



การศึกษาผลของสารละลายกรดที่ใช้ในการเตรียมแผ่นไคโตแซนต่อสมบัติ การบวมน้ำและการผ่านของไอน้ำ

เมธา รัตนกรพิทักษ์*, ชลธิชา เหล็กกล้า, ดวงเดือน จรโคกกรวด, พิเชษฐ เชื้อแพ่ง

Effects of Acid Solutions Used to Prepare Chitosan Films on Their Water Swelling Properties and Water Vapor Permeability

Metha Rutnakompituk*, Chonticha Lekkla, Duangduan Chomkokekrud, and Pichet Chuapang

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand.

*Corresponding author. E-mail address: methar@nu.ac.th (M. Rutnakompituk)

Received 12 July 2004; accepted 22 September 2004

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติการบวมน้ำ (water swelling properties) สภาพพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนหลังการบวมน้ำ และสมบัติการผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) ที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติกหรือกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยการศึกษาสมบัติการบวมน้ำทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (25°C), 37°C และ 60°C แผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกมีคุณสมบัติยืดหยุ่นดี เหนียวและมีเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำ ณ จุดสมดุลในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลีน (PBS solution) สูงกว่าแผ่นตัวอย่างที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติกเมื่อใช้สารละลายกรดที่มีความเข้มข้นเดียวกัน การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดลองหรือการลดความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้ในการเตรียมแผ่นตัวอย่าง มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำ ณ จุดสมดุลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ภาพจาก Scanning Electron Microscopy (SEM) แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติกไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหลังจากแช่ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลีน (Phosphate Buffer Saline, PBS) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขณะที่สภาพพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกเกิดการยุ่ย ซึ่งแสดงถึงการเกิดการละลายบางส่วน บนพื้นผิวของแผ่นตัวอย่างแผ่นไคโตแซนในทุกตัวอย่างมีค่าการผ่านของไอน้ำที่สูง (มากกว่า 2 กรัม/ลิตร/วัน) การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้ในการเตรียมแผ่นตัวอย่างยังส่งผลให้ค่าการผ่านของไอน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบสมบัติการผ่านของไอน้ำเมื่อเตรียมแผ่นไคโตแซนในสารละลายกรดที่มีความเข้มข้นเท่ากันพบว่า แผ่นตัวอย่างที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกมีค่าการผ่านของไอน้ำที่สูงกว่าตัวอย่างที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติก

คำสำคัญ : ไคโตแซน สมบัติการบวมน้ำ สมบัติการผ่านของไอน้ำ

Abstract

Studies of water swelling properties, surface properties of chitosan films after swelling and their water vapor permeability prepared in aqueous acetic or lactic acid solutions are presented. Investigation of the percentage to water swelling was performed at room temperature (25°C), 37°C and 60°C . The chitosan films prepared in lactic acid solutions were obviously elastic and sticky, whereas the films prepared in acetic acid solutions were rigid and brittle. The percentage of water swelling at equilibrium of the films prepared in lactic acid solutions was higher than those prepared in acetic acid solutions at the same concentration. In addition, the percentage of water swelling at equilibrium tended to increase as the water temperatures increased or the acid concentrations decreased. As indicated in scanning electron micrograph, the films prepared in acetic acid solutions showed good stability after submerging in phosphate buffer saline solutions (PBS solutions) for 24 hours., whereas the films prepared in lactic acid solutions were partially soluble in the PBS solutions, particularly on their surface. The chitosan films prepared in any acid solutions or in any concentrations exhibited high water vapor permeability (more than 2 grams/liter/day) at room temperature. The chitosan films prepared in more concentrated acid solutions possessed better water vapor permeability. The films prepared in lactic acid solutions showed better water vapor permeability as compared to those prepared in acetic acid solutions at the same concentrations.

