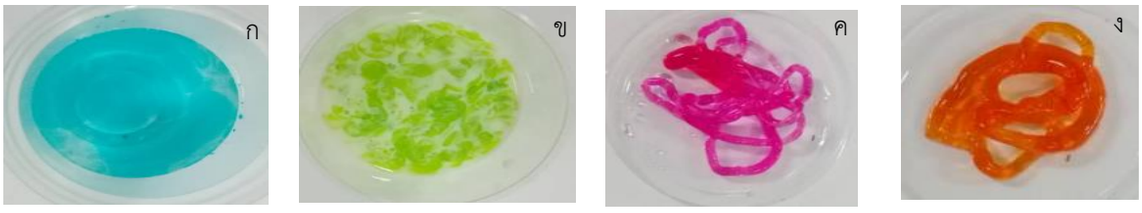
ตารางที่ 1 เวลาในการละลายโซเดียมอัลจิเนตที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต (%(w/v))	0.4	0.5	1.0	1.5	2.0
เวลาในการละลาย (ชั่วโมง)	4	4	8	8	8

ในการละลายโซเดียมอัลจิเนตที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เมื่อใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 0.4, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 %(w/v) ละลายด้วยน้ำประปา ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 0.4 และ 0.5 %(w/v) ละลายได้หมดเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง และเมื่อเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า โซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 1.0, 1.5 และ 2.0%(w/v) ละลายได้หมด มีลักษณะเป็นสารละลายหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จากผลการทดลองการละลายโซเดียมอัลจิเนตจะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนตมีผลต่อการละลาย โซเดียมอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นน้อยจะละลายได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.4 %(w/v) ในการทดลองต่อไป เพราะใช้เวลาในการละลายน้อย

4. ศึกษาชนิดของสารละลายแคลเซียมและโซเดียมไอออน

การทดลองที่ผ่านมาเป็นการฉีดสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งสามารถก่อเจลได้เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 0.4 %(w/v) การทดลองนี้เป็นการปล่อยสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 %(w/v) นมโฟร์โมสต์ 100% 225 มิลลิลิตร แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 %(w/v) และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตหรือปูนปลาสเตอร์ 5 %(w/v) ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2



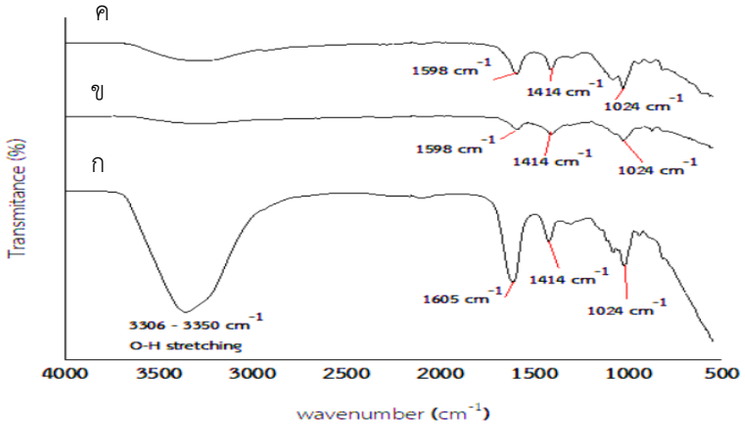
ภาพที่ 2 ลักษณะเจลแบบเส้นของแคลเซียมอัลจิเนตจากการแช่ในสารละลาย
ก) โซเดียมคลอไรด์ ข) นมโฟร์โมสต์ ค) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ ง) แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต

เมื่อฉีดสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ภาพที่ 2ก) และนมโฟร์โมสต์ (ภาพที่ 2ข) จะมีลักษณะเป็นสารละลายหนืด ไม่มีกลิ่น ไม่สามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้นได้ เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์เมื่อแตกตัว จะมีประจุ +1

(Na^+) จึงไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา cross-link กับโซเดียมอัลจิเนตได้ และในนมโฟร์โมสต์จะมีแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) น้อยเกินไปจนไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา cross-link กับโซเดียมอัลจิเนตได้ ส่วนสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ภาพที่ 2ค) และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (ภาพที่ 2ง) เมื่อฉีดสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงไปสามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้นได้ เพราะเมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต แตกตัวได้แคลเซียมไอออน 2+ (Ca^{2+}) จึงสามารถเกิดปฏิกิริยา cross-link กับโซเดียมอัลจิเนตได้ มีลักษณะเป็นเส้น ไม่มีกลิ่น การทดลองนี้เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าอัลจิเนตไม่สามารถก่อเจลกับไอออนประจุ +1 ได้ แต่สามารถก่อเจลได้อย่างรวดเร็วกับสารที่มีประจุสองบวก Ca^{2+} (Xing et al., 2003)

5. ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคลเซียมอัลจิเนต

การพิสูจน์เอกลักษณ์ของแคลเซียมอัลจิเนตที่สังเคราะห์จากโซเดียมอัลจิเนตกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ด้วยเทคนิค ATR ที่ 500 – 4000 cm^{-1} แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 IR spectra ของแคลเซียมอัลจิเนตที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยา Cross-link ระหว่าง ก) โซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมคลอไรด์ ข) โซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ ง) โซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต

พีคการสั่นของแคลเซียมอัลจิเนตที่สังเคราะห์จากโซเดียมอัลจิเนตกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ภาพที่ 3ง) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ภาพที่ 3ข) และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (ภาพที่ 3ค) ปรากฏพีคการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน O-H C=O และ C-O stretching เหมือนกัน ปรากฏที่เลขคลื่นประมาณ 3300, 1600, และ 1024 cm^{-1} (Daemi and Barikani, 2012; Li et al., 2018) แสดงว่า สารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถใช้แทนสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีราคาแพงและหาได้ยาก ซึ่งสารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์หาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก

สรุปผลการวิจัย

โซเดียมอัลจิเนตที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เริ่มละลายเมื่อเวลาผ่านไป 2-4 ชั่งโมง และเมื่อเวลา 8 ชั่วโมงจะละลายได้หมด เมื่อนำโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.4 %(w/v) ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคลอไรด์ สามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้นความยาว 220 เซนติเมตร เมื่อนำโซเดียมอัลจิเนตไปทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือนมโฟร์โมสต์ 100% ไม่สามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้น ส่วนสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และปูนปลาสเตอร์ เมื่อฉีดสารละลายโซเดียมอัลจิเนตลงไปสามารถเกิดเป็นเจลแบบเส้นได้ พีคของแคลเซียมอัลจิเนตที่สังเคราะห์ได้จากโซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคลอไรด์ มีหมู่ฟังก์ชันหลักไม่ต่างกันแสดงว่า สารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถใช้แทนสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีราคาแพงและหาได้ยาก ซึ่งสารละลายแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์หาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามเจลแบบเส้นที่สังเคราะห์จากโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีรสฝาดของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นเมื่อสังเคราะห์เจลแบบเส้นแล้วต้องเอาเจลไปแช่น้ำร้อนก่อนนำไปรับประทาน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

เอกสารอ้างอิง

Daemi H. and Barikani M. (2012). Synthesis and characterization of calcium alginate nanoparticles, sodium homopolymannuronate salt and its calcium nanoparticles. **Scientia Iranica F**, 19(6), 2023-2028.

Deng, Z., Wang, F., Zhou, B., Li, J., Li, B. and Liang, H. (2019). Immobilization of pectinases into calcium alginate microspheres for fruit juice application. **Food hydrocolloids**, 89, 691-699.

Dholvitayakhun, A. and Pumpho, W. (2018). Mock pomegranate seeds dessert (Tab Tim Grob) production using frozen reverse spherification technique. **Journal of Food Technology, Siam University**, 13(2), 49-59.

Gaikwad S.A, Kulthe A.A. and Suthar T.R. (2019). Characterization of flavoured sweet water balls prepared by basic spherification technique. **International Journal of Chemical Studies**, 7(1), 1714-1718.

Houghton, D., Wilcox, M. D., Brownlee, I. A., Chater, P. I., Seal, C. J. and Pearson, J. P. (2019). Acceptability of alginate enriched bread and its effect on fat digestion in humans. **Food Hydrocolloids**, 93, 395-401.

Kamprawet, P. and Vatthanakul, S. (2018). Producing passion fruit beads by reverse spherification technique. **Thai Science and Technology Journal**, 26(8), 1381-1393.

Kato, T., Idota, Y., Shiragami, K., Koike, M., Nishibori, F., Tomokane, M. and Yano, K. (2018). Randomized, double-blind, crossover clinical trial of the effect of calcium alginate in noodles on postprandial blood glucose level. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, 41(9), 1367-1371.

Kaur, N., Singh, B., and Sharma, S. (2018). Hydrogel for potential food application: Effect of sodium alginate and calcium chloride on physical and morphological properties. **The Pharma Innovation Journal**, 7(7), 142-148.

Li, J., Ma, J., Chen, S., He, J. and Huang, Y. (2018). Characterization of calcium alginate/deacetylated konjac glucomannan blend films prepared by Ca2+ crosslinking and deacetylation. **Food Hydrocolloids**, 82, 363-369.

Oonsivilai, R. (2010). Suranaree University of Technology produces glass seaweed noodle with high-fiber low-calorie foods for your weight loss diet. **Matichon**, p.23.

Pezeshkpour, S., Salamatinia, B. and Horri, B. A. (2018). Synthesis and characterization of nanocrystalline NiO-GDC via sodium alginate-mediated ionic sol-gel method. **Ceramics International**, 44(3), 3201-3210.

Saetew, P. and Waichompu, N. (2017). Success with three main concepts. **Journal of The Royal Thai Army Nurses**, 18(2), 9-16.

Shamekhi, F., Tamjid, E. and Khajeh, K. (2018). Development of chitosan coated calcium-alginate nanocapsules for oral delivery of liraglutide to diabetic patients. **International Journal of Biological macromolecules**, 120, 460-467.

Xing, L., Dawei, C., Liping, X. and Rongqing, Z. (2003). Oral colon-specific drug delivery for bee venom peptide: development of a coated calcium alginate gel beads-entrapped liposome. **Journal of Controlled Release**, 93(3), 293-300.

Yang, J. S., Xie, Y. J. and He, W. (2011). Research progress on chemical modification of alginate: A review. **Carbohydrate Polymers**, 84(1), 33-39.

Yeereem, P. and Navicharern, R. (2016). Factors related to body weight control behaviors among obese muslim women in lower southern region, Thailand. **Thai Journal of Cardio-Thoracic Nursing**, 27(2), 31-42.