Keywords : chitosan, water swelling properties, water vapor permeability

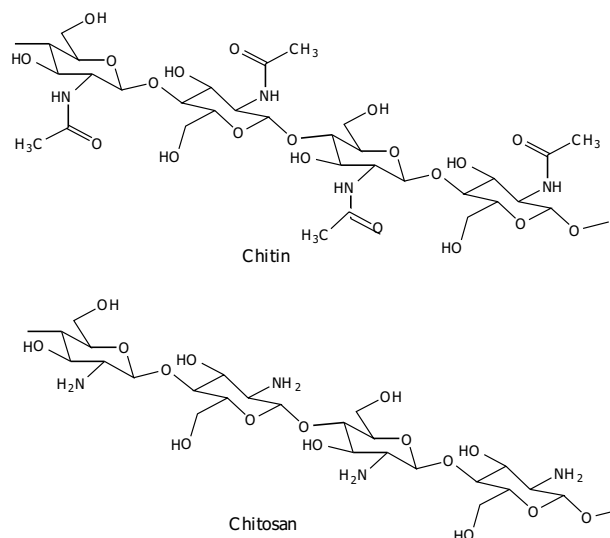
บทนำ

โคตินเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่พบมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Du et al., 2003) โคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่ป้องกันอันตรายและสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิต หรือเป็นเปลือกนอกของสัตว์จำพวก ปู กุ้ง และแกนหมึก ผนังเซลล์ของเห็ดราและสาหร่ายบางสายพันธุ์ โคโตแซนเป็นอนุพันธ์ที่สำคัญของโคติน โดยเตรียมได้จากปฏิกิริยา Deacetylation ซึ่งเป็นการกำจัดหมู่ อะซิติลของโคตินด้วยด่างเข้มข้นทำให้โครงสร้างและสมบัติทางเคมีของโคตินเปลี่ยนแปลงไป (Tojima et al., 1999; Tanodekaew et al., 2004) (รูปที่ 1)

ในปัจจุบัน โคโตแซนเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในวงการเครื่องสำอาง สารอาหารควบคุม น้ำหนัก วงการแพทย์ และเภสัชกรรม (Wang et al., 2003; Hu et al., 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำ โคโตแซนไปใช้เพื่อเป็นวัสดุทางการแพทย์กำลังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจาก มีงานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าการใช้โคโตแซนกับร่างกายมนุษย์แล้วไม่มีผลข้างเคียงและไม่เป็นพิษ (Kweon, 1998) ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของโคโตแซนในวงการแพทย์ ได้แก่ ใช้เป็นเนื้อเยื่อเทียม รักษาแผล ช่วยในการเสริมสร้างกระดูก และฟัน ใช้เป็นวัสดุในการทำศัลยกรรม ใช้เป็นแคปซูลสำหรับยา และใช้เป็นสารลดไขมัน และคลอเลสเทอรอล (Robinson et al., 1992) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำโคโตแซน มาใช้ในการทำเนื้อเยื่อปิดแผล (wound dressing materials) กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในหมู่นักวิจัย ในประเทศไทย โครงสร้างของโคโตแซนมีลักษณะเป็นเหมือนตาข่ายคล้ายฟองน้ำที่มีช่องว่างเล็ก ๆ จึงทำให้ โคโตแซนมีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี ยอมให้อากาศผ่านได้ อีกทั้งโคโตแซนยังมีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิดได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้จะสามารถผลิตวัสดุทางการแพทย์ที่มีประสิทธิภาพแล้วยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก รายงานวิจัยหลายฉบับรายงานการศึกษาการนำโคโตแซน เพื่อใช้เป็นวัสดุรักษาและตกแต่งแผล ทั้งในรูปของแผ่นฟิล์ม ฟองน้ำ เส้นใยและไฮโดรเจล (hydrogel) (Hirano, 1996) นอกจากนี้ยังพบว่า โคโตแซนเป็นตัวเร่งกระบวนการรักษาแผล ยังสามารถดูดซับของเหลวจาก แผลได้ และสามารถป้องกันแผลไม่ให้ติดเชื้อทำให้ลดการเกิดรอยแผล สาทิตย์ (2544) เสนองงานวิจัย ในการนำแผ่นโคโตแซนมาใช้ปิดแผลผ่าตัดในโพรงจมูกของผู้ป่วยโรคไซนัสอักเสบเรื้อรังและเปรียบเทียบ ผลกับการใช้ผ้าก๊อชที่เป็นแถบยาซুবาวาสลิน โดยทำการศึกษากับผู้ป่วยจำนวน 32 ราย โดยแบ่ง ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน เปรียบเทียบในเรื่องของความเจ็บปวดแผลความรุนแรงของการสูญเสียเลือด ทั้งขณะที่ทำการปิดแผลและหลังจากถอดผ้าที่ปิดแผลออก รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพในการรักษาบาดแผลด้วย ผลการวิจัยพบว่า แผ่นโคโตแซนช่วยให้ผู้ป่วยมีความเจ็บปวดแผลน้อยกว่าการใช้ผ้าก๊อช นอกจากนี้การใช้แผ่น โคโตแซนยังช่วยลดความรุนแรงของการสูญเสียเลือดขณะถอดผ้าปิดแผลออกได้อย่างมาก แต่ไม่พบ ความแตกต่างในเรื่องการสูญเสียเลือดขณะทำการปิดแผลและประสิทธิภาพในการรักษาบาดแผล

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเป็นวัสดุปิดแผลในปัจจุบันส่วนมากเป็นพอลิเมอร์ประเภทพอลิยูรีเทน ตัวอย่าง เช่น Cutinova Hydro® และ Omiderm® เตรียมจากพอลิยูรีเทน IntraSit® เตรียมจาก carboxymethylcellulose และ propylene glycol Alleyn® เตรียมจาก polyether-polyurethane เป็นต้น วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ ยืดหยุ่นดี อากาศและความชื้นสามารถผ่านเข้าและออกได้ง่าย สามารถป้องกันเชื้อโรคจากภายนอก และสามารถ ดูดซับของเหลวที่เกิดจากแผลได้ดี อย่างไรก็ตาม วัสดุเหล่านี้จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แผลที่ต้องใช้วัสดุเหล่านี้เพื่อใช้ในการรักษาส่วนใหญ่เป็นแผลที่มีพื้นที่กว้างและใช้เวลานาน ในการรักษาเช่นแผลน้ำร้อนลวกหรือแผลไฟไหม้ ดังนั้นทำให้ผู้ป่วยต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการรักษา ดังนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำโคโตแซนมาใช้เป็นวัสดุรักษาแผลจึงได้รับความสนใจ เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการนำโคโตแซนไปใช้คือโคโตแซนไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ใดๆ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของโคโตแซนจึงทำได้อย่างมีข้อจำกัด โคโตแซนสามารถละลาย ได้ดีในสารละลายกรดอินทรีย์ ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดอะซิติก และกรดแลคติกที่มีต่อสมบัติการบวมน้ำ (water swelling properties) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และศึกษาการเปลี่ยนแปลง

สภาพพื้นผิวหลังจากการแช่แผ่นไคโตแซนในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลิน (Phosphate Buffer Saline solution, PBS solution) นอกจากนี้ยังทำการศึกษาสมบัติการผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) ณ อุณหภูมิห้องด้วยทั้งนี้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไคโตแซนมาใช้เป็นวัสดุปิดแผลที่ดีและมีราคาถูก



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตแซน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สารเคมี

ในการทดลองนี้ใช้ไคโตแซนที่ผลิตจากเปลือกปูชนิดแบบเกล็ด จากบริษัท TMECO (Taming Enterprises Co., Ltd.) จังหวัดสมุทรสาคร (Lot number: TPJ001/46, Batch number (B/N): 012/46) โดยมี degree of deacetylation เท่ากับ 96%, anhydrous CaCl_2 powder, 96% (Acros), lactic acid (Carlo Erba), acetic acid (Intellect Co., Ltd.), sodium hydroxide 50% w/v (Intellect Co., Ltd.), sodium chloride (Merck), Phosphate Buffer Saline (PBS) powder (Sigma) pH 7.4

วัสดุ อุปกรณ์

เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) (LEO รุ่น 1455 VP) โดยในการเตรียมแผ่นตัวอย่างได้ทำการตัดตัวอย่างแผ่นไคโตแซนที่สะเหินแล้วขนาด 1 ซม x 1 ซม วางบนแท่นทองแดง ลดความดันในเครื่องจนถึงประมาณ 10^{-5} มิลลิบาร์ โดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้ส่วนกำเนิดลำแสงอิเล็กตรอน 20 kV

วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้ในการละลายไคโตแซนโดยใช้กรดอะซิติกและกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0.5, 1.0 และ 2.0 โมลาร์ และทำการศึกษาสมบัติการบวมน้ำที่อุณหภูมิห้อง 37°C และ 60°C และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นผิวของแผ่นฟิล์มหลังจากการแช่ในสารละลาย PBS นอกจากนี้ยังศึกษาสมบัติการให้น้ำผ่านของแผ่นไคโตแซนด้วยการเตรียมแผ่นไคโตแซนจากกรดอะซิติกเข้มข้น 0.5 โมลาร์

ละลายโคโดแซน 5 กรัม ลงในสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.5 โมลาร์ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้จนโคโดแซนละลายหมด กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรองจนได้สารละลายใส เทสารละลายลงใน mould ขนาด 10 ซม. x 10 ซม. ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 3 วัน นำแผ่นโคโดแซนที่ได้ไปสะเทินในสารละลาย NaOH 0.1 โมลาร์ นำแผ่นโคโดแซนไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที การเตรียมแผ่นโคโดแซนจากกรดอะซิติกเข้มข้นอื่นๆ หรือการเตรียมจากกรดแลคติกที่มีความเข้มข้นต่างๆ สามารถเตรียมได้โดยใช้วิธีการเดียวกัน

การศึกษาสมบัติการบวมน้ำ (water swelling properties)

เตรียมแผ่นโคโดแซนที่สะเทินแล้วขนาด 1 ซม X 3 ซม จุ่มลงในสารละลาย PBS ที่มี pH 7.4 โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 37 องศาเซลเซียสและ 60 องศาเซลเซียส ซับแผ่นตัวอย่างด้วยกระดาษซับและชั่งน้ำหนักที่เวลาต่างๆ จนกระทั่งการบวมน้ำของแผ่นตัวอย่างถึงจุดสมดุล คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำ} = (W_s - W_d) \times 100 / W_d \quad (1)$$

เมื่อ W_d = น้ำหนักแห้งของแผ่นโคโดแซน (dry weight) (กรัม)

W_s = น้ำหนักหลังการบวมของแผ่นโคโดแซน (swelling weight) (กรัม)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

การศึกษาสมบัติการผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) (khan et al., 2000)

ชั่ง anhydrous calcium chloride ในขวด vial ขนาด 20 ซม³ ปิดผนึกขวด vial ด้วยแผ่นโคโดแซนที่สะเทินแล้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม เก็บขวดตัวอย่างใน desiccator ที่ควบคุมความชื้นที่ 75+3%RH โดยใช้สารละลาย NaCl อิ่มตัว ทำการทดลอง ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน คำนวณหาอัตราการผ่านของไอน้ำที่สมดุลดังสมการ

$$\text{อัตราการผ่านของไอน้ำที่สมดุล (กรัม/วัน/ลิตร)} = [1,000 \times (T_i - T_f)] / 14v \quad (2)$$

เมื่อ T_i = น้ำหนักของ anhydrous CaCl₂ ก่อนทำการทดลอง (กรัม)

T_f = น้ำหนักของ CaCl₂ หลังจากทำการทดลอง 14 วัน (กรัม)

v = ปริมาตรของภาชนะ (22.62 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

ลักษณะของแผ่นโคโดแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติกและกรดแลคติกมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ แผ่นโคโดแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติกมีลักษณะแข็งเปราะและมีสีน้ำตาลใส และจะมีสีเข้มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกในสารละลายมากขึ้น นอกจากนี้แผ่นฟิล์มยังสามารถล่อร้อนและหลุดออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย ซึ่งแตกต่างจากแผ่นโคโดแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติก ซึ่งสีน้ำตาลอ่อนใส ความเข้มข้นของสีไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของกรดแลคติกที่ใช้ แผ่นฟิล์มมีความอ่อนนุ่ม ยืดหยุ่นดี แต่แผ่นฟิล์มมีลักษณะเหนียวติดกับแม่พิมพ์ไม่สามารถล่อร้อนออกมาได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นโคโดแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกที่มีความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ แผ่นฟิล์มไม่สามารถล่อออกจากแม่พิมพ์ได้เลย ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ตัวอย่างแผ่นฟิล์มนี้ในการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้

สมบัติการบวมน้ำและการผ่านของไอน้ำเป็นสมบัติที่สำคัญของวัสดุปิดแผล กล่าวคือ วัสดุปิดแผลที่ดีควรสามารถดูดซับของเหลวที่เกิดจากแผลได้ดี และสามารถให้ออกซิเจนและความชื้นผ่านเข้าออกได้ดี ในการศึกษาสมบัติการบวมน้ำ ได้ใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลิน (PBS solution) เพื่อเลียนแบบของเหลว

ที่เกิดจากบาดแผล จากการทดลองศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่มีต่อสมบัติการบวมน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่า การเตรียมแผ่นโคโตนเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติกเป็น 0.5, 1.0 และ 2.0 โมลาร์ เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่สภาวะสมดุลมีค่าเท่ากับ 80, 75 และ 35% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่สมดุลมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดเพิ่มมากขึ้น การเตรียมสารละลายโคโตนโดยใช้ความเข้มข้นกรดอะซิติกที่น้อยกว่า 0.5 โมลาร์ พบว่าโคโตนละลายได้ไม่สมบูรณ์ และมีโคโตนบางส่วนแขวนลอยในสารละลาย การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติกต่อสมบัติการบวมน้ำที่อุณหภูมิ 37°C และ 60°C ได้ผลเช่นเดียวกัน นั่นคือค่าเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่สมดุลมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 2)

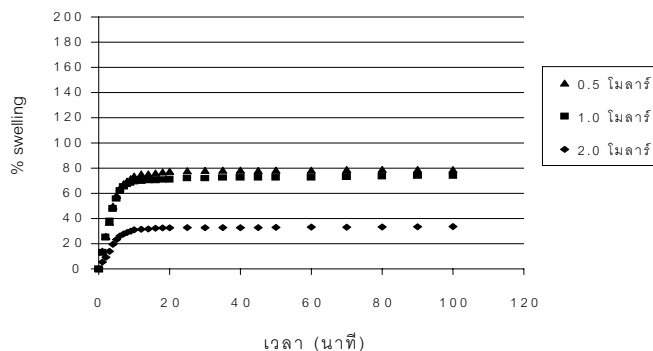
จากผลการทดลองรูปที่ 2 พบว่า แผ่นโคโตนสามารถดูดซับน้ำได้รวดเร็วมากและเข้าสู่สมดุลได้ภายในเวลา 10 นาทีในทุกๆ ความเข้มข้นและทุกๆ อุณหภูมิที่ทดลอง ซึ่งเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของไฮโดรเจล การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติการบวมน้ำได้ทำการทดลอง ณ สามสภาวะได้แก่ ณ อุณหภูมิห้อง 37°C และ 60°C ทั้งนี้เพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นโคโตนเมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปิดแผลภายนอกร่างกาย ณ อุณหภูมิห้อง และศึกษาสมบัติการบวมน้ำที่เปลี่ยนไปเมื่อนำไปใช้ภายในร่างกาย (37°C) และศึกษาแนวโน้มที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้น (60°C) เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติการบวมน้ำที่ความเข้มข้นเดียวกัน (รูปที่ 2A, 2B, 2C, เปรียบเทียบเส้นโค้ง ▲ ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์, ■ ที่ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ และ ♦ ที่ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์) พบว่าเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่สมดุลมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนมีผลให้โครงสร้างตาข่ายของโคโตนขยาย เกิดรูพรุนมากขึ้นและสามารถดูดซับของเหลวได้มากขึ้น

การศึกษาสภาพพื้นผิวของแผ่นโคโตนทั้งก่อนและหลังการบวมน้ำโดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM) แสดงดังรูปที่ 3 สภาพพื้นผิวของแผ่นโคโตนหลังการดูดซับน้ำได้จากแผ่นตัวอย่างที่แช่ในสารละลาย PBS เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ผ่านสมดุลการบวมน้ำแล้ว) นำมาทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 50°C ภายใต้ความดันต่ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างของพื้นผิวของแผ่นโคโตนเมื่อเตรียมแผ่นตัวอย่างในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ซึ่งพบว่าสภาพพื้นผิวเมื่อก่อนการบวมน้ำ (รูป 3A) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวหลังการบวมน้ำ (รูป 3B) ลักษณะพื้นผิวของแผ่นโคโตนเมื่อเตรียมที่ความเข้มข้นอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างก่อนและหลังการบวมน้ำเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของแผ่นโคโตนไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงหลังการบวมน้ำ แผ่นโคโตน ไม่ได้ละลาย หลุดร่อนหรือแตกหักในสารละลายขณะทำการทดลอง ซึ่งเป็นข้อดีหากมีการนำแผ่นโคโตนไปใช้เพื่อเป็นวัสดุปิดแผลจริง เนื่องจากแผ่นโคโตนสามารถดูดซับของเหลวที่เกิดจากแผลแต่ไม่มีการแตกหักหรือการละลายของแผ่นโคโตนขณะทำการรักษาแผล

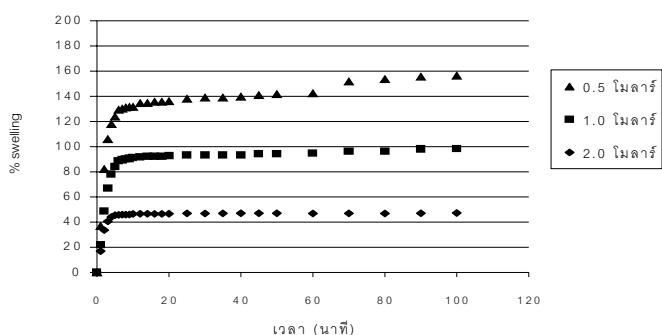
สมบัติการบวมน้ำของแผ่นโคโตนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกเมื่อใช้ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 โมลาร์โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องพบว่า สามารถทำการทดลองได้เพียง 2 นาทีแรกเท่านั้น เนื่องจากแผ่นโคโตนมีลักษณะเหนียวมาก และติดกระดากจับจนไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ อย่างไรก็ตาม การทดลองใน 2 นาทีแรกพบว่าแผ่นโคโตนที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติกเข้มข้น 0.5 โมลาร์สามารถบวมน้ำได้สูงถึง 280% และเมื่อเตรียมในสารละลายกรดแลคติกเข้มข้น 1.0 โมลาร์สามารถบวมน้ำได้ 75% ซึ่งในกรณีแรกนั้นค่าการบวมน้ำมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการบวมน้ำของแผ่นโคโตนที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติก แม้ว่าค่านี้จะยังไม่ได้เป็นค่าที่สมดุลการบวมน้ำก็ตาม ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้สารละลายกรดแลคติกเป็นสารละลายในการเตรียมแผ่นโคโตนอาจเป็นตัวเลือกที่ดี เนื่องจากให้ค่าการบวมน้ำที่ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม ความเหนียวของแผ่นวัสดุอาจเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้

สภาพพื้นผิวของแผ่นโคโตนเมื่อเตรียมในสารละลายกรดแลคติกทั้งก่อนและหลังการทดสอบ

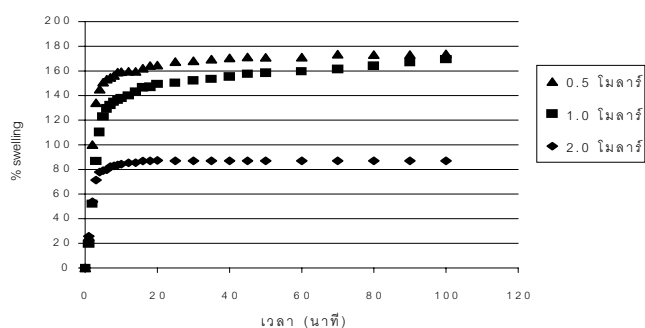
การบวมน้ำแสดงในรูปที่ 4 การเตรียมแผ่นทดสอบทำได้เช่นเดียวกับแผ่นโคโตแซนที่เตรียมในสารละลาย กรดอะซิติก ผลการทดลองแตกต่างจากสภาพพื้นผิวของแผ่นโคโตแซนที่เตรียมจากกรดอะซิติก กล่าวคือ สภาพ พื้นผิวหลังการบวมน้ำมีลักษณะขรุขระ แสดงให้เห็นว่าแผ่นตัวอย่างนี้สามารถละลายในสารละลาย PBS ได้บางส่วน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แผ่นตัวอย่างมีลักษณะเหนียวมาก



(A)

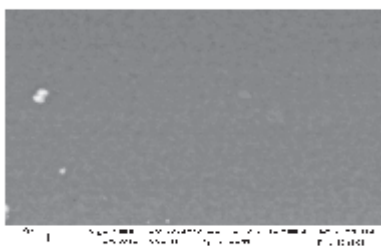


(B)

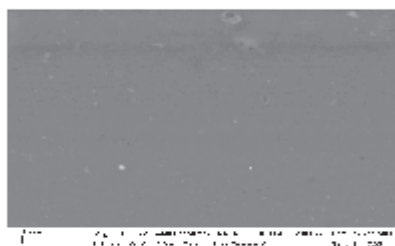


(C)

รูปที่ 2 เส้นโค้งแสดงจุดสมดุลการบวมน้ำของแผ่นโคโตแซนเตรียมด้วยสารละลายกรดอะซิติกเมื่อทำการทดลองที่ (A) อุณหภูมิห้อง (B) 37°C และ (C) 60°C.

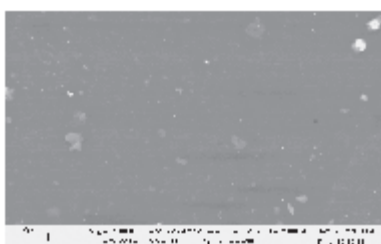


(A)

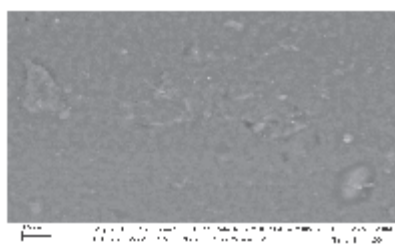


(B)

รูปที่ 3 Scanning Electron Micrograph (SEM) แสดงสภาพทางพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ (A) ก่อนการบวมน้ำ (B) หลังการบวมน้ำ ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง 37°C, และ 60°C.



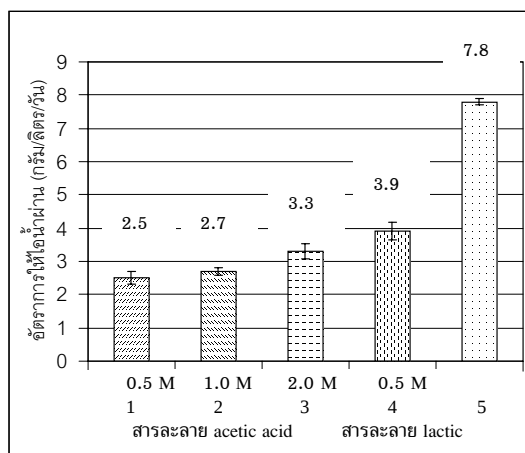
(A)



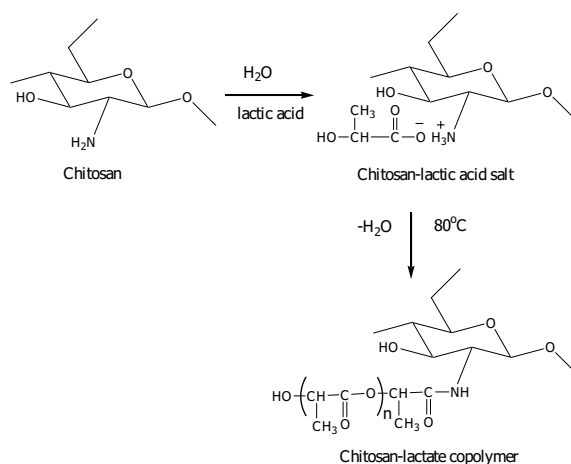
(B)

รูปที่ 4 Scanning Electron Micrograph (SEM) แสดงสภาพทางพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติก ที่ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ (A) ก่อนการบวมน้ำ (B) หลังการบวมน้ำ ทำการทดลองที่ 37°C.

จากการศึกษาความสามารถในการผ่านของไอน้ำของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติก และกรดแลคติกที่ความเข้มข้นต่างๆแสดงดังรูปที่ 5 แผ่นไคโตแซนทุกตัวอย่างมีค่าการผ่านของไอน้ำมากกว่า 2 กรัม/วัน/ลิตร ซึ่งเป็นค่าที่สูง (Khan et al., 2000) แสดงว่าแผ่นตัวอย่างมีความเป็นรูพรุนค่อนข้างมาก เมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้เตรียมแผ่นไคโตแซนเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการผ่านของไอน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่แผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกมีค่าสูงกว่าแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ความมีรูพรุนในระดับโมเลกุลมากกว่าของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติก อาจเนื่องมาจากการเกิดพอลิเมอร์ร่วมแบบกิ่ง (graft copolymer) ระหว่างไคโตแซนและกรดแลคติกโดยมีไคโตแซนเป็นสายโซ่หลักและพอลิแลคเตทเป็นพอลิเมอร์กิ่ง Albertsson ได้เสนอกลไกการเกิดปฏิกริยานี้ดังรูปที่ 6 (Albertsson et al., 1999) ขั้นตอนแรกของการเกิดพอลิเมอร์แบบกิ่งคือการเกิดเป็นเกลือ (salt) ระหว่างกรดแลคติก และหมู่เอมีนในไคโตแซน เมื่อพอลิเมอร์ได้รับความร้อนทำให้เกิดปฏิกริยาการดึงน้ำออก (dehydration) เกิดเป็นพันธะเอไมด์ (amide linkage) หมู่ไฮดรอกไซด์ (hydroxyl group) ของกรดแลคเตทสามารถเกิดปฏิกริยาต่อกับกรดแลคติกโมเลกุลอื่น เพื่อเกิดเป็นพอลิเอสเตอร์และเป็นสายโซ่ยาวมากขึ้น การมีแลคเตทเป็นสายโซ่ยาวทำให้แผ่นไคโตแซนเกิดรูพรุนในระดับโมเลกุลมากกว่า เมื่อเตรียมในสารละลายกรดอะซิติกซึ่งมีผลทำให้สมบัติการผ่านของไอน้ำมากกว่า



รูปที่ 5 ค่าอัตราการให้น้ำผ่าน (water vapor permeability) ที่สมดุลของแผ่นไคโตแซน



รูปที่ 6 การเกิดพอลิเมอร์ร่วมของไคโตแซนและพอลิแลคเตท

สรุปผลการศึกษา

แผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติกมีความยืดหยุ่นและอ่อนนุ่มกว่าแผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติกเมื่อใช้ความเข้มข้นเดียวกัน การทดสอบสมบัติการบวมน้ำที่อุณหภูมิห้อง (25°C) 37°C และ 60°C พบว่าความเข้มข้นคงที่ เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำของแผ่นทดสอบเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่อุณหภูมิคงที่พบว่า เปอร์เซ็นต์การบวมน้ำลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้เตรียมแผ่นไคโตแซนเพิ่มขึ้นโดยจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำสูงสุดประมาณ 170% เมื่อเตรียมแผ่นไคโตแซนในกรดอะซิติกเข้มข้น 0.5 โมลาร์และทำการทดลองที่ 60°C แผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติกเกิดการแตกหักในระหว่างการทดลองและไม่สามารถทดสอบค่าการบวมน้ำ ณ จุดสมดุลได้ ภาพจาก SEM แสดงให้เห็นว่าสภาพพื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมใน

สารละลายกรดอะซิติกไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการทดสอบการบวมน้ำ ขณะที่พื้นผิวของแผ่นไคโตแซนที่เตรียมในสารละลายกรดแลคติกมีลักษณะขรุขระ แสดงถึงการละลายบางส่วนของแผ่นไคโตแซนบริเวณผิวหน้า อัตราการผ่านของไอน้ำของแผ่นทดสอบที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติกมีค่าสูงกว่าแผ่นทดสอบที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติกทุกความเข้มข้น ซึ่งแสดงว่าแผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดแลคติกมีรูพรุนในระดับโมเลกุลมากกว่าแผ่นไคโตแซนที่เตรียมจากสารละลายกรดอะซิติก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับการสนับสนุนการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- สาทิพย์ ชัยประสิทธิ์กุล. (2544). *เรื่อนำรู้ไคติน-ไคโตแซน*. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ.
- Hirano, S. (1996). Chitin biotechnology applications. *Biotechnology Annual Review*, 2, 237-258.
- Hu, Y., Jiang, X., Ding, Y., Ge, H., Yuan, Y., & Yang, C. (2002). Synthesis and characterization of chitosan-poly(acrylic acid) nanoparticles. *Biomaterials*, 23, 3193-3201.
- Khan, T. A., Peh, K. K., & Cheng, H.S. (2000). Mechanical, bioadhesive strength and biological evaluations of chitosan films for wound dressing, *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 3, 303-311.
- Kweon, D. K. (1998). Preparation and characteristics of chitosan-g-PDMS copolymer. *Polymer Bulletin*, 41, 645-651.
- Qu, X., Wirsén, A., & Albertsson, A. (1999). Structural change and swelling mechanism of pH-sensitive hydrogel based on chitosan and D,L-lactic acid. *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 3186-3192.
- Tanodekaew, S., Prasitsilp, M., Swasdison, S., Thavornytikarn, B., Pothsree, T., & Pateepasen, R. (2004). Preparation of acrylic grafted chitin for wound dressing application. *Biomaterials*, 25, 1453-1460.
- Tojima, T., Katsura, H., Nishiki, M., Nishi, N., Tokura, S., & Sakairi, N. (1999). Chitosan beads with pendant α -cyclodextrin: Preparation and inclusion properties to nitrophenolates. *Carbohydrate Polymer*, 40, 17-22.
- Wang, J. W., & Hon, M. H. (2003). Preparation and characterization of pH sensitive sugar mediated (polyethylene glycol/chitosan) membrane. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 14, 1079-1088.
- Xu, Y., Du, Y., Huang, R., & Gao, L. (2003). Preparation and modification of N-(2-hydroxyl) propyl-3-trimethyl ammonium chitosan chloride nanoparticle as a protein carrier. *Biomaterials*, 24, 5015-5022.
- Yalpani, M., Johnson, F., & Robinson, L. E. (1992). *Chitin and chitosan: Sources, chemistry, biochemistry, physical properties and applications*. Amsterdam: Elsevier.